

APLICACIÓ DE LA **METODOLOGIA**

DESIGN

BUILD

# **BIM**

A LA CONSTRUCCIÓ INDUSTRIALITZADA DE

# **FUSTA**

OPERATE

**TREBALL DE FINAL DE GRAU**

ORIOI PUIG VILAREGUT

TUTORA: INMACULADA FORTEA

FEBRER 2022

# ÍNDEX

1. Presentació .....	2
1.1. Idea del treball .....	2
1.2. Motivacions i marc del treball dins dels estudis .....	2
1.3. Objectius i metodologia .....	2
1.4. Agraïments .....	2
2. Construcció industrialitzada de fusta .....	3
2.1. Definició .....	3
2.2. Característiques .....	3
2.2.1. Versatilitat .....	3
2.2.2. Facilitat d'instal·lació .....	3
2.2.3. Reacció al foc .....	3
2.2.4. Facilitat de producció .....	3
2.2.5. Facilitat de reutilització .....	3
2.2.6. Sense sobre cost econòmic global .....	3
2.3. Principals tipologies .....	4
2.3.1. Fusta laminada .....	4
2.3.2. CLT .....	4
2.3.3. Balloon frame .....	4
3. BIM .....	5
3.1. Definició de la metodologia .....	5
3.2. Procés BIM .....	5
3.3. Usos del model .....	6
3.4. Experiència pròpia .....	7
3.4.1. Experiència laboral .....	7
4. Fusta i BIM en l'actualitat .....	9
4.1. Introducció de les referències .....	9
4.2. Anàlisi de referències .....	9
4.2.1. Edifici en altura (Residència Universitat de Columbia) .....	9
4.2.2. Edifici de grans llums (ROOFLAG Showroom, Japó) .....	11
4.2.3. Edifici amb estructura de CLT (La Balma, Barcelona) .....	13
4.2.4. Resum referències .....	15
4.3. Entrevistes amb professionals del sector .....	16
4.3.1. Procés BIM .....	16
4.3.2. Usos del model .....	17
4.3.3. Modelat d'un prototip .....	18
5. Conclusions .....	23
6. Bibliografia .....	24
6.1. Bibliografia física .....	24
6.2. Webgrafia .....	24
7. Annex (Entrevistes) .....	25
7.1. Jorge Blasco (Estudi m103) .....	25
7.2. Albert Admetlla (Kmod, Enginyeria en fusta) .....	26
7.3. Ernest Garriga (LACOL – Arquitectura cooperativa) .....	27
7.4. Jordi Comas (Comas-Pont Arquitectes) .....	28
7.5. Jan Vidal (Celobert Arquitectes) .....	29
7.6. Xavi Rusalleda (RGA Arquitectes) .....	30
7.7. Rodrigo Tomé (EGOIN) .....	31

# 1. Presentació

## 1.1. Idea del treball

Amb aquest treball d'investigació em plantejo conèixer i analitzar l'estat actual del BIM en el món professional i les seves compatibilitats i sinergies amb el disseny i construcció d'estructures prefabricades de fusta.

## 1.2. Motivacions i marc del treball dins dels estudis

Durant el meu pas per la carrera he trobat a faltar la possibilitat de treballar amb algun projecte on fos possible l'aplicació de la fusta com a sistema estructural i constructiu, sent un tema que sempre m'ha despertat interès i curiositat. Així mateix, fa temps que vaig decidir apostar professionalment pel BIM, per iniciativa pròpia realitzant diversos cursos formatius i treballant-hi professionalment en diversos despatxos de Barcelona.

És per això que vaig decidir combinar aquests dos interessos per poder aprofundir en el món de la fusta i poder seguir formant-me dins del món del BIM, cosa que ha donat peu al treball que procedeix a exposar.

## 1.3. Objectius i metodologia

Amb la redacció d'aquest treball em plantejo els següents objectius;

- a) Identificar quins avantatges té dissenyar i construir estructures industrialitzades de fusta amb sistema BIM mitjançant;
  - Anàlisi de casos reals d'edificis amb estructura de fusta on s'hagi utilitzat aquesta metodologia.
  - Entrevistes amb professionals del sector que estiguin utilitzant aquesta metodologia en els seus projectes
  - Modelat propi d'un prototip amb REVIT
- b) Analitzar-ne els avantatges i inconvenients per poder arribar a demostrar que utilitzar el sistema BIM és beneficiós pel disseny i construcció d'estructures industrialitzades de fusta

## 1.4. Agraïments

En primer lloc, voldria agrair a la meva tutora, la Inmaculada Fortea, la dedicació, l'actitud sempre constructiva, la disponibilitat i la voluntat d'aportar que m'ha ajudat de forma considerable a tirar endavant amb aquest TFG.

Als entrevistats; Jorge Blasco, Albert Admetlla, Ernest Garriga, Jordi Comas, Jan Vidal, Xavi Rusalleda i Rodrigo Tomé per haver-me concedit una part del seu temps, malgrat la feina que tenen tots, per poder-los preguntar i deixar-me conèixer millor i de primera mà l'estat de la metodologia i la fusta en el món laboral actual. Sense la seva aportació aquest treball no hauria arribat fins on ha arribat.

## 2. Construcció industrialitzada de fusta

### 2.1. Definició

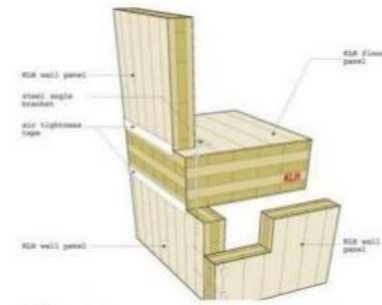
La construcció industrialitzada de fusta és un tipus de construcció que es caracteritza per l'ús estructural de materials procedents de la fusta constituïts com a elements prefabricats a fàbrica i muntats i acoblats directament a obra.

### 2.2. Característiques

La construcció industrialitzada d'estructures de fusta planteja la construcció **d'edificis sostenibles i respectuosos amb el medi ambient**. La fusta és un sistema cada cop més utilitzat i més present en la construcció en el nostre país gràcies, sobretot, a les característiques que, en el moment d'**emergència climàtica** en el que ens trobem, fa que destaquï per sobre de la resta de materials utilitzats en els últims temps en la construcció.

#### 2.2.1. Versatilitat

Es tracta d'un **element versàtil**, capaç d'aguantar des d'edificis amb murs de càrrega a edificis amb jàsseres i pilars amb grans llums, amb la particularitat de que, en general, es tracten d'edificis molt més lleugers que un edifici fet amb formigó o acer.



#### 2.2.2. Facilitat d'instal·lació

Pel fet de ser **elements prefabricats**, la facilitat de construcció i instal·lació és, també, un element a tenir en compte, un fet que fa que en la majoria de casos els temps de construcció es redueixin notablement.

#### 2.2.3. Reacció al foc

Un dels principals temes que et ve al cap quan es parla de fusta és el comportament respecte al foc. Hi ha molts prejudicis al respecte, però normativa en mà no és més o menys eficaç que qualsevol de les tipologies estructurals més convencionals. El que sí que s'ha de tenir clar és com dissenyar-la per tal que aquest aspecte no suposi un problema. A partir d'aquí en destaquen 2 estratègies; **sobredimensionar els elements** per deixar-los vistos, o **cobrir els elements** amb materials amb bones propietats contra el foc.



#### 2.2.4. Facilitat de producció

A diferència del formigó i l'acer, **el cost de producció primari de la fusta és 0**, ja que es tracta d'un material present i fabricat per la natura, i l'energia que utilitza per formar-se és pròpiament l'energia del Sol. És a dir, el procés de producció primària no suposa cap mena de cost extra pel Planeta.



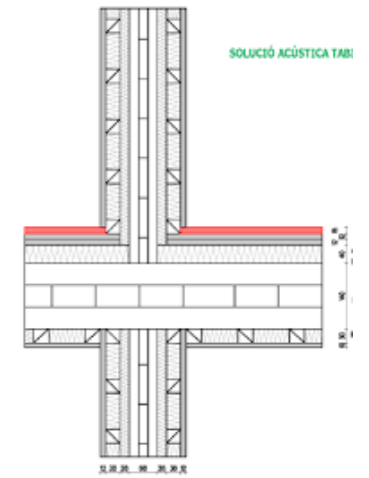
#### 2.2.5. Facilitat de reutilització

La fusta no és solament reciclable, sinó que és **fàcilment reciclable**. Això significa que, a diferència també d'altres sistemes més convencionals en la construcció d'avui en dia, el cost que suposa reutilitzar aquest material no té res a veure amb el que suposa reutilitzar, per exemple, el formigó (que té a més una limitació màxima per normativa d'un 20% d'àrid reciclat, amb el qual de cada 100 edificis de formigó només en podries reciclar 20), o l'acer, que per reciclar-lo necessites tal quantitat d'energia que fa que en termes de cost pel planeta i el medi ambient no surti a compte, sinó més aviat al contrari.

#### 2.2.6. Sense sobre cost econòmic global

En general se sol cometre l'error de, quan es fa una valoració d'aquest tipus, fixar-se únicament en el cost de l'estructura. No obstant això, la construcció en fusta presenta bons números econòmicament quan entres a valorar el **cost del projecte en la seva globalitat**.

En un sistema de construcció com és el de parets i forjats de CLT, s'ha de tenir en compte que **la pròpia estructura genera les particions** del projecte, és a dir que tot el cost que suposa la partida de tabiqueria queda inclòs dins la pròpia estructura.



Per altra banda, les **qualitats tèrmiques** de la fusta són, comparativament, molt millors que les de l'acer, la ceràmica o el formigó, amb el qual construir un edifici de fusta permet reduir o, en alguns casos, anular l'aïllament de l'envolvent de l'edifici, fet que suposa també un estalvi respecte la resta de sistemes constructius. I per acabar-ho d'arrodonir, últimament ja són diverses les empreses que presenten sistemes, sobretot de lloses de forjat i coberta, de fusta de tipus "alveolar", que dins del

mateix **sistema porten incorporada una capa d'aïllament** que fa que pràcticament no sigui necessari aïllar de més la coberta.

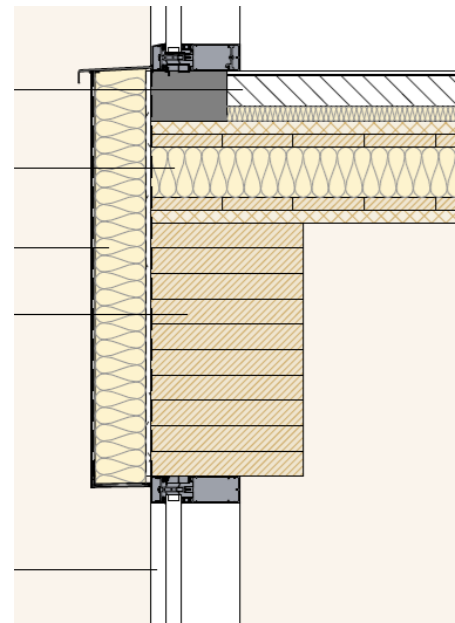
A més a més, una estructura de fusta acostuma a ser **molt més lleugera** que una estructura de formigó o acer, cosa que repercuteix directament en el **cost de la fonamentació** que, pel fet de no haver d'aguantar un pes tan gran com amb sistemes estructurals més convencionals, pot ser molt més senzilla.

### 2.3. Principals tipologies

El terme "fusta" aplicada a la construcció fa referència a la fusta procedent de fusta o llenya d'arbres en creixement, processada en bigues o planxes. Depenent de quina sigui la disposició d'aquestes, unes respecte les altres, els sistemes reben diferents denominacions;

#### 2.3.1. Fusta laminada

La fusta laminada es fabrica unint un determinat número de peces de fusta però, com a condició, aquestes han d'estar unides de forma que siguin **paral·leles a l'eix de l'element**. La unió entre taulons es realitza amb adhesius formats per dos components i curats en fred.

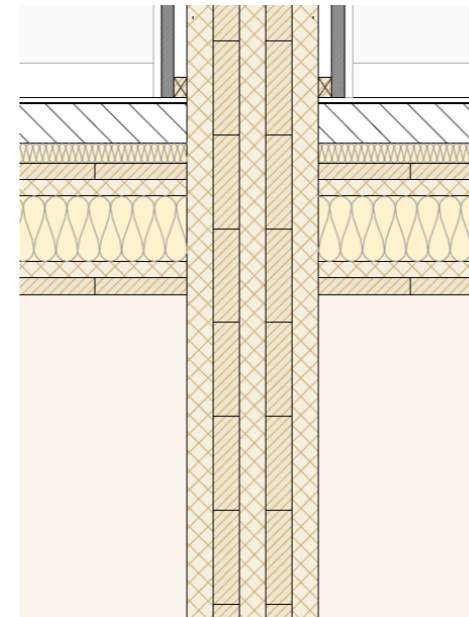


Les làmines de la fusta que s'uneixen per fabricar l'element de fusta laminada solen tenir espessors d'entre 20 i 45mm. Per tenir la màxima estabilitat possible i evitar contraccions i dilatacions de la fusta, les làmines s'uneixen de manera que les anelles de creixement formin angles contraposats respecte a la superfície.

Entre alguns dels avantatges, podem trobar que respecte altres tipologies d'estructura de fusta la disposició paral·lela de les làmines permet **absorbir de forma molt eficaç esforços verticals**, tan a compressió com a tracció, amb la qual cosa és un sistema molt utilitzat sobretot a l'hora de construir edificis amb estructura clàssica de **jàsseres i pilars** dimensió i forma.

#### 2.3.2. CLT

Els panells de **fusta contralaminada** (Cross Laminated Timber, o CLT) són panells formats per capes de fusta serrada encolades per un ús estructural, de forma que la **disposició de les fibres** de dos capes adjacents és **perpendicular entre sí**. Cada un dels taulons que componen les capes del tauler ha hagut de ser classificada estructuralment.



L'estructura transversal del panell ha de ser simètrica i formada per **mínim tres capes**. Les taules de cada capa poden estar unides longitudinalment a topall o mitjançant emmetxats dentats.

Aquesta disposició de panells, en contraposició amb la manera laminada, fa que contraresti un dels principals inconvenients de la fusta laminada, que és la incapacitat de fabricar peces de gran format. És per això que l'ús del CLT el trobem sobretot a l'hora de fabricar plaques que, gràcies a la gran versatilitat de la fusta, poden actuar tant com a **murs estructurals** que com a **lloses de forjat horitzontals**, ja que la posició perpendicular entre làmines fa que sigui un element compacte i perfectament travat.

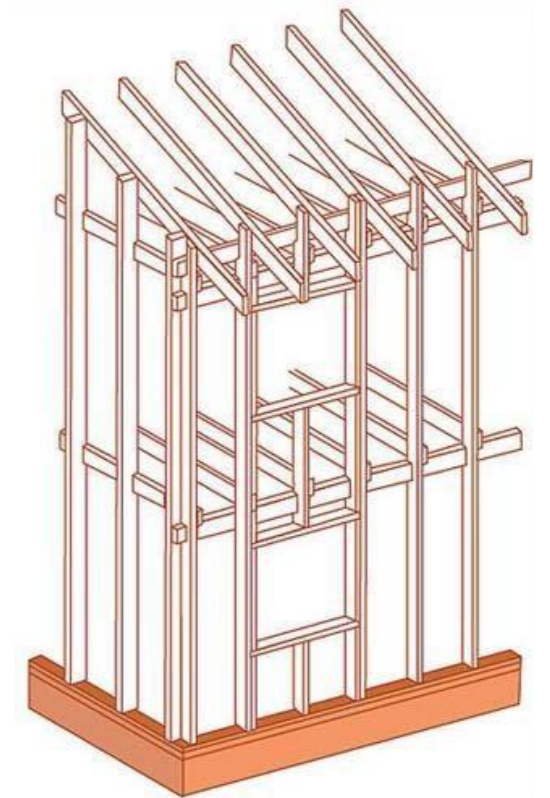
#### 2.3.3. Balloon frame

El Balloon frame és un tipus de construcció d'edificis de fusta, que consisteix en la substitució de les tradicionals bigues i pilars de fusta per una **estructura de llistons** més fins i nombrosos **tramats entre sí**. Aquest sistema s'utilitza sobretot en la construcció d'habitatges unifamiliars d'una i dues plantes molt **lleugers i fàcils de construir**.

Aquesta tipologia constructiva ens ve provinent dels **Estats Units**, on va sorgir durant el segle XVIII com a forma d'adaptació dels habitatges de fusta europeus amb els mitjans que tenien disponibles en aquella època, que es caracteritzava bàsicament per un **excés de fusta**, al ser un continent "nou" i sense explotar, i la **falta de professionals o fusters massa qualificats**.

El fet d'ajuntar entre sí els llistons i reduir-ne la secció va permetre substituir les juntes de fusteria, que eren excessivament complicades per un personal no qualificat.

La zona que es considera com a principal impulsora del sistema a l'època és la ciutat de **Chicago**, i més en concret per **Augustine Taylor i George Washington Snow**. La facilitat i rapidesa de construcció va fer que es convertís en un sistema molt adequat per la **colonització de l'Oest americà**, i la prova n'és que és també l'edifici típic que apareix a les pel·lícules del gènere "Western".



### 3. BIM

#### 3.1. Definició de la metodologia

El *Building Information Modeling* (BIM) és el procés holístic de **creació i administració de la informació** d'un actiu construït, és a dir, un procés de creació que fa que un sistema i les seves propietats s'analitzin com un tot, d'una manera **global i integrada**. Basat en un **model intel·ligent** i impulsat per una **plataforma al núvol**, el BIM integra **dades estructurals i multidisciplinàries** per generar una **representació digital** d'un actiu durant tot el seu **cicle de vida**, des de la planificació i el disseny fins la construcció i operacions (o *facility management*).

A través del **treball col·laboratiu** diverses persones i equips podran treballar **simultàniament** sobre un mateix model, inclús sense necessitat d'estar tots presents en un mateix lloc físic gràcies a una plataforma al núvol.

#### 3.2. Procés BIM

El procés BIM permet generar dades intel·ligents que es poden utilitzar durant tot el cicle de vida d'un projecte de construcció o infraestructures.

#### Planificació/Estudis previs

Permet informar a l'equip de planificació de projectes, mitjançant la combinació de dades del món real amb eines de captura de la realitat per generar models en context de l'entorn construït i natural.

És durant aquesta fase que els equips implicats en la fase de disseny redactaran un document on s'establiran les bases que permetran una correcta coordinació i col·laboració entre els diferents equips: el **Building Execution Plan**, o **BEP**.

#### Renovació/Fi de la vida útil

Les dades del BIM es transfereixen a l'equip encarregat de dur a terme la renovació (rehabilitació, canvi d'ús, etc) o enderroc/desmantellament, per realitzar una rehabilitació econòmica o desmuntar una construcció de forma eficaç.

#### Operativitat (Facility Management)

Les dades del BIM es transfereixen a l'equip de manteniment i operativitat dels components finalitzats.



#### Disseny

Durant aquesta fase es produeixen el disseny conceptual, l'anàlisi, el detall i la documentació. El procés previ a la construcció comença a utilitzar dades del BIM per orientar a l'equip de programació i logística.

Aquesta fase inclouria les 3 fases de disseny d'un projecte:

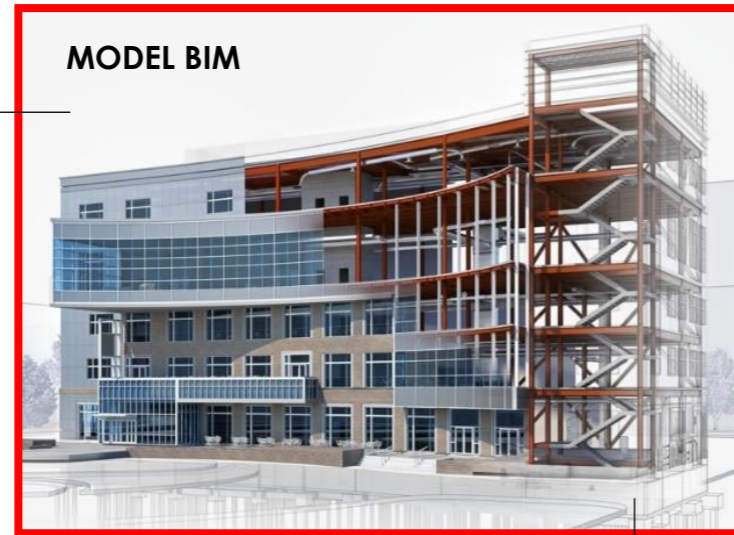
- **Avantprojecte**
- **Projecte Bàsic**
- **Projecte Executiu**

#### Construcció

Durant aquesta fase, l'equip de fabricació comença a utilitzar les especificacions del BIM. Les dades logístiques de construcció del projecte es comparteixen amb els professionals i contractistes per garantir una eficiència i uns plaços òptims.

### 3.3. Usos del model

El procés BIM permet construir un model geomètric virtual que constitueix la base de la que se serviran les diverses disciplines i actors que actuen durant tot el procés de vida d'un projecte per extreure tota la informació necessària per aquesta.



#### Treball col·laboratiu en el núvol

El BIM fa un pas endavant en la digitalització del procés de disseny d'un projecte oferint la possibilitat de que diversos equips situats en punts geogràficament diferents puguin treballar al mateix temps sobre un model, a través de la sincronització del treball col·laboratiu mitjançant plataformes al núvol.

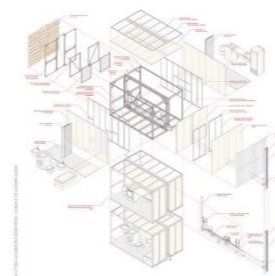
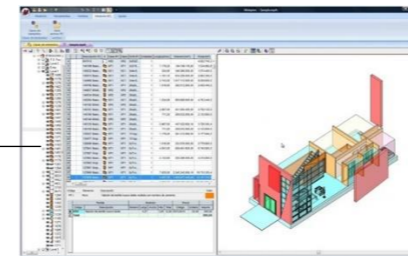
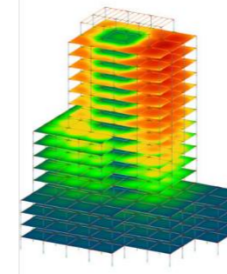
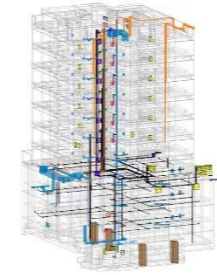
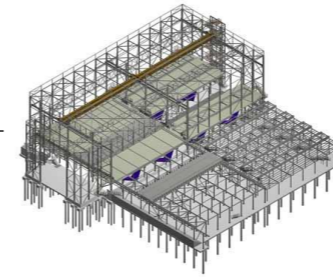
Aquesta possibilitat suposa un pas endavant en la globalització, també pel que fa al món de l'arquitectura, on cada cop és més habitual la col·laboració entre equips de diverses parts del món.

#### Gestió de dades

Un model BIM es diferencia d'un simple model geomètric perquè porta tot un seguit de dades incorporades, és una **base de dades**. Aquest fet permet que cada element, per simple que sigui, tingui assignats una sèrie de **paràmetres** que van des del nom, passant per paràmetres geomètrics com longitud, altitud respecte el nivell 0, gruix, a paràmetres analítics com càrregues estructurals, coeficients de transmissió, etc.

Aquests paràmetres poden ser llegits per elements fonamentals a l'hora de fer plànols, amidaments o simples taules de control, on tu tens en tot moment controlat qualsevol aspecte que desitgis de cada element amb una informació que s'actualitza a mesura que també ho fa el projecte;

- **Taules de planificació;** permeten classificar, agrupar i coordinar un llistat d'elements en funció d'un o diversos paràmetres
- **Etiquetes;** textos intel·ligents que són capaços de llegir en tot moment i en temps real qualsevol propietat o paràmetre de qualsevol element dins del model



#### Coordinació Arquitectura-Estructures

L'equip o estudi d'arquitectura modelarà un model virtual degudament estructurat perquè després tant l'equip d'estructures com d'instal·lacions puguin utilitzar per incloure la informació necessària en cada cas.

#### Coordinació Arquitectura-Instal·lacions

S'ha de garantir un correcte modelat de tots els elements que puguin condicionar el pas, la ubicació, etc, de les diverses xarxes d'instal·lacions presents en un projecte, així com un correcte mecanisme de comunicació de possibles canvis durant el procés de disseny.

#### Model de càlcul

S'ha de garantir un correcte modelat dels elements estructurals per tal de que la informació geomètricament modelada pugui ser correctament interpretada pel programa de càlcul estructural

#### Amidaments

Una bona organització i classificació dels elements modelats dins d'un model BIM permet extreure'n directament la majoria d'amidaments amb mides i quantitats que permeten ajustar els pressupostos al màxim.

#### Fabricació

L'equip de fabricació utilitzarà el model BIM per extreure'n la informació necessària per construir els elements geomètrica i analíticament definits en el projecte.

#### Documentació

El model BIM permet, a partir d'un model 3D, l'extracció de documentació de tot tipus, coordinada en tot moment en cas de possibles canvis amb informació paramètrica.

### 3.4. Experiència pròpia

Laboralment, des del 2019 que estic treballant professionalment en despatxos on s'utilitza el BIM (més concretament, el REVIT) per dissenyar i construir els projectes. Majoritàriament, però, s'han tractat de projectes construïts amb estructura de formigó. És per això que, a part de considerar la meva pròpia experiència dins del món del BIM, amb estructures que no són pròpiament de fusta, he considerat convenient modelar jo mateix un prototip d'estructura de fusta per poder aportar una visió més concreta dins el tema d'estudi d'aquest treball.

#### 3.4.1. Experiència laboral

En aquest apartat aportaré la meva experiència en el món del BIM com a participant en el procés de disseny i construcció dels següents projectes;

- a) Projecte de 60 habitatges de protecció oficial a Molins de Rei
- b) Projecte de 30 habitatges de protecció oficial a Montgat
- c) Projecte per la construcció del nou Lyceé Francès de Palma de Mallorca
- d) Projecte per la construcció del nou Institut públic de Gurb
- e) Projecte per la construcció d'un hotel i un edifici d'oficines al solar de l'antiga fàbrica Farggi de Barcelona (22@)

En base a aquests projectes es farà una valoració general d'acord amb els dos paràmetres corresponents a la metodologia BIM: l'evolució durant el procés BIM i els usos del model.

##### 3.4.1.1. Procés BIM

###### - Planificació / Estudis previs

Generalment, en aquest primer punt del procés, la metodologia més utilitzada segueix sent el CAD 2D. Són pocs, encara, els despatxos amb treballadors amb suficient formació com per iniciar un projecte des de 0 en BIM, cosa que fa que fins que molts no comencin amb la metodologia fins que el projecte no estigui una mica més definit.

###### - Disseny: Avantprojecte

Igual que passa en l'apartat anterior, malgrat la majoria de programes de disseny BIM incorporen opcions per dibuixar de forma genèrica, menys concreta, amb volumetries, etc, encara són pocs els que s'atreveixen a utilitzar el BIM en aquesta fase. En la meua experiència, sol ser provocat igualment per la falta de formació de les persones que acostumen a portar el projecte en aquests primers moments.

Igualment, la majoria de promotors o administracions que opten per el BIM en els seus projectes, no acostumen a exigir-lo fins al Projecte Bàsic, punt que segurament també té efecte sobre la no incorporació de la metodologia fins a aquesta fase.

###### - Disseny: Projecte Bàsic

En aquesta fase sol ser quan es comença a implementar el BIM en els projectes. Amb el projecte ja definit fins a cert punt, es comença a modelar l'edifici de forma genèrica, amb gruixos i dimensions dels elements constructius poc detallats, per començar a generar superfícies i documentació de cara al Projecte Bàsic.

També és on acostuma a produir-se el primer contacte entre el despatx d'arquitectura i els d'estructures i instal·lacions, encara que no tots els promotors ho exigeixen i no acostuma a ser fins al projecte executiu on es fa una col·laboració més estreta entre les 3 disciplines. En aquesta fase s'aporta un model a nivell de predimensionat per fer-se una idea dels gruixos generals de l'estructura.

###### - Disseny: Projecte Executiu

És aquí on el BIM agafa tota la seva esplendor. El fet de tenir un model construït virtualment sobre el que tots els equips treballen permet que la coordinació de canvis i modificacions dins del projecte sigui d'allò més efectiva i eficaç. Qualsevol modificació es veurà reflectida en totes les vistes, plànols i models, cosa que amb el nivell de documentació que acostuma a haver-hi en aquesta fase és una gran ajuda.

###### - Construcció

La sensació general en treballar amb BIM és que, moltes vegades, el procés de redacció del projecte pot allargar-se més que en un projecte fet en CAD. En la meua experiència, aquest fet es compensa un cop iniciada aquesta fase. El BIM t'obliga a definir molts aspectes i afrontar moltes problemàtiques del projecte que quan es dissenyava en CAD 2D s'acostumaven a deixar com a "això ja es definirà en obra", cosa que acostumava a suposar, durant aquest període, increments de temps de construcció i cost.

Un projecte executiu acabat en BIM (i ben acabat), acostuma a tenir tota la informació necessària per construir aquell edifici, cosa que fa que el procés d'obra sigui molt més àgil i les possibles desviacions, tant a nivell de temps com de diners, en acabar-la siguin mínimes.

###### - Facility Management

En aquesta fase, el procediment habitual acostuma a ser l'entrega d'un model As-built al promotor, que a la vegada entregarà als encarregats de portar el dia a dia del projecte. Aquest model podrà ser utilitzat en el futur en cas de necessitar fer qualsevol reforma, modificació, rehabilitació i, fins i tot, desmuntatge o enderroc de l'edifici de forma ràpida i eficaç.



### 3.4.1.2. Usos del model

#### - Coordinació arquitectura-estructures

Un dels punts forts del BIM és el denominat **treball col·laboratiu**; la capacitat de que més d'una persona pugui estar treballant sobre un mateix model alhora. Aquesta funció té molts avantatges pel que fa a la coordinació, sobretot entre disciplines. A l'hora de la realitat, però, és difícil que s'arribi a utilitzar tal i com està pensat interdisciplinàriament parlant. En la majoria dels casos els despatxos d'arquitectura i estructures són dos despatxos diferents, cadascú amb les seves formes de treballar, les seves plantilles, etc, cosa que fa difícil poder aprofitar tot el que un treball col·laboratiu podria donar de sí.

Dins d'un mateix despatx, però, la possibilitat de que diverses persones estiguin treballant sobre un mateix model constitueix un avanç en el procés de disseny.

Les característiques que ha de tenir, d'entrada, un model BIM ben coordinat són:

- L'intercanvi d'informació sigui en un format que tots els actors puguin llegir i treballar. Aquí entra en joc el format de programari lliure del món del BIM, l'**IFC**, que es tracta d'un estàndard que la gran majoria de programes que utilitzen aquest mètode poden llegir i aprofitar.
- Ha d'estar ben treballat geomètricament (forma, alçades i situació)
- Ha de quedar clar quin és l'eix de càlcul de cada element (a nivell de replanteig).
- Tots els models del projecte han d'estar **georeferenciats** amb el mateix sistema de coordenades.

D'aquesta manera garantirem que tota la informació que es vagi traspasant entre disciplines estigui sempre a lloc, sigui de fàcil comprovar i verificar, i fàcilment treballable per tots els actors, utilitzin el programa que utilitzin.

#### - Coordinació arquitectura-instal·lacions

En el cas de les instal·lacions, la millora en quant a capacitat de definició és notable. El BIM et permet **modelar una xarxa d'instal·lacions tridimensional**, incorporar-la directament al model d'estructures i arquitectura i poder identificar fàcilment **punts conflictius, col·lisions**, així com una molt agradable i eficaç coordinació, ja que és tot molt gràfic.

A nivell de modelat la majoria de programes de disseny ja incorporen suficients eines com per poder disposar d'un model geomètric i analíticament suficient com per satisfer les necessitats que un projecte genera. El fet de tenir tota la imatge en 3D, com venim dient, també suposa poder identificar problemes que moltes vegades no s'identificaven fins a l'hora de l'execució, amb tot l'estalvi que això suposa.

#### - Model de càlcul

Com s'ha comentat anteriorment, un dels grans temes pendents, i que poc a poc va millorant, segueix sent la **interoperabilitat entre els programes de disseny i els programes**

**de càlcul**. En el cas més gràfic, entre dos programes d'una mateixa empresa com són el REVIT i el Robot, un per disseny i l'altre per càlcul, encara segueix faltant la possibilitat de tenir un enllaç directe sense haver de passar per un format intermig, en aquest cas l'**IFC**, que seria el format neutre de programari lliure en el món del BIM.

En qualsevol cas, però, **segueix suposant una millora** a quan un despatx rebia una documentació 2D i s'havia de modelar igualment tota l'estructura per llavors passar-la al programa de càlcul, cosa que podia generar errors i imprecisions que acabaven afectant en el temps de redacció. En un plànol 2D, en segons quins projectes, és difícil reflectir tot l'abast estructural, cosa que si directament el que reps és un model 3D t'alleugereix molt més la feina de comprensió i interpretació.

#### - Amidaments

A nivell d'amidaments encara hi ha **pocs despatxos** que entrin dins del BIM. En la majoria dels projectes esmentats l'equip encarregat de fer-los demanava els CADs del projecte i a partir d'allà treien totes les mides, a mà.

Sí que **es constata una notable millora** quan tens la oportunitat de treballar amb equips que disposen de la capacitat de treure directament amidaments del model. Amb un model ben estructurat i modelat, pots treure la majoria d'amidaments de forma exacta i automàtica. Això no implica que el 100% dels amidaments siguin automàtics, sempre hi ha petites correccions a fer o partides d'elements molt concrets que s'hauran de seguir entrant a mà, de moment, però el gran gruix d'aquests sí que es poden treure de forma automàtica i amb un alt grau d'exactitud.

#### - Fabricació

Quan es treballa amb elements prefabricats, l'alt grau de precisió que et permet tenir un model constructiu en 3D és enorme. Permet definir les peces necessàries amb un alt grau de detall, informació que és molt útil i genera molt poc marge d'error de cara al fabricant que ha de produir aquests elements. No només això sinó que qualsevol canvi, la informació s'actualitza de forma automàtica, tant a nivell de recompte com de les seves dimensions, cosa que permet un flux de treball i comunicació molt més ràpid i eficaç.

#### - Documentació

Igual que passa en l'anterior apartat, el gran avantatge de que tota la informació vagi lligada a un model 3D és que qualsevol canvi, modificació, etc, es vegi automàticament reflectida en tota la documentació gràfica. D'entrada necessita d'un esforç segurament suplementari, però també és cert que un cop tens tota la documentació muntada (i ben muntada) la gestió de tot el plec és molt àgil i agrada, sempre coordinada amb qualsevol canvi que hi pugui haver en el projecte.

## 4. Fusta i BIM en l'actualitat

### 4.1. Introducció de les referències

En aquest treball d'investigació em plantejo l'anàlisi de casos en els que s'ha utilitzat la metodologia BIM, tant en el nostre país com a l'estranger, per poder conèixer quin és l'estat del BIM aplicat a les estructures de fusta actual i poder-ne plantejar avantatges, inconvenients i possibilitats de millora.

És per això que s'estructurarà aquest apartat en 3 parts:

- Anàlisi de referències
- Entrevistes amb professionals del sector del nostre país
- Experiència pròpia

### 4.2. Anàlisi de referències

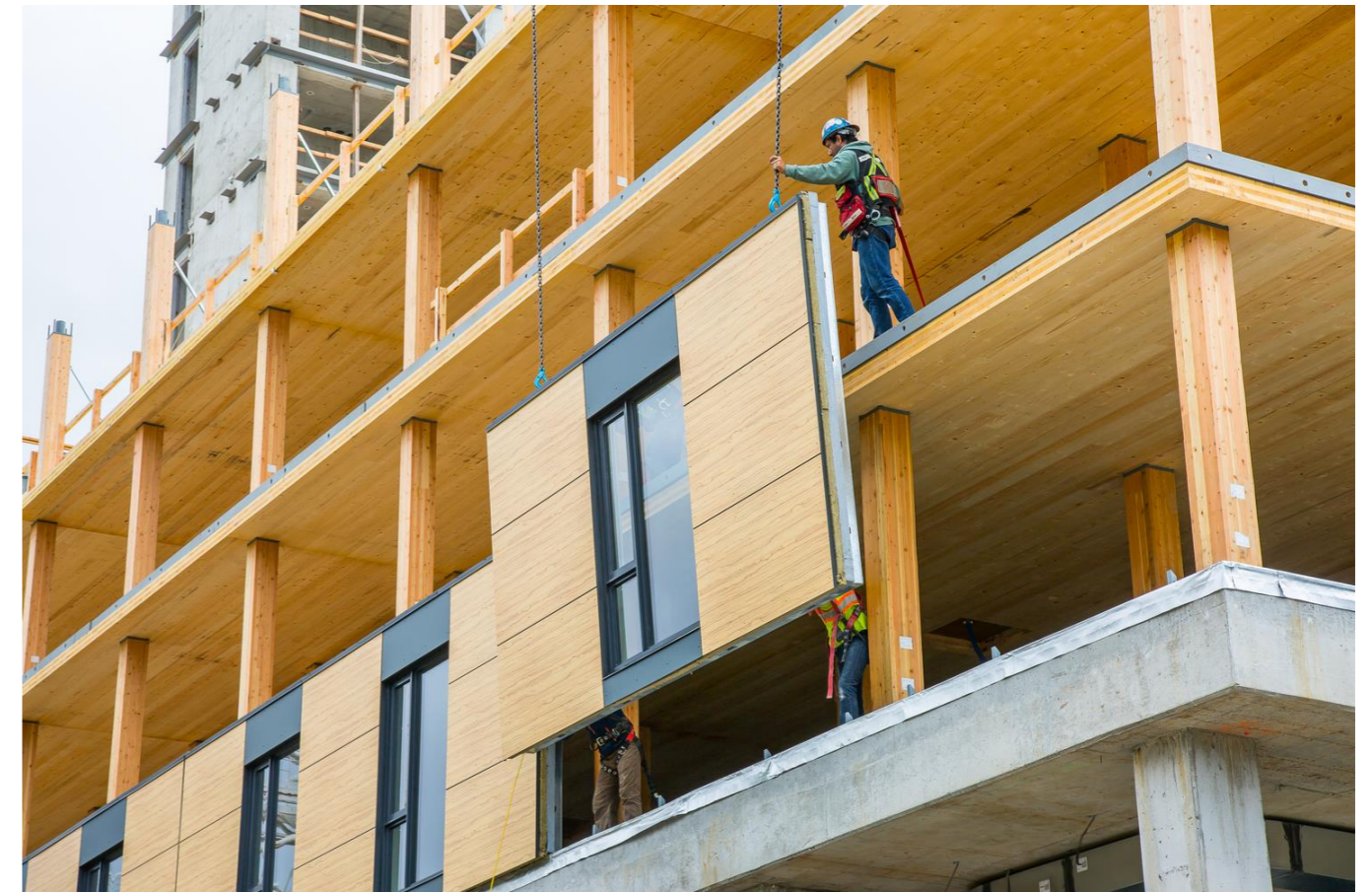
En l'anàlisi de referències s'ha destriat entre 3 tipologies estructurals dins de la construcció amb fusta.

#### 4.2.1. Edifici en altura (Residència Universitat de Columbia)



L'edifici Brock Commons Talwood House, de 18 plantes, a la Universitat de Columbia, és un exemple d'èxit en l'aplicació de la metodologia BIM en la construcció industrialitzada de fusta. Mitjançant aquesta metodologia, es van descriure tots i cadascun dels elements que formen part de l'edifici, connectats a una extensa base de dades.

Segons explica Eduardo Souza<sup>7</sup>, es va construir virtualment el projecte des del principi, des de l'estructura, als acabats, fins als sistemes mecànics i elèctrics. La construcció d'aquest model va ajudar a prendre decisions durant el desenvolupament del projecte, i va permetre als modeladors treballar estretament amb l'equip de disseny, incorporant totes les actualitzacions i canvis, notificant qualsevol problema o conflicte que s'hagués de solucionar, i assegurant que el model fos sempre acurat i detallat en la seva representació del projecte.



Gràcies al BIM es va poder construir de forma fàcil i eficaç un prototip de 2 plantes de l'edifici per comprovar el funcionament estructural i la viabilitat constructiva del sistema que es volia utilitzar, principalment amb fusta però incorporant elements de formigó (com la planta baixa o els nuclis de comunicació verticals), que tenien la funció de rigiditzar l'edifici enfront d'esforços que un edifici d'aquestes dimensions ha de suportar, com és el cas del vent. El model també es va fer servir directament com a base per la construcció i comprovacions de tensió dels panells de CLT.

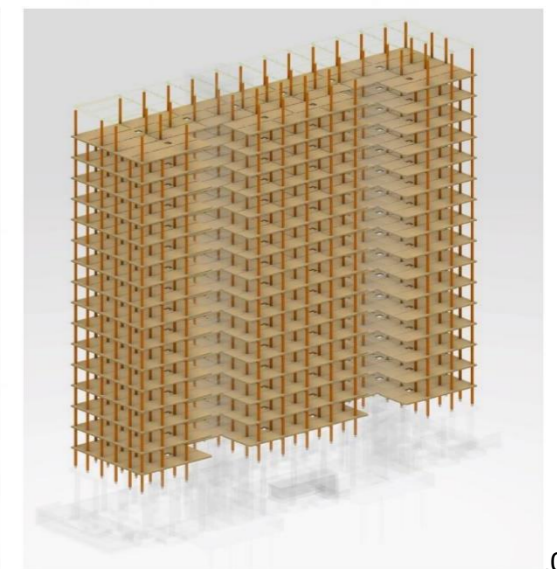
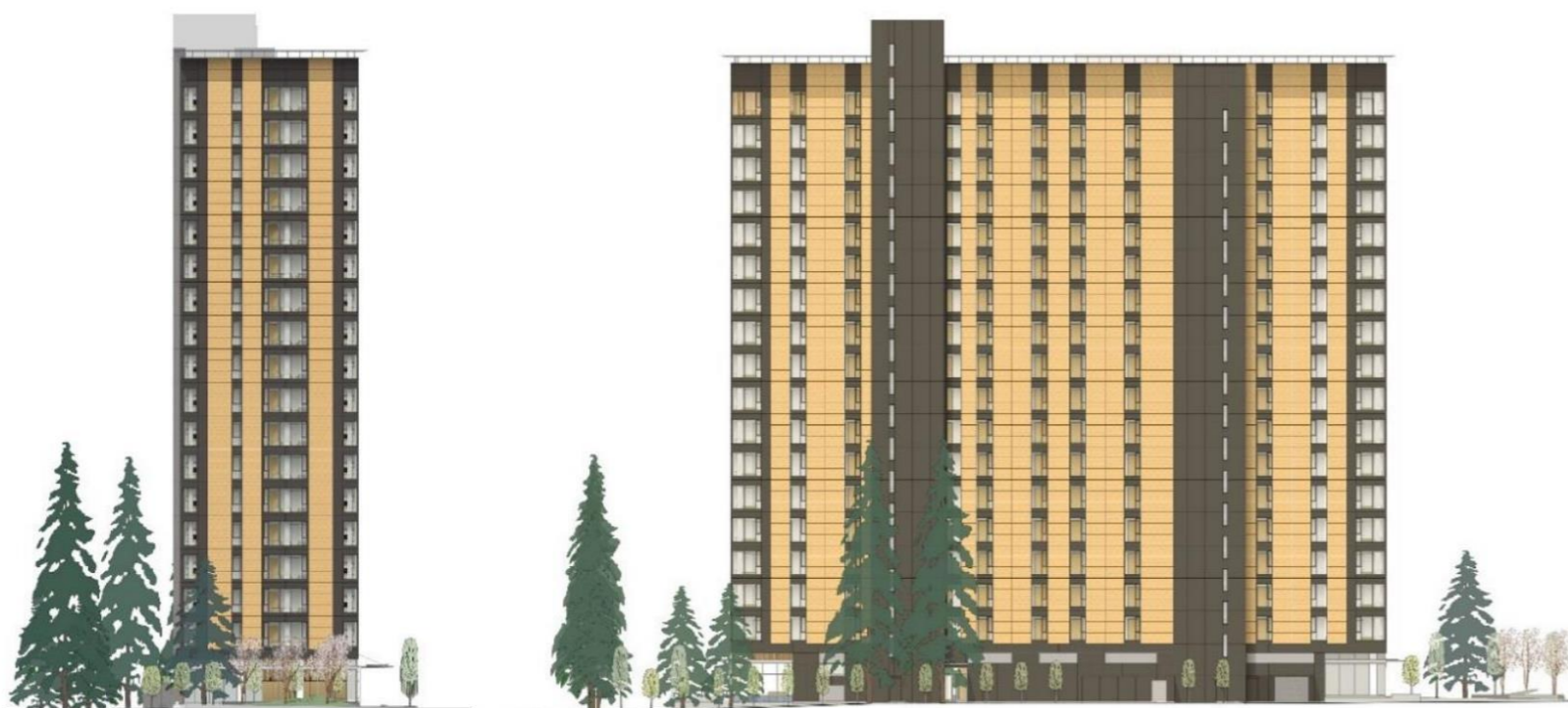
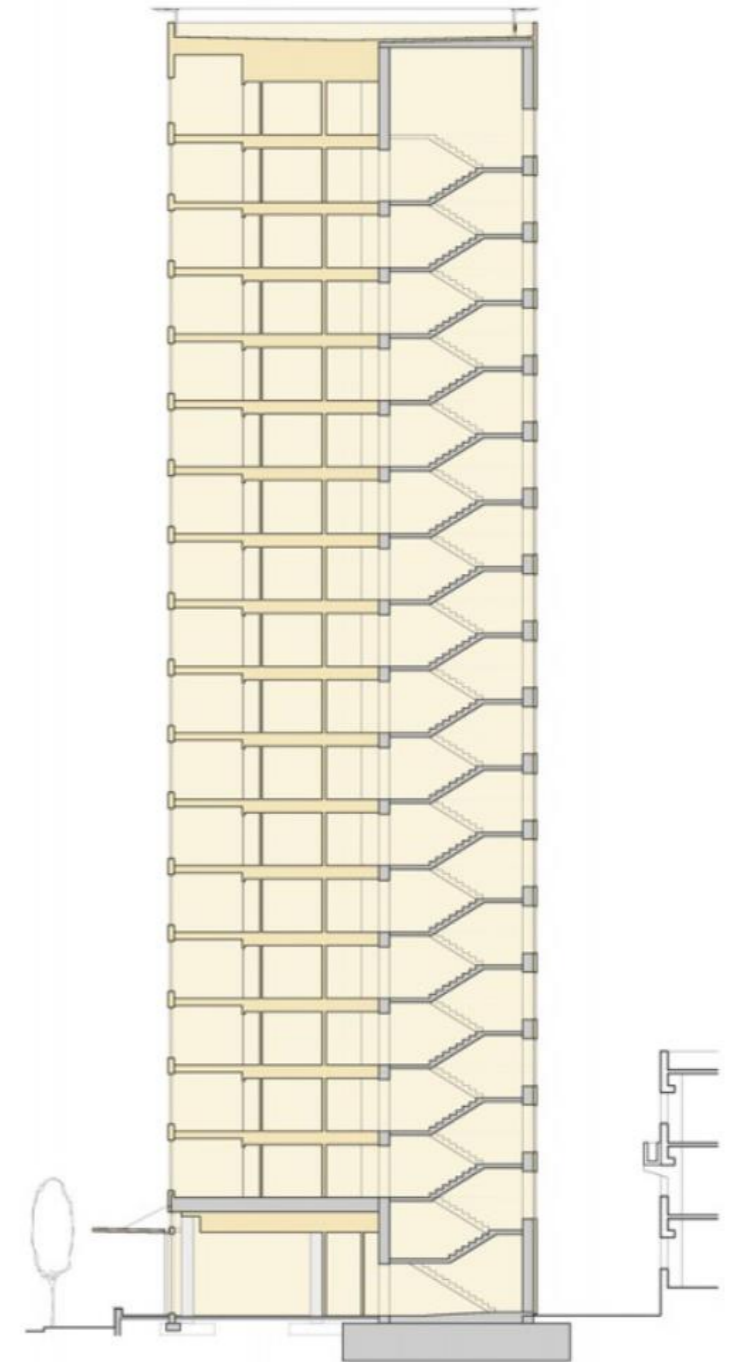
Tot plegat va suposar que l'edifici es construís **en menys de 70 dies** des de la primera arribada d'un component prefabricat a l'obra.



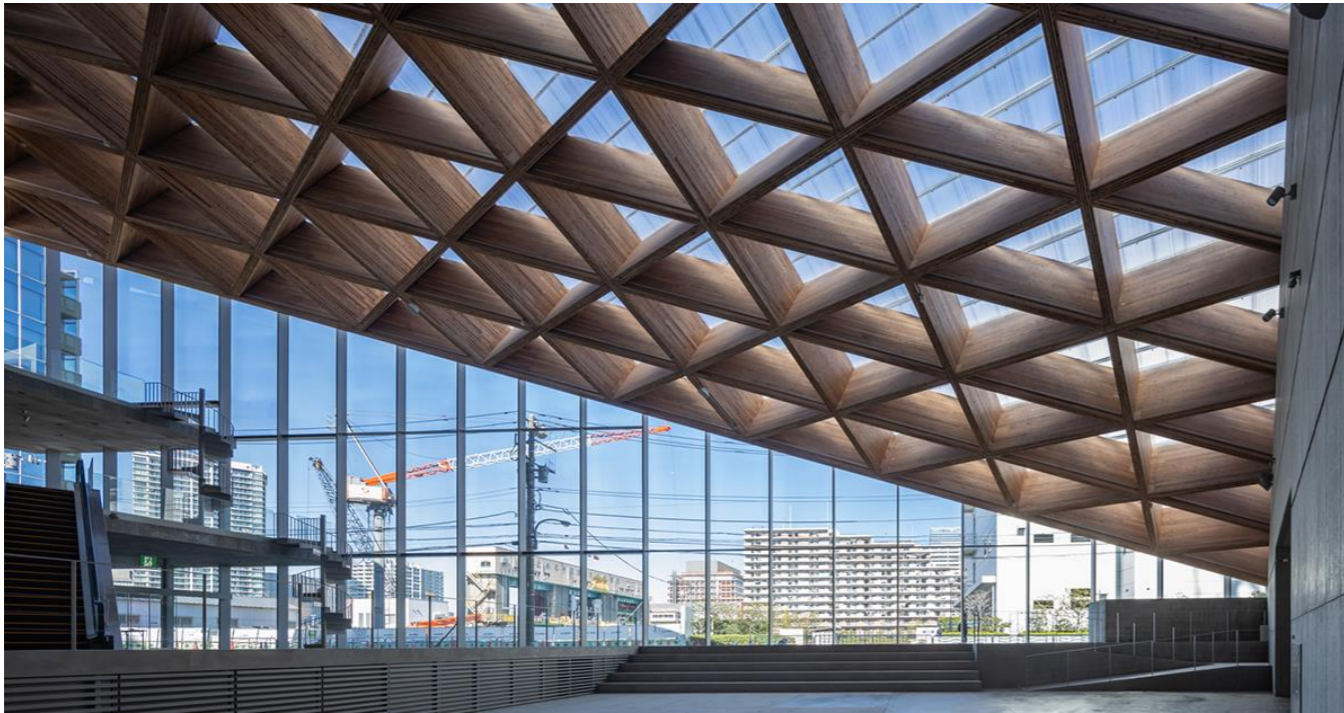
typical floor plan



ground floor plan



#### 4.2.2. Edifici de grans llums (ROOFLAG Showroom, Japó)



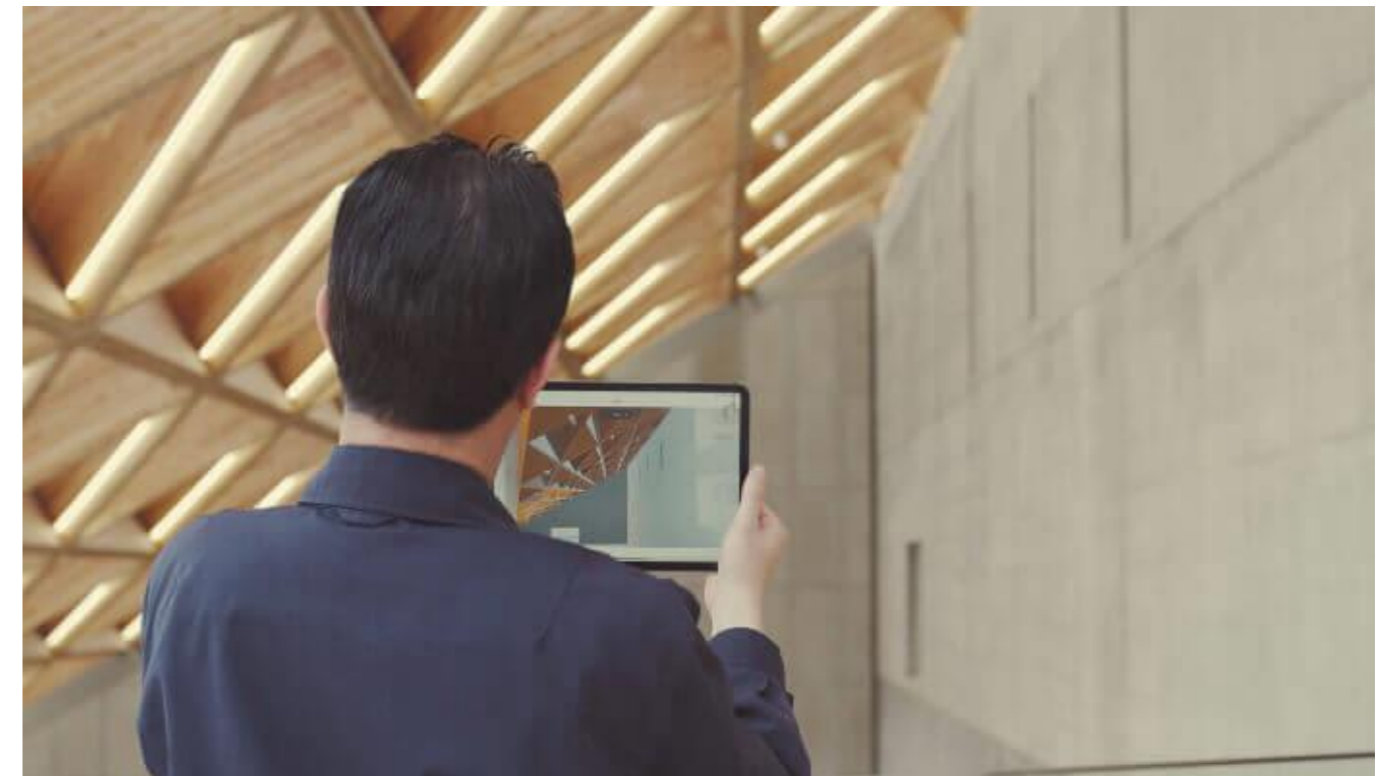
L'empresa japonesa Daito Trust Construction Company va utilitzar el BIM per construir una de les cobertes de fusta més grans del Japó. El BIM els va permetre realitzar una verificació exhaustiva dels 128 panells de CLT que, entrellaçats entre sí, conformen aquesta coberta. La coberta **ocupa un espai triangular de 60m de costat**, sense cap suport internig visible.



Segons explica Yasuo Matsunaka<sup>8</sup>, l'equip de disseny va utilitzar el conegut programa d'Autodesk REVIT per fer un modelat de tota la geometria de la coberta. Aquest model va servir per crear un model a escala utilitzant una impressora 3D, per acabar fent les últimes verificacions en un prototip a escala real.

Com que la coberta és en pendent, els panells havien de ser acoblats en diagonal, cosa que requeria d'una precisió d'execució de menys de 2mm. A l'hora de construir mesuraven les posicions amb una Estació Total i processaven les dades a través del BIM. Gràcies a l'extensió del REVIT Dynamo van poder coordinar de forma eficaç totes les dades i amidaments de forma quasi instantània en cada canvi que es produïa en el model. L'ús d'aquest sistema i els seu alt nivell de parametrització va permetre reduir les hores de treball en un 80%, comparat amb el que s'hauria tardat calculant manualment l'estructura.

Durant el procés de construcció, es va realitzar un apuntament de tota la coberta. A l'hora de desmantellar-lo, es va utilitzar el BIM per crear una simulació de desapuntament virtual per tal de no provocar en un sol punt una sobrecàrrega que pogués danyar els panells de CLT.



L'equip de disseny va utilitzar dispositius portàtils per compartir informació durant la construcció i visites d'obra. Mitjançant l'aplicació BIM 360 d'Autodesk van poder portar tota la informació en una tablet, cosa que els va permetre verificar in situ i a través del model tots els elements de l'obra.



### 4.2.3. Edifici amb estructura de CLT (La Balma, Barcelona)

El projecte de la Balma, ubicat al carrer Espronceda 131-135 del Poblenou (Barcelona), a càrrec de **Lacol arquitectura cooperativa i Laboqueria taller**, és un edifici d'habitatge cooperatiu. L'edifici compta amb 20 habitatges, dels quals un es destinarà a pis pont per a famílies en procés de reinserció social. Els habitatges estan dissenyats a partir d'una retícula de peces de 16m<sup>2</sup> diàfans coincident amb l'estructura de fusta contralaminada (CLT).

Segons expliquen a l'entrevista, aquest projecte es tracta de la seva primera experiència en BIM. A nivell estructural, des d'un bon principi ells mateixos ja van modelar-se un petit model estructural purament geomètric, a nivell d'encaix, cosa que els va permetre des d'un bon principi un intercanvi d'informació fluid amb l'enginyeria encarregada de calcular l'estructura, en aquest cas a càrrec d'EGOIN.



Fotografia: Milena Villalba



Fotografia: Milena Villalba

A nivell de procés de disseny, el projecte va començar a caminar a partir de dibuixos en 2D, i va ser a partir del Projecte Bàsic que es va introduir ja plenament en la metodologia BIM, un sistema de disseny bastant comú en els despatxos del nostre país. Amb el projecte bàsic, van modelar tot un encaix estructural des d'un bon principi, cosa que els va permetre anticipar-se a molts problemes que d'altra banda s'haurien trobat en obra i haurien suposat de molt més difícil solució. Aquest primer encaix va servir com a base perquè els diferents equips encarregats de dissenyar tant les estructures com les instal·lacions tinguessin sempre una base actualitzada sobre la que treballar.

A nivell de coordinació entre disciplines, sobretot pel que fa amb l'enginyeria d'EGOIN, van coordinar l'intercanvi d'informació a partir de models IFC, que permetien tan a l'enginyeria aprofitar tita ka informació geomètrica que s'enviava des del despatx com, des del despatx, aprofitar i vincular el model estructural que periòdicament s'anava transmetent per part de l'enginyeria, coordinat amb les últimes modificacions.

Des de l'equip de LACOL valoren molt positivament el funcionament de la metodologia BIM aplicada a elements de fusta contralaminada, qualificant-ho de modelat "molt senzill i agraït". A nivell de definició, van optar per modelar peça a peça l'estructura, cosa que els va permetre una definició, una optimització i un control sobre ella màxima, cosa que els va jugar a favor tenint en compte que es tractava d'un projecte d'habitatge social, que acostumen a tenir més aviat poc pressupost.



Fotografia: Lacol

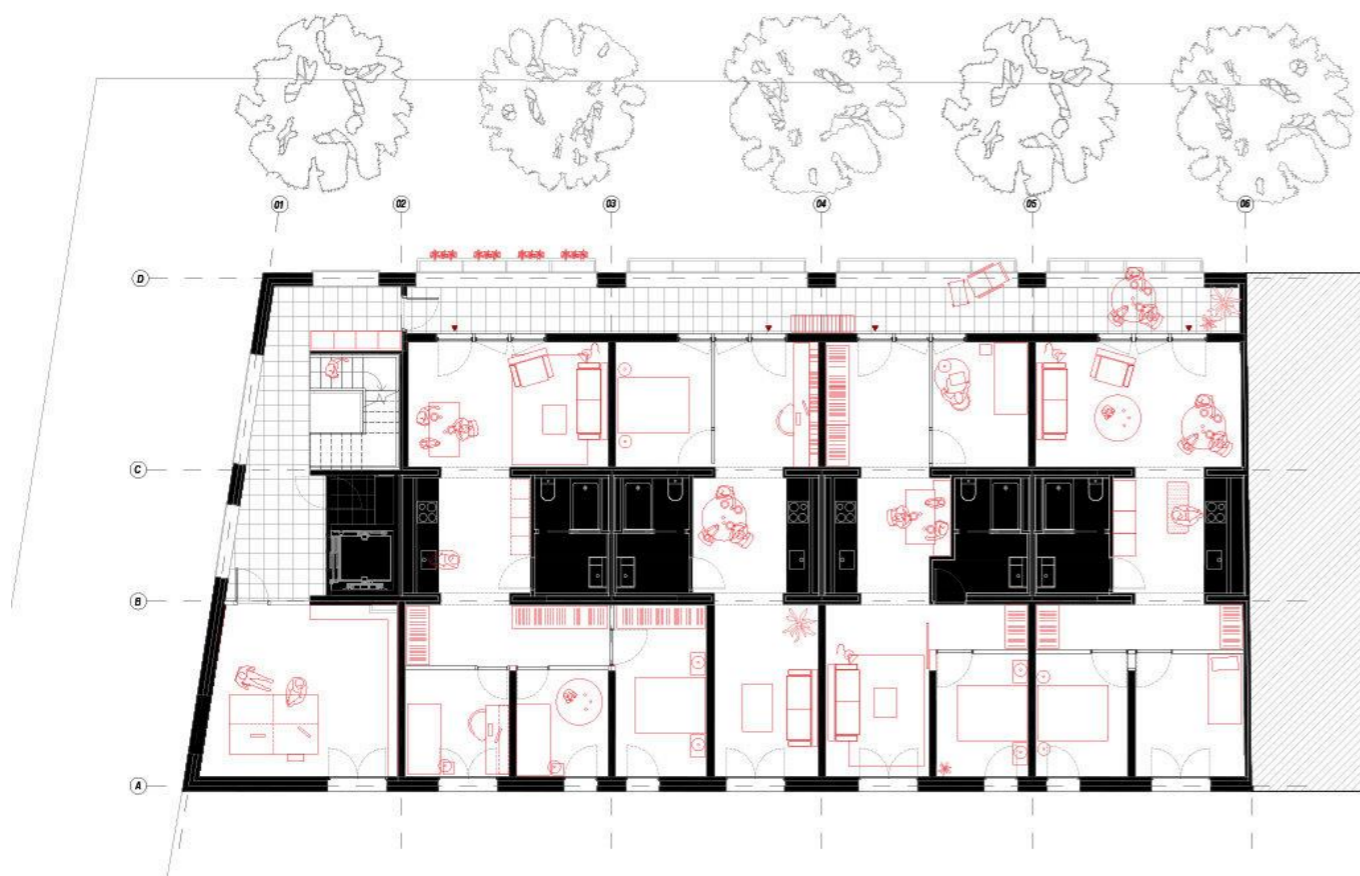
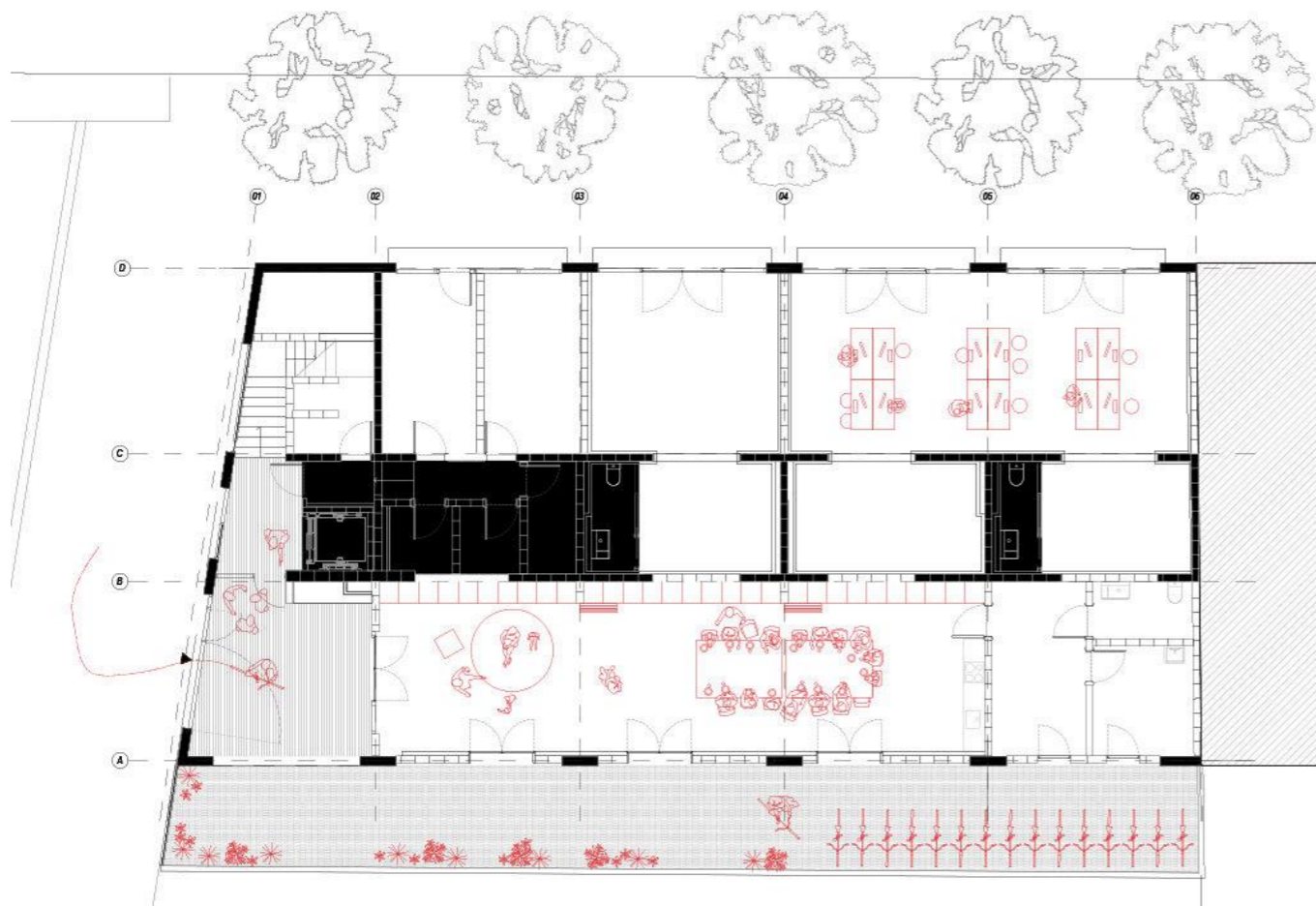


Fotografia: Milena Villalba

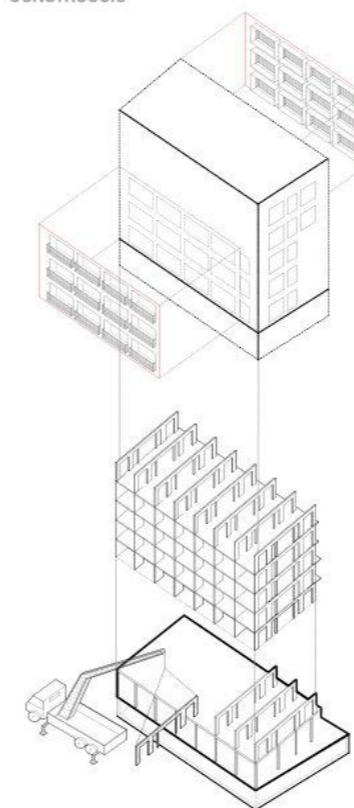
Posen l'exemple del modelat de l'escala principal, que pel fet de ser un element identificatiu i propi del projecte van modelar amb exactitud per tal de controlar cada peça i cada element. El fet de treballar el model d'aquesta forma tan exhaustiva els va permetre tenir una fase d'obra on tota la informació estava clara i detallada, amb el que va facilitar molt les coses.

Valoren molt positivament del BIM la capacitat de control de canvis. A mesura que s'anaven retocant o definint aspectes del projecte s'anaven incorporant dins del model. Quan va arribar el moment de fer l'As Built, al tenir un model coordinat amb tota la documentació gràfica, només van haver de traçar i enviar la documentació.

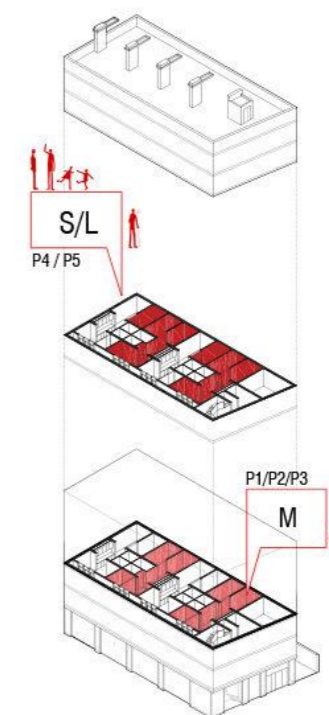
Com a contrapartida o punt negatiu, trobaríem que tot l'aspecte d'amidaments i pressupost va quedar fora del BIM, ja que encara avui costa trobar despatxos que treballin aquest aspecte del projecte a partir de la informació BIM, no perquè sigui difícil, sinó perquè cal un esforç a nivell formatiu i de programació que molts despatxos, de moments no poden o no estan disposats a assumir. Sí que és cert que aquells que decideixen fer el pas no tornen enrere i valoren també possibilitats del BIM.



CONSTRUCCIÓ






HABITATGES I PROGRAMA



#### 4.2.4. Resum referències

Per tal de comparar les diferents referències que hem presentat es planteja fer un estudi comparatiu en base a l'ús del BIM que s'ha fet per part dels diferents equips tant pel que fa als diferents estadis del Procés BIM com en els diferents usos del model

REFERÈNCIA	PROCÉS BIM				USOS DEL MODEL					
	PLANIFICACIÓ	DISSENY	CONSTRUCCIÓ	FACILITY MANEGEMENT	ARQ-EST	ARQ-INS	CÀLCUL	AMIDAMENTS	FABRICACIÓ	DOC
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓



### 4.3. Entrevistes amb professionals del sector

Per tal de comprovar l'estat de la metodologia en el món professional, s'han realitzat una sèrie d'**entrevistes** a despatxos d'arquitectura, enginyeries d'estructures i industrials del sector. El resum d'aquestes entrevistes el podreu trobar a **l'Annex del treball**, i en aquest apartat em dispo a extreure'n les valoracions generals que n'he pogut treure.

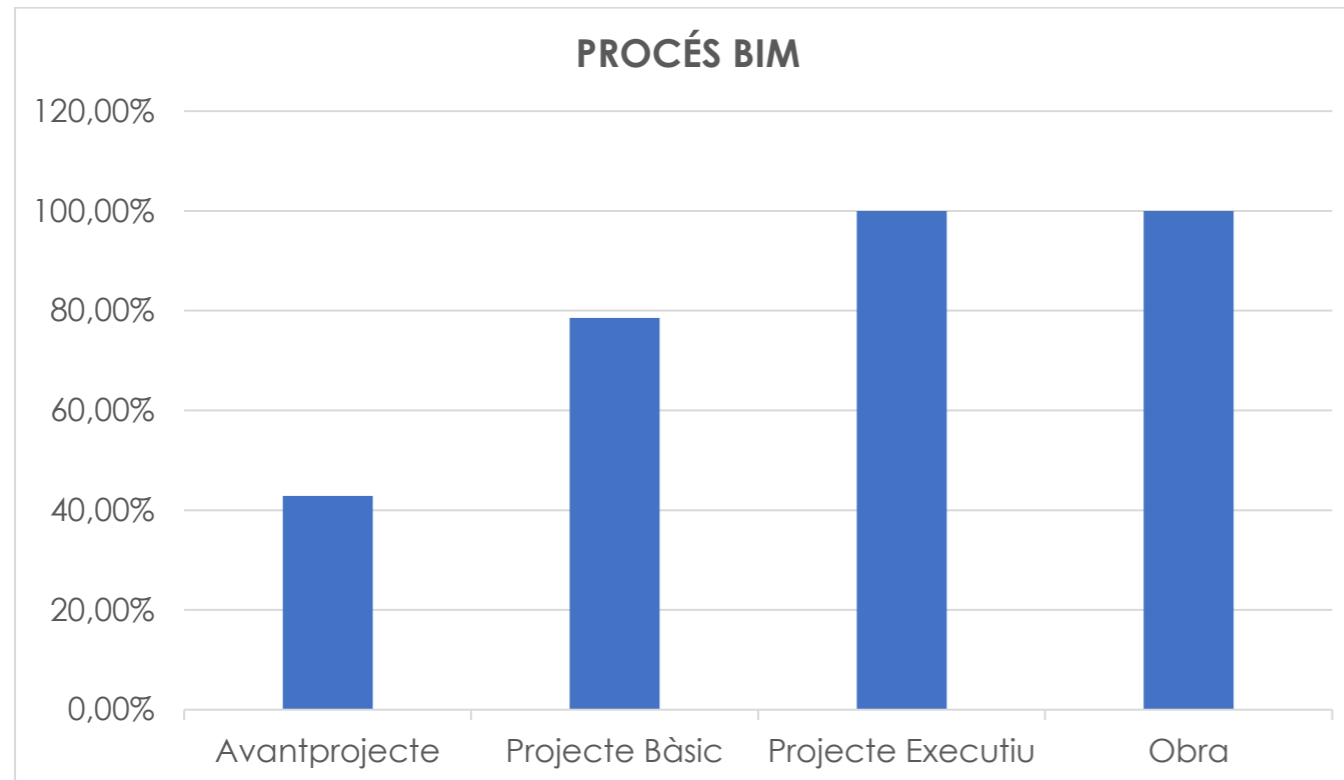
S'han fet un total de 7 entrevistes;

- **Jorge Blasco** (Estudi M103)
- **Albert Admetlla** (Kmod, Enginyeria en fusta)
- **Ernest Garriga** (LACOL – Arquitectura cooperativa)
- **Jordi Comas** (Comas-Pont Arquitectes)
- **Jan Vidal** (Celobert cooperativa)
- **Xavi Rusalleda** (RGA Arquitectes)
- **Rodrigo Tomé** (EGOIN Wood Group)

#### 4.3.1. Procés BIM

- Avantprojecte:

Pel que hem pogut comprovar, encara són pocs els despatxos que opten per iniciar des de 0 un projecte en BIM. La valoració general que se'n pot extreure rau, bàsicament, en que encara costa trobar despatxos on tota la plantilla de treballadors **domini** aquesta eina. És per això que molts despatxos opten per **retrassar** aquesta entrada en el BIM **fins al Projecte Bàsic**, on sí que ja posen tots els efectius dels que disposen.



- Projecte Bàsic

Hem pogut comprovar que aquest punt del procés també depèn una mica del **grau d'implantació** del BIM en cada despatx. En general les valoracions de la metodologia en aquesta fase són **bones**, sobretot quan entres a parlar d'**estructures de fusta**. Aquí diferenciariem les enginyeries, on estan molt avesades a treballar amb programes de modelatge 3D, i de seguida que poden ja es modelen un petit model que, encara que de forma molt genèrica, ja els permet donar ímputs tan a nivell de **pressupost** com de **predimensionat**.

- Projecte executiu

Les exigències per part dels **promotors**, l'elevat grau de **control** a nivell **geomètric**, la capacitat de **resoldre** possibles **conflictes** en la **coordinació** entre disciplines, fan que en aquesta fase l'ús del BIM sigui **unànim**. Als despatxos d'arquitectura els permet tenir un control i coordinació ràpid i eficaç amb la resta de disciplines, així com la seguretat de que tothom està treballant sobre un mateix model.

Com a contrapartida tindriem que per part de la majoria de promotors, malgrat demanar l'ús del BIM en el seus projectes, segueixen marcant uns **tempos** propis de projectes fets amb **mètodes 2D**. El BIM permet **solucionar moltes problemàtiques** en una fase anterior, que en el passat es resolien en obra com es podia. Això fa que la fase de disseny s'allargui, però alhora comporta una **fase d'obra** molt fàcil i **curta**.

- Fase d'obra

Quan parlem d'elements de fusta, tothom a l'obra té clar quin és cada element, com ha d'anar i on ha d'anar col·locat, cosa que fa que els **errors** siguin **mínims**, igual que ho són els **temps d'execució**. El món de la fusta, pel fet de basar-se en **elements prefabricats**, fa temps que es nodreix del BIM per construir els seus projectes, cosa que fa que, en general, vagi un pas **per davant** de la resta de tipologies estructurals.

- Facility management

Aquest és un punt del procés que en l'experiència dels entrevistats queda **molt lluny de ser una realitat**. La majoria de promotors o de clients que acaben ocupant els espais no tenen **personal qualificat** per tal de gestionar una posada en marxa i manteniment a través del BIM. És clarament un punt a millorar.

En el gràfic podreu veure la comparació de dades sobre el total de les 7 entrevistes corresponents a 7 actors que treballen dins del BIM i la fusta en el nostre país.

#### 4.3.2. Usos del model

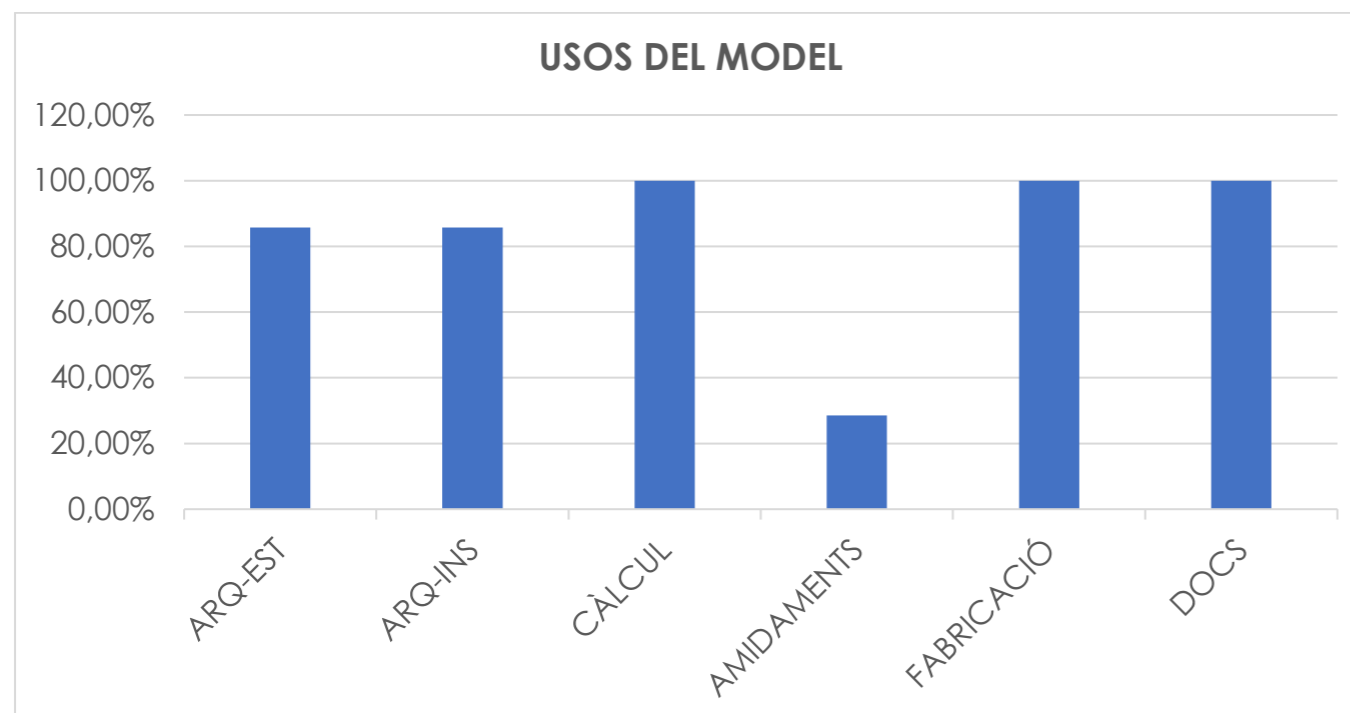
##### - Coordinació ARQ-EST:

Aquest és un dels punts **més valorats** per part dels entrevistats. Com ja s'ha comentat anteriorment, el món de la fusta va **un pas pel davant** en l'aspecte del **BIM**, cosa que fa que ara per ara l'intercanvi d'informació entre arquitectura i estructures sigui d'allò més **eficaç i fluida**. Tothom parla el **mateix llenguatge** i l'experiència de diversos anys treballant-hi fa que el grau de **formació** en aquest sentit sigui molt alt, cosa que acaba repercutint en una bona execució de la metodologia BIM.

El procés ideal i que més bons resultats ha donat consisteix en que, després de fer un primer encaix, el despatx d'arquitectura transmetrà un **model en format lliure (IFC)** a l'enginyeria amb una **definició purament geomètrica**, bàsicament indicant eixos i cares de replanteig dels elements estructurals. Al seu torn, l'enginyeria dotarà aquesta informació de **noves dades**, per exemple les seccions i gruixos dels elements, que retornarà en forma de model estructural a arquitectura perquè ho incorpori en el seu model a través d'un **vincle** i ho validi. D'aquesta forma, la informació va anant i venint i en tots els actors del projecte es va actualitzant.

##### - Coordinació ARQ-INS:

Igual que passa en l'anterior punt, el despatx d'arquitectura transmetrà un primer encaix al despatx encarregat de calcular i modelar les instal·lacions, on l'enginyeria podrà ja tenir una idea a nivell de volums i superfícies, i es podran començar a **identificar possibles problemàtiques**. L'enginyeria modelarà un o diversos models d'instal·lacions que anirà transmetent a Arquitectura perquè la informació vagi sent **contrastada i validada**.



##### - Càlcul:

Segons l'experiència dels consultors entrevistats, aquest es tracta d'un dels punts del BIM que actualment té més **marge de millora**. Això, però, no vol dir que sigui un problema. Segons els entrevistats, la millora de fa uns anys amb actualment pel que fa al canvi en el procés de **càlcul d'una estructura** és abismal. Passar de calcular a partir de **dibuixos 2D** a calcular tota una **estructura 3D** completa genera un grau de precisió molt més elevat. Malgrat això, és cert que la **interoperabilitat** entre els programes de disseny i de càlcul encara podria ser molt més fluida i t'hauria de permetre aprofitar al 100% un model geomètric per poder-ne generar un càlcul i validació estructural, cosa que no sempre és viable.

##### - Amidaments:

Aquest punt és el que més marge de millora té. El BIM no deixa de ser una **base de dades** que una persona o despatx crea a partir d'un model 3D. Dins de la pròpia definició de BIM hi ha incorporada la possibilitat de **extreure dades** d'aquest model, en forma de **gràfics i taules**, que llegeixin determinats **paràmetres** de cada element, segons interès, per tal de generar un amidament. La conclusió a la que s'arriba és que l'actual manca que hi ha en aquest àmbit es deu bàsicament a **falta de formació** per part dels encarregats de dur a terme aquest àmbit del projecte, cosa que fa que tot el procés s'acabi **allargant**, quan en el seu ADN està pensat perquè sigui el més àgil i coordinat possible.

##### - Fabricació:

D'acord amb els entrevistats, el món de les estructures de fusta és **indestriable** de la metodologia BIM. En tractar-se d'**elements prefabricats**, que es fabriquen en taller i es munten en obra, no hi ha cap manera més eficaç per coordinar tot aquest procés que a partir de **models geomètrics i analítics 3D**. Amb el BIM saps exactament en tot moment **quants** panells necessites, **on** van col·locats (de forma georeferenciada) cada un, quines **mides** tenen, com han estat muntats i, fins i tot, de quina manera s'han col·locat en el camió que els ha transportat del taller fins a l'obra. La **síntesis** entre la fusta i el BIM és total quan es parla de fabricació, i actualment és pràcticament impossible trobar algun industrial que no treballi mitjançant aquest sistema.

##### - Documentació:

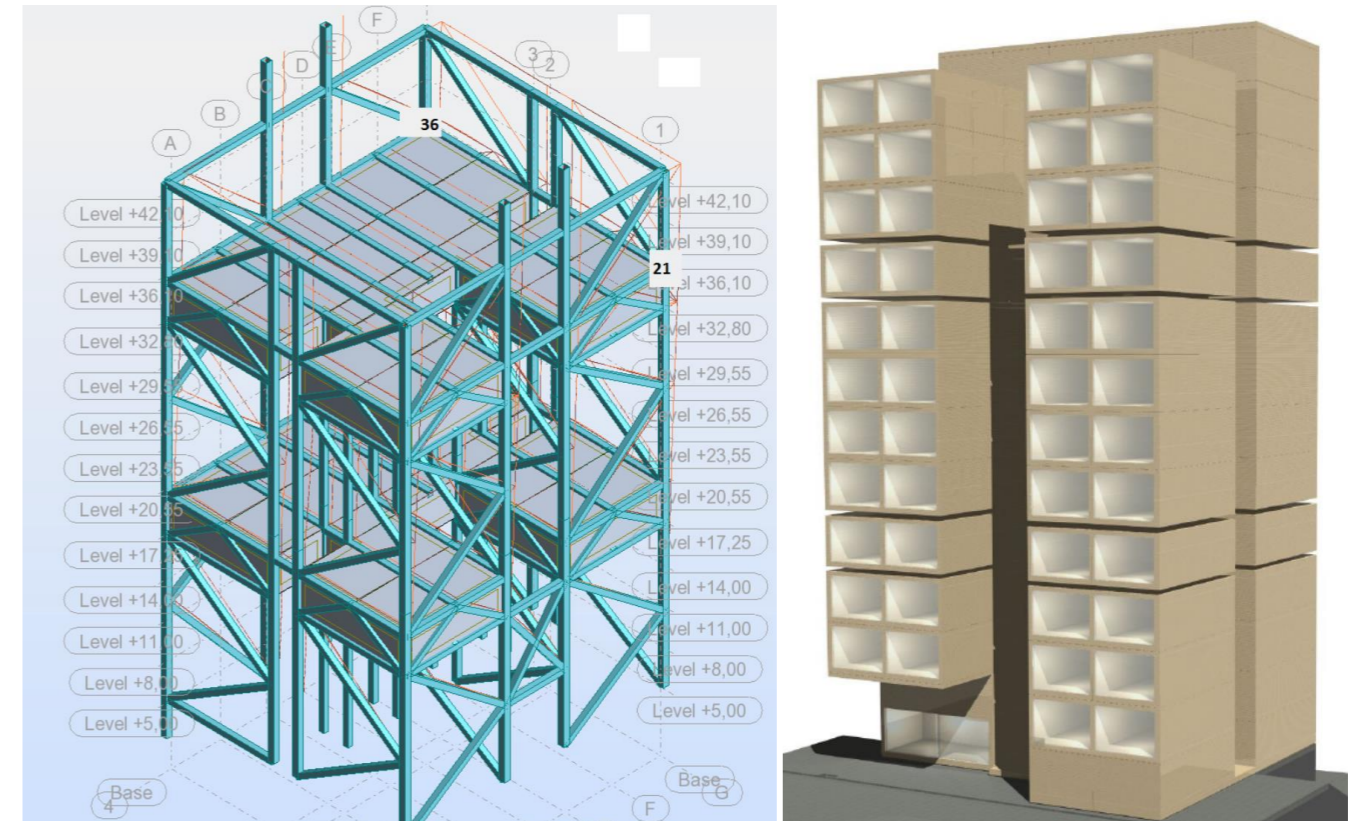
Aquest punt és un dels que més destaca parlant amb despatxos d'arquitectura. La capacitat de tenir una **documentació coordinada** amb un model 3D, que et permet que a mesura que el projecte vagi **creixent i canviant** també ho faci a l'hora aquesta documentació, tant a nivell gràfic com analític (des d'alçats, plantes, seccions pròpiament fins a etiquetes, taules de superfícies...) fa que, potser, l'esforç inicial sigui major, però un cop tens muntat (i ben muntat) tot el plec de plànols, la gestió sigui d'allò més agradable.

### 4.3.3. Modelat d'un prototip

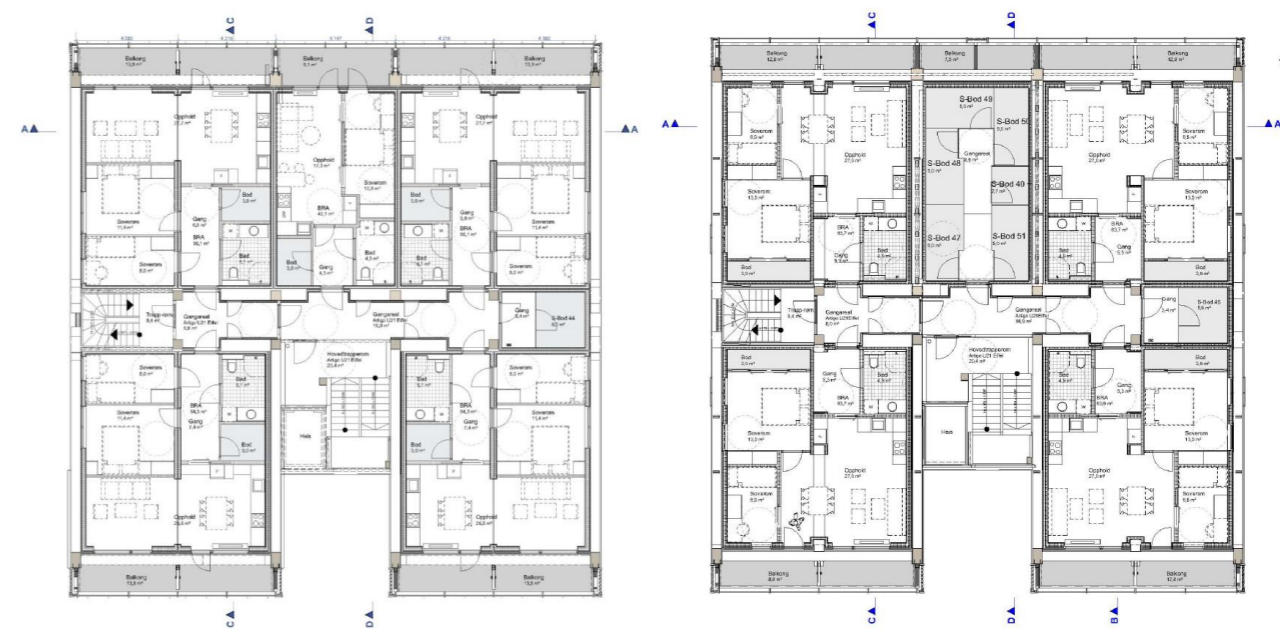
Per experimentar amb el modelat d'una estructura de fusta amb BIM s'ha escollit un dels **edificis de fusta més alts de Noruega**, concretament situat a la ciutat de Bergen. Es tracta d'un edifici residencial de 14 plantes, construït l'any 2014.



L'edifici fa **50m d'alçada** i conté un total de 550m<sup>3</sup> de glulam i 385m<sup>3</sup> de CLT. Es va dissenyar utilitzant el programa de BIM d'Autodesk, el **REVIT**, i per fer-ne els càlculs estructurals el programa de la mateixa companyia **Robot**.



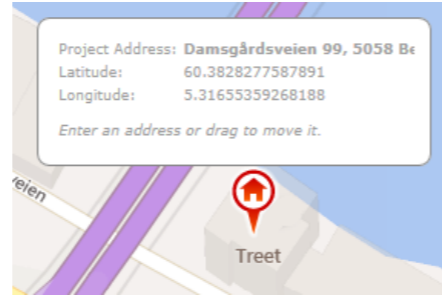
L'estructura de l'edifici consta d'una **armadura de fusta laminada** que té la funció d'absorbir les càrregues verticals i horitzontals, a la que s'incorpora uns mòduls en forma de **caixa de CLT** que constituïran cadascun dels habitatges.



#### 4.3.3.2. Usos del model

Aquest prototip podria correspondre, perfectament, a un model estructural que serveixi de coordinació entre les disciplines d'arquitectura i estructures.

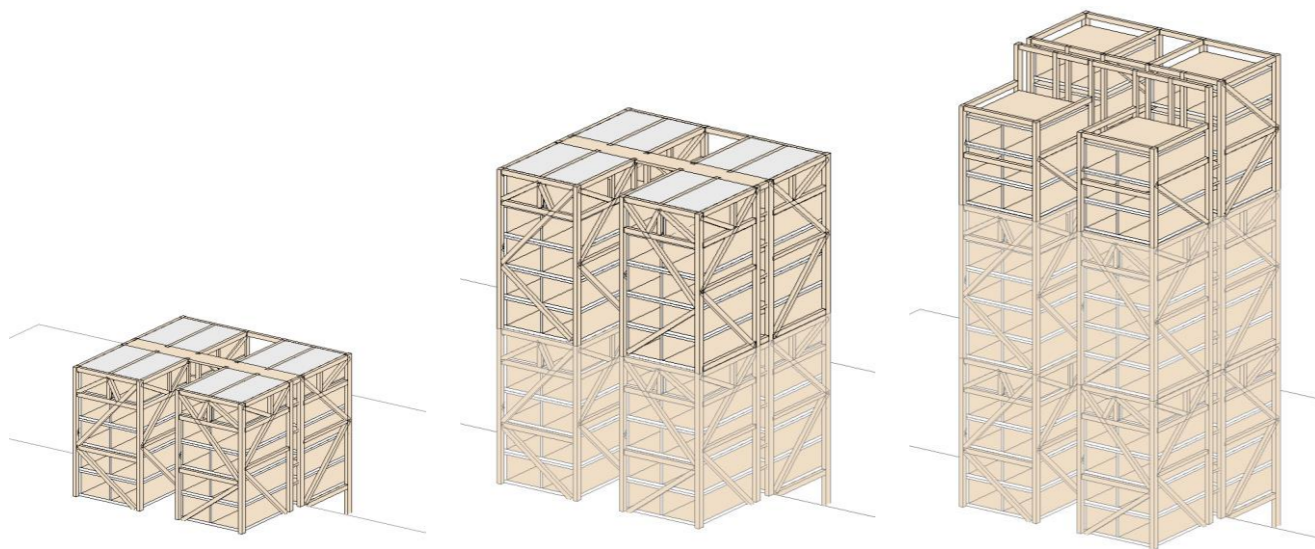
- Es tracta d'un model **georeferenciat**, cosa que permetria incorporar-lo a la resta de models que configuren el projecte de forma automàtica, mitjançant un vincle.
- Conté la **informació geomètrica** suficient per tal de que l'estructurista pugui **entendre com funciona** i quina **disposició** té cada element, i el pugui exportar de forma fàcil al seu programa de disseny i de càlcul, a través d'un intercanvi en IFC.
- Cada element té assignat, de forma **automàtica i parametritzada**, paràmetres que en defineixen la posició, la dimensió, el recompte d'elements...
- Està estructurat en **fases** corresponents al procés de **muntatge i desmuntatge** (si fos necessari);



FASE 1

FASE 2

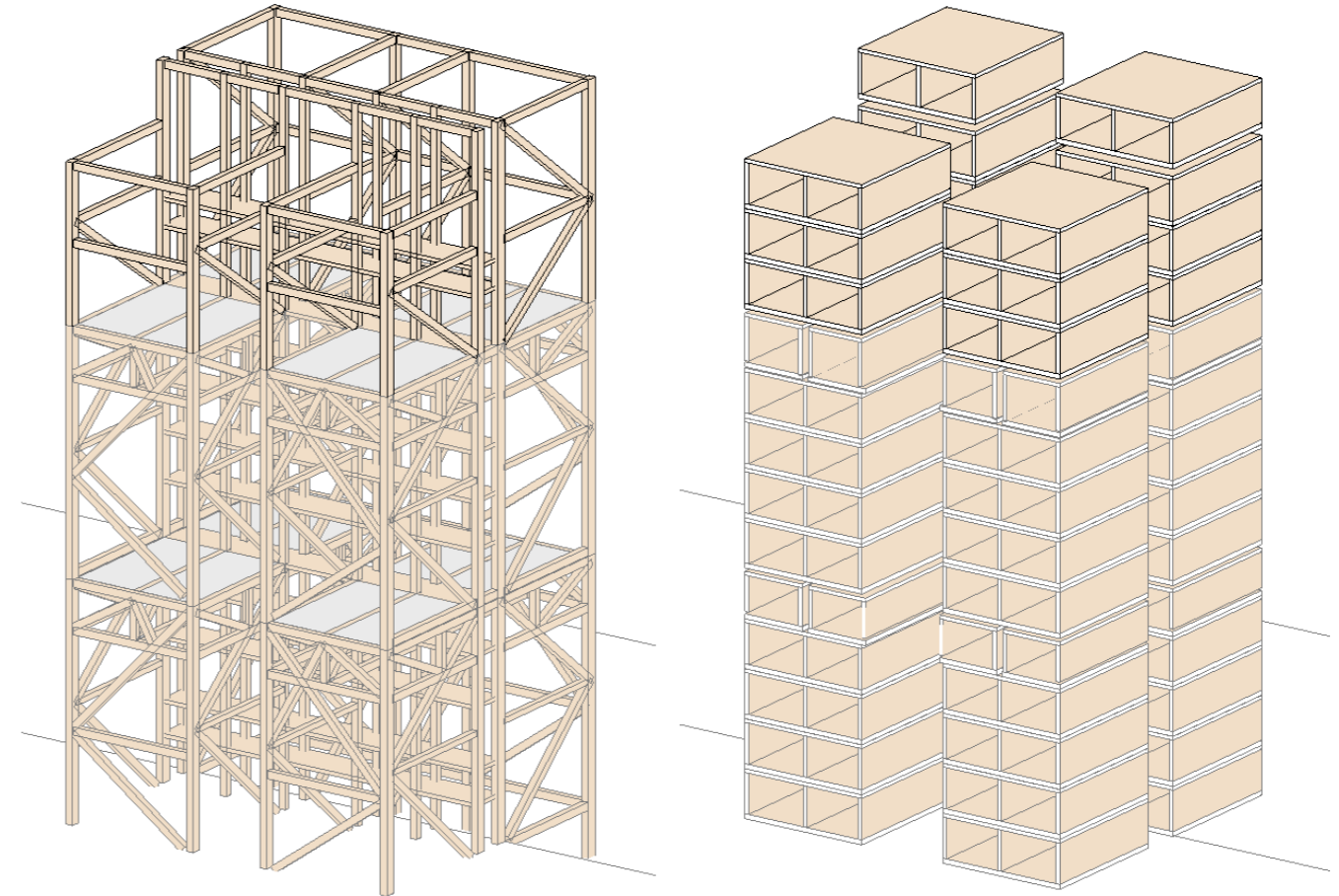
FASE 3



- S'ha diferenciat l'estructura en dues parts fonamentals:

“ARMADURA” de fusta laminada

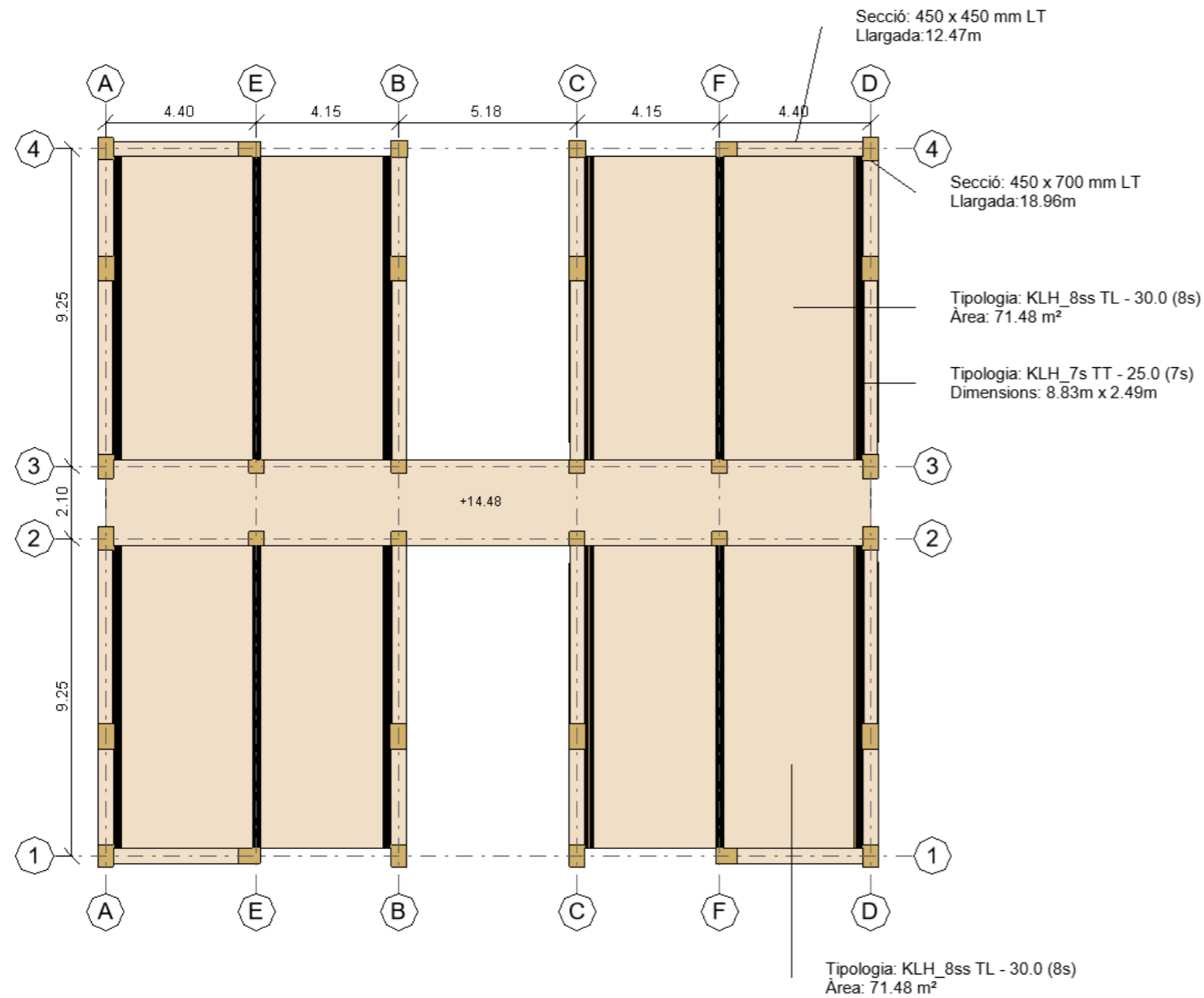
Mòduls de fusta contralaminada (CLT)



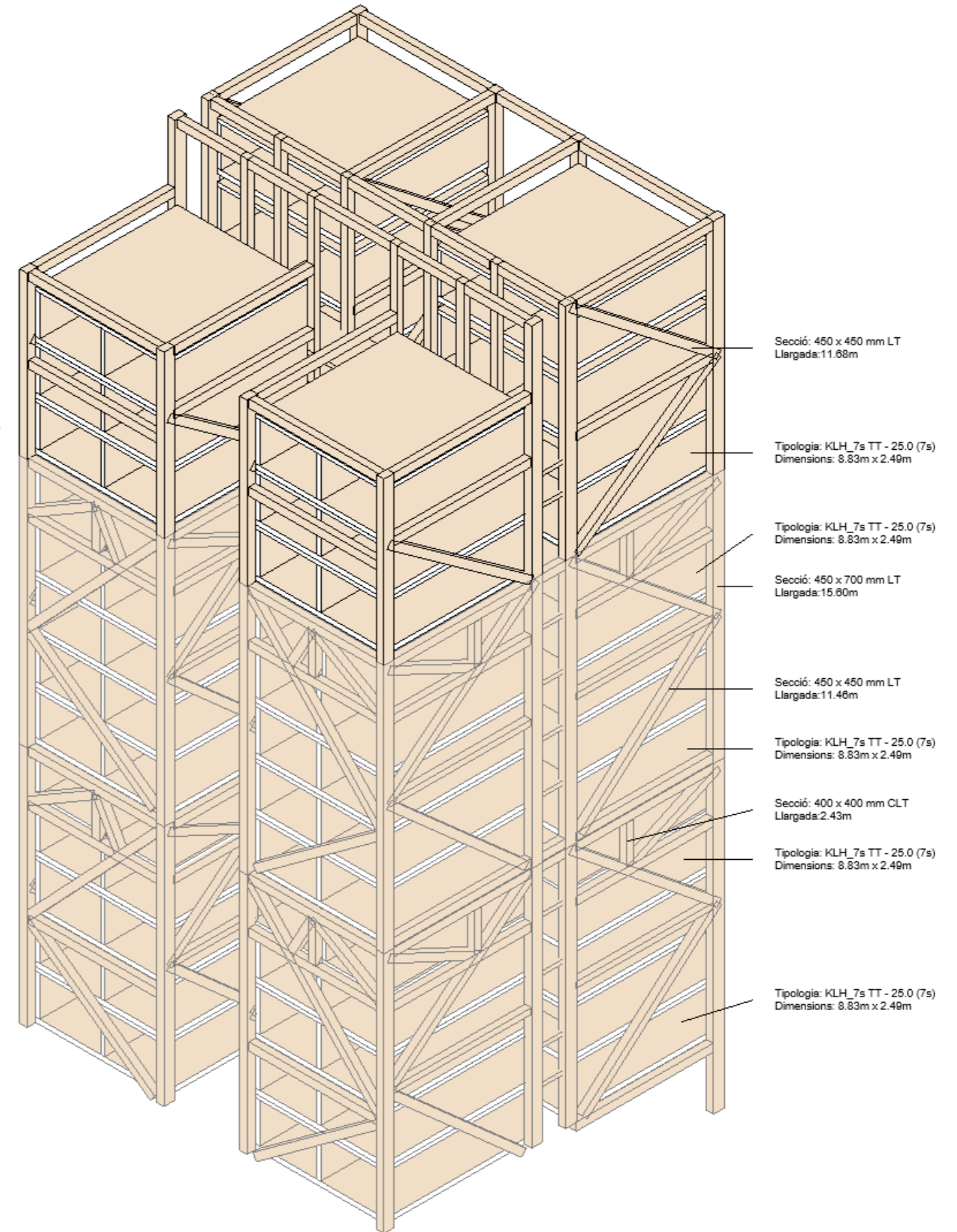
Amb aquesta **doble classificació** podrem **organitzar els elements** en funció del **procés de muntatge**, més destinat als operaris de l'obra (estructurat en fases), o pel **procés de fabricació** (estructurat mitjançant la categorització IFC), destinat als encarregats de fabricar els mòduls de CLT o els elements de fusta laminada, en cada cas.

- Documentació:

A partir d'aquest model geomètric se'n podrà **extreure tot tipus d'informació**. Cada element té assignats tot una sèrie de paràmetres que, a través de les **etiquetes**, podem fer que el programa els llegeixi per tal de mostrar en el plànols els diferents **atributs** de cada objecte;



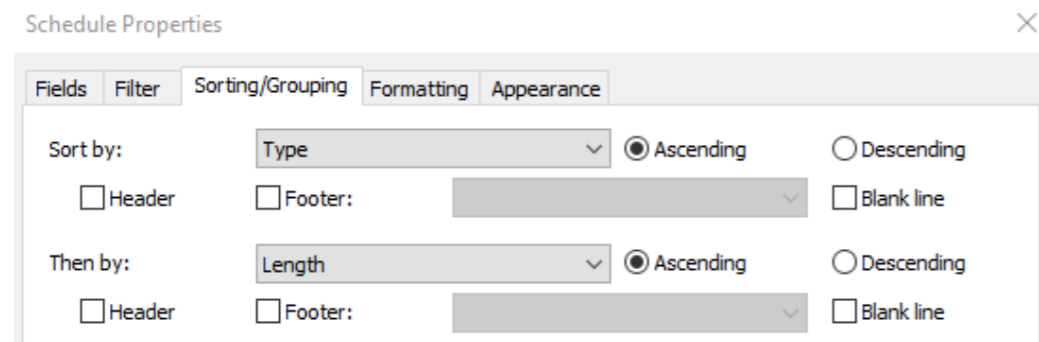
Aquests atributs tenen la particularitat de que, pel fet de ser paramètrics, si l'objecte canvia alguna de les característiques que està llegint, aquesta **s'actualitzarà automàticament**.



- Amidaments:

Un model BIM no és res més que una **base de dades** sobre un seguit d'elements 3D. Aquestes dades, en forma de **paràmetres** es poden crear llistats o **taules de planificació** que llegeixin i ordenin, en funció dels paràmetres que creguis convenient en cada cas, els atributs dels elements del model, mantenint sempre un **vincle entre la dada i l'objecte**, com es pot veure a la foto de l'esquerra. No és només un llistat de números sinó que en cada moment pots **identificar** de quins elements està parlant (en aquest cas surten ressaltats en blau):

Per crear aquesta taula, per exemple, que ens està llegint en un primer lloc la secció del pilar, en un segon lloc la llargada total que té, i en últim quants pilars amb aquesta secció i aquesta llargada hi ha en el projecte. Això s'aconsegueix establint criteris de filtre i d'organització;



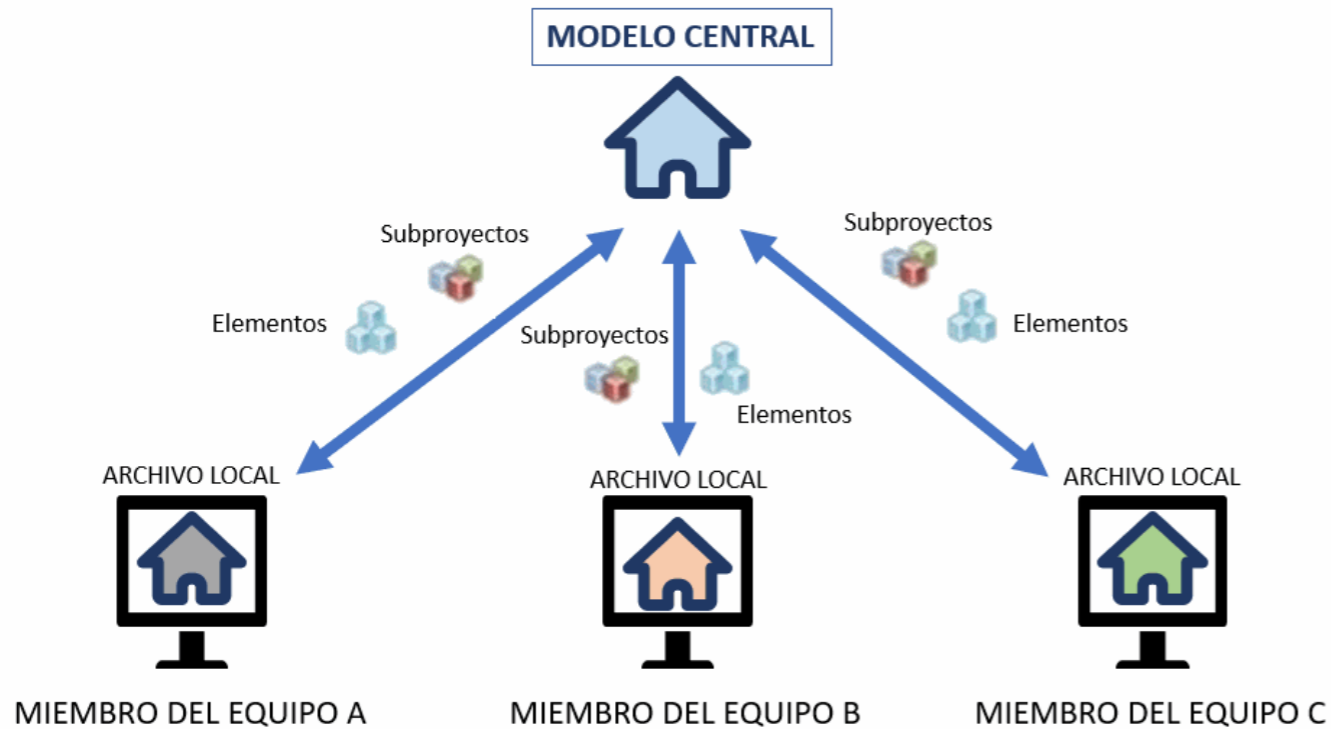
En aquest cas, tindríem els elements agrupats en un primer terme en funció de la seva **tipologia** (secció) i en un segon terme en funció de la seva **llargada**.

Aquest mateix procediment es pot fer amb **qualsevol element** dins del model, sigui de la categoria que sigui, i amb els paràmetres que es creguin convenient en cada cas.

<Taula de pilars>		
A	B	C
Secció	Llargada	Recompte
400 x 400 mm LT	2.43	24
400 x 400 mm LT	13.75	8
400 x 400 mm LT	15.13	8
400 x 400 mm LT	15.60	8
450 x 450 mm LT	3.05	8
450 x 450 mm LT	3.80	8
450 x 450 mm LT	3.82	8
450 x 450 mm LT	5.09	8
450 x 450 mm LT	5.90	14
450 x 450 mm LT	5.92	2
450 x 450 mm LT	9.84	8
450 x 450 mm LT	10.93	4
450 x 450 mm LT	10.94	4
450 x 450 mm LT	11.21	12
450 x 450 mm LT	11.46	4
450 x 450 mm LT	11.68	4
450 x 450 mm LT	11.90	16
450 x 450 mm LT	12.47	8
450 x 650 mm LT	10.09	4
450 x 650 mm LT	13.75	1
450 x 650 mm LT	15.13	4
450 x 650 mm LT	15.60	5
450 x 650 mm LT	18.96	1
450 x 700 mm LT	13.75	5
450 x 700 mm LT	15.13	4
450 x 700 mm LT	15.60	5
450 x 700 mm LT	18.96	1
500 x 500 mm LT	13.75	2
500 x 500 mm LT	15.60	2
500 x 500 mm LT	18.96	2

- Treball col·laboratiu al núvol:

L'arxiu està configurat com un **model central**, el qual a través d'una plataforma d'emmagatzematge de dades al núvol, pot esdevenir la base de treball de diversos equips de disseny i càlcul del projecte, permetent que s'hi puguin treballar a l'hora, en qualsevol moment i des de qualsevol punt del món. Cada persona que treballi sobre el model central s'obrirà una **còpia local**, que contindrà la informació que ell ha anat creant o modificant i que, mitjançant un **procés de sincronització** manual o automàtic, tota aquesta informació s'anirà incorporant al model central i sincronitzant-se en la resta d'equips treballant en el projecte.



- OPEN BIM:

El format IFC és el **format lliure** en el món del BIM, és a dir, el **format d'intercanvi** que tots els programes que fan servir aquesta metodologia són **capaços d'entendre i llegir**. És el **llenguatge universal**. El model podrà ser exportat a aquest format per tal de ser transmès a la resta d'actors que participen en el projecte, garantint que, utilitzin el programari que utilitzin, tothom serà **capaç de llegir i entendre** tota la informació continguda en el model.

Aquest format té una classificació a nivell de **categories** específica. Cada element del model està **classificat** en base a la classificació que ofereix el format IFC, que permet categoritzar qualsevol tipologia del model en funció, per exemple, de si és o no estructural, de si és un pilar, una jàssera, un mur, etc.

## 5. Conclusions

Després de tot el procés d'investigació, tant teòric com pràctic, s'han arribat a les següents conclusions:

- La fusta és un **actiu de present i de futur** en el nostre planeta. El baix cost en producció, la naturalitat de l'element, etc., fan que en la situació climàtica actual solucions mediambientalment sostenibles, de fàcil producció i muntatge, siguin segur un actiu a tenir en compte de cara al futur.
- El BIM suposa **una revolució en la manera d'afrontar el disseny i construcció dels edificis**, basat en l'eficàcia i el control de tots els elements d'un projecte. Es tracte d'un **avenç tecnològic** que fa temps que s'ha produït en altres sectors professionals i que ens posa, com a arquitectes, tecnològicament al nivell de la resta.
- El **BIM durant el procés de disseny** d'un projecte és ja una **realitat** en el nostre país. Els despatxos que han fet el pas en aquest sentit i han apostat de manera clara per aquesta metodologia valoren molt positivament els **avantatges** que t'aporta poder dissenyar a partir d'un model 3D amb una base de dades integrada.
- Es constata que el **procés d'implantació en el nostre país encara està en marxa**, i que aquest mètode no arribarà al seu **màxim esplendor** quan la informació en 2D (plànols) deixin de ser necessaris.
- El **món de la fusta** està construït sobre una base que **ja utilitzava programes 3D** des de la seva creació, si bé més arcaics i que, amb l'entrada del BIM, han rebut un gran impuls.
- Treballar en BIM, sobretot parlant d'estructures prefabricades, permet un **nivell de control, coordinació i detecció de problemes sense precedents**, que permet escurçar dràsticament la durada de la posada en obra.
- Treballar en BIM dins del món de la fusta permet un **intercanvi eficaç i fluid amb els industrials del sector**, que ja fa temps que treballen mitjançant aquest sistema, fins al punt de que molts no necessiten ni l'enviament de plànols.
- Treballar en BIM permet portar al màxim exponent els paràmetres de **reciclabilitat i reutilització dels elements**. Amb un model de dades 3D saps on està cada element, de quina forma està unit a la resta d'elements limítrofs, quines càrregues suporten i de quina forma s'han transportat fins a l'obra, fa que el procés de rehabilitació o desmuntatge sigui tant o més àgil que la posada en obra.
- Pel fet de ser un sector que fa temps que treballa en aquest sistema, el **grau de compatibilitat entre programes de disseny i de càlcul**, si bé encara té marge de millora, és molt més elevat que en altres tipologies.
- Malgrat ser un dels principals avantatges del BIM, el procés d'**extracció d'amidaments i pressupost** encara està en una fase molt embrionària en el nostre país, degut fonamentalment a la **falta de formació** per part dels professionals del sector.

- Falta seguir treballant en el sentit de **permetre una màxima interoperabilitat**, sobretot entre **programes de disseny i programes de càlcul**, tant climàtic com estructural, per tal de que la idea de a partir d'un sol model poder calcular-ne també l'estructura sense necessitat de models intermediaris sigui una realitat. En aquest aspecte, cal seguir desenvolupant el **format IFC** per tal de que sigui el **màxim d'operatiu utilitzis el software que utilitzis**.
- Cal **seguir avançant** en el desenvolupament del BIM, també per part de promotors i administracions, per tal de que tot l'esforç que suposa modelar un model BIM pugui ser després aprofitat en la fase de **Facility Management**. A part d'exigir que s'entreguin els projectes en aquest format cal, també, **apostar per la formació dels professionals** que s'encarregaran de dur a terme la gestió de l'edifici durant la seva vida útil per tal que li puguin treure tot el partit possible al model.
- Cal que des de l'administració i per part dels promotors es tingui en compte que el **procés de disseny** d'un projecte en BIM **sol allargar-se** més que un projecte fet en CAD, però que això suposa, alhora, un temps d'execució més curt. Cal, per tant, que si des de qualsevol promotor s'aposta per aquesta eina **s'adaptin**, també, **els temps de redacció** d'un projecte.

Així doncs, **podem concloure que utilitzar el BIM en la construcció d'estructures industrialitzades de fusta comporta avantatges** tant en la fase de disseny, com en la fase d'obra i fabricació. **Cal seguir treballant i avançant** per tal de que **tots els aspectes** que t'aporta un model construït a partir d'una base de dades **puguin ser aprofitats** per tots els actors que prenen part en la construcció d'un edifici, i això passa per la implicació i formació de **tots els agents** que actuen en el procés de redacció i construcció d'un projecte arquitectònic.

Fent aquest treball **he pogut satisfer el desig de conèixer més a fons i de primera mà el món de la fusta industrialitzada** com a sistema estructural i constructiu, així com **l'aplicació d'aquesta tipologia estructural** dins d'un àmbit que és de molt interès per mi, com és el **BIM**, un dels punts que m'havia quedat pendent en el meu pas per l'Escola i que he pogut investigar i conèixer gràcies a aquest treball, i dos àmbits (fusta i BIM) que segur que tindran molt de pes tant en el present com en el futur de la nostra professió.



## 6. Bibliografía

### 6.1. Bibliografía física

<sup>1</sup>ARRIAGA MARTITEGUI, Francisco. *Guía de la madera : un manual de referencia para el uso de la madera en arquitectura, construcción, el diseño y la decoración / [redactores, Francisco Arriaga Martitegui ... [et al.]]*. Madrid: Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho, 1994. ISBN 8487381073.

<sup>2</sup>EDITORIAL, Equipo. Prefabricación en madera. El sistema H B. *Informes de la construcción*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2017, roč. 9, č. 87, s. 75–78. ISSN 0020-0883. DOI: 10.3989/ic.1957.v09.i087.5795

<sup>3</sup>*Arquitectura nórdica en madera : Noruega, Suecia, Finlandia*. Estocolmo: Nordic Timber Council, Consejo Nórdico de la Madera, 1997. ISBN 9189002067.

<sup>4</sup>ARGÜELLES ÁLVAREZ, Ramón. *Cálculo de estructuras de madera / Ramón Argüelles Alvarez*. Madrid: Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho AITIM, 1969.

### 6.2. Webgrafía

<sup>5</sup>BARBARA PORADA, Archdaily [en línea]: The timber Tower Resarch: Re-imagining the Skyscraper. Disponible a: <https://www.archdaily.com/384032/the-timber-tower-research-project-re-imagining-the-skyscraper>

<sup>6</sup>PATRICK LYNCH, Archdaily [en línea]: SOM's Timber Tower Succesfully Passes Strenght Testing. Disponible a: <https://www.archdaily.com/793585/soms-timber-tower-system-successfully-passes-strength-testing>

<sup>7</sup>EDUARDO SOUZA, Archdaily [en línea]: BIM and Digital Design: A Closer Look at how Mass Timber goes from Factory to Building Site. Disponible a: <https://www.archdaily.com/956966/bim-and-digital-design-a-closer-look-at-how-mass-timber-goes-from-factory-to-building-site>

<sup>8</sup>YASUO MATSUNAKA, Redshift by Autodesk [en línea]: Stunning Wooden Architecture in Japan Exemplifies How BIM Helps Construction. Disponible a: <https://redshift.autodesk.com/how-bim-helps-construction/>

<sup>9</sup>FRANCO PIVA, Linkedin [en línea]: BIM and Timber: a perfect way of collaboration. Disponible a: <https://www.linkedin.com/pulse/bim-timber-perfect-way-collaboration-franco-piva/>

<sup>10</sup>ALLPLAN [en línea]: BIM in Timber Construction. Disponible a: <https://blog.allplan.com/en/bim-in-timber-construction>

<sup>12</sup>SHERYL STAUB-FRENCH, ERIK A POIRIER, FRANCISCO CALDERON, IMEN CHIKHI, PUYAN ZADEH, DIVYARAJASINH CHUDASMA, SHITIAN HUANG, NaturallyWood [en línea]. Building Information Modelling (BIM) and Design of Manufacturing and Assembly (DfMA) for Mass Timber Construction. Disponible a: [https://www.naturallywood.com/wp-content/uploads/2020/08/bim-dfma-for-mass-timber-construction-report\\_bim-topics-research-lab.pdf](https://www.naturallywood.com/wp-content/uploads/2020/08/bim-dfma-for-mass-timber-construction-report_bim-topics-research-lab.pdf)

<sup>13</sup>PAUL FAST, Fast+Epp [en línea]: Case Study: An 18-storey tall mass timber hybrid Student residence at the University of British Columbia. Disponible a: [https://www.forum-holzbau.com/pdf/37\\_IHF\\_2016\\_Fast.pdf](https://www.forum-holzbau.com/pdf/37_IHF_2016_Fast.pdf)

<sup>14</sup>THINKWOOD [en línea]: Brock Commons Tallwood House. Disponible a: <https://www.thinkwood.com/projects/brock-commons-tallwood-house>

<sup>15</sup>WANDA LAU, Architect Magazine [en línea]: The University of British Columbia's Brock Commons Takes the Title of Tallest Wood Tower. Disponible a: [https://www.architectmagazine.com/technology/the-university-of-british-columbias-brock-commons-takes-the-title-of-tallest-wood-tower\\_o](https://www.architectmagazine.com/technology/the-university-of-british-columbias-brock-commons-takes-the-title-of-tallest-wood-tower_o)

<sup>16</sup>ACTON OSTRY ARCHITECTS INC [en línea]: Brock Commons Talwood House. Disponible a: <https://www.actonstry.ca/project/brock-commons-tallwood-house/>

<sup>17</sup>MOUNT FUJI ARCHITECTS STUDIO [en línea]: Rooflag 2020, Tokyo. Disponible a: <http://fuji-studio.jp/>

<sup>18</sup>LACOL cooperativa [en línea]: La Balma habitatge cooperatiu. Disponible a: <http://www.lacol.coop/projectes/la-balma/>

<sup>19</sup>MARINA TRIFKOVIC, Artec [en línea]: Treet – World's tallest timber Building. Disponible a: [https://wood-works.ca/wp-content/uploads/Edmonton\\_wood-fair\\_marina.pdf](https://wood-works.ca/wp-content/uploads/Edmonton_wood-fair_marina.pdf)

<sup>20</sup>RUNE B. ABRAHAMSEN, Sweco [en línea]: The world's tallest timber Building. Disponible a: <http://empl.ee/wp-content/uploads/2016/03/1.5-The-worlds-tallest-timber-building.pdf>

## 7. Annex (Entrevistes)

### 7.1. Jorge Blasco (Estudi m103)

**Jorge Blasco Miguel** és un arquitecte, arquitecte pèrit forense i consultor d'estructures, especialitzat en les estructures de fusta. Graduat com a arquitecte l'any 1992 (ETSAB-UPC), i diplomad en Investigació avançada d'incendis a la Fundació FUEGO (Universidad Rey Juan Carlos, 2011) i en Arquitectura legal i forense (UPF, 2013). Actualment membre d'Estudi m103 SLP, feina que compagina amb la docència a diferents entitats com són l'Escola d'Arquitectura de Barcelona (ETSAB-UPC) o la Salle-URL.

Preguntat per la situació actual del BIM en el món laboral, i especialment en el seu àmbit com a consultor d'estructures, ens comenta que un dels punts dins de la metodologia que necessita millorar molt especialment és la interrelació o interoperabilitat entre els programes de modelat i de càlcul estructural.

Fa la reflexió que en el món de l'estructurisme és on es va començar a utilitzar més el BIM, ja que es modelava una estructura en 3D, cosa que permetia un càlcul molt més acurat.

El BIM permet trobar errors, col·lisions, abans de que l'edifici es construeixi pel fet de veure-ho tot en 3D, cosa que treballant un projecte només en CAD moltes vegades moltes d'aquestes coses se t'escapen i te les acabes trobant en obra i poden arribar a suposar problemes greus. Igualment amb col·lisions estructura-instal·lacions-arquitectura.

També fa èmfasi en la importància de tenir el model ben dividit entre disciplines i categories per tal de que tots els actors i puguin treballar de la forma més àgil i còmode possible.

Un altre dels punts que destaca com a àmbit a millorar és importància de generar un estàndard que permeti a tothom agregar-s'hi i servir com a punt de partida. Actualment s'estan fent passos en la bona direcció, sobretot en l'àmbit més de disseny entre despatxos d'arquitectura, amb la introducció del BEP.

Preguntat per quines condicions creu que ha de tenir un model d'arquitectura per tal de generar una bona coordinació arq-est;

- Que qui faci el model ha de tenir una base d'idea d'estructures
- Que estigui ben organitzat perquè es puguin separar les diferents disciplines de forma fàcil
- En fusta la col·laboració amb l'enginyeria d'estructures ha de ser fluïda des d'un bon principi per poder treballar amb gruixos i disposicions reals des d'un bon principi que serveixi com a punt de partida

Preguntat per la diferència de preu entre una estructura convencional i una de fusta, comenta que en una comparació exacta encara surt més car fusta que altres materials, però;

- T'estalvies parets i envans (en sistema CLT) que són la pròpia estructura
- L'aïllament serà diferent perquè la fusta té millor coeficient que formigó o maó.
- L'estructura tendeix a ser més lleugera, amb lo qual l'edifici en general pesarà menys, cosa que farà que la fonamentació sigui menor i per tant més barata
- En fusta es tendeix a fer un tipus de construcció en sec, la construcció és diferent perquè s'adapta a l'estructura.

Això pel que fa al cost instantani de l'edifici. Però llavors hi ha un cost que es mira poc que és l'anàlisi del cicle de vida sencer de l'edifici.

- Per produir la fusta l'energia primària és la del Sol, és un material present a la natura i que no costa res a l'ésser humà
- La desconstrucció de la fusta és molt més senzilla que la d'altres sistemes, genera molts menys residus i permet una taxa de reutilització molt gran.
- Per poder reutilitzar el formigó per codi tècnic només es pot utilitzar un 20% d'àrids reciclables. L'acer per reciclar-lo necessita tal quantitat d'energia que també acaba repercutint en el medi ambient.
- La fusta no és solament reciclable, sinó que a més és fàcilment reciclable
- La producció de la fusta la fa la pròpia natura, és un procés sense cost extra pel planeta i que requereix només de que tot el que es vagi tallant es vagi replantant, gestionat de forma sostenible per tal que es pugui seguir utilitzant sense que suposi un extra de cost pel planeta.

La fusta és un regulador d'humitat natural, si hi ha molta humitat la fusta l'absorbeix i viceversa, cosa a tenir en compte també a l'hora de calcular-la

Fer-se es pot arribar a fer qualsevol cosa en fusta, dins del sentit comú de cada ús. Per edificis en sota rasant no tindria massa sentit pels requeriments que s'han de complir. En general tot el que requereixi més de 90 minuts de RI no acostuma a sortir a compte

Sempre es pot plantejar qualsevol cosa, tenint en compte que en molts casos l'estructura no podrà estar vista per requeriments sanitaris o contra incendis.

## 7.2. Albert Admetlla (Kmod, Enginyeria en fusta)

**Albert Admetlla Font** és un enginyer tècnic forestal especialitzat en el càlcul i disseny d'estructures de fusta. Graduat en Enginyeria Tècnica Forestal per la Universitat de Lleida (1997) i Màster en disseny i restauració d'estructures arquitectòniques per la UPC (2002). Actualment vicedegà del Col·legi d'Enginyers Tècnics i Forestals de Catalunya i associat de l'Associació de Consultors d'Estructures. Professionalment forma part de Kmod, Enginyeria en Fusta SL com a gerent i cap tècnic.

Comença l'entrevista comentant que la seva és una petita empresa que es dedica al càlcul i disseny d'estructures de fusta, tant per despatxos d'arquitectures com per industrials que els contracten per dissenyar l'estructura que han de col·locar.

Preguntat per l'ús del BIM, comenta que en el seu àmbit s'utilitza en tots els estadis de la vida d'un projecte, des del predisseny fins la construcció o rehabilitació. Moltes vegades comença ja a nivell de bàsic per donar un petit pressupost per donar una idea dels costos generals que pot tenir l'edifici, pel qual ja s'aixeca un petit model BIM molt senzill i purament geomètric, a nivell de predimensionat, fins a arribar al nivell de construir un model BIM ja per fabricar, on s'inclouen tots els elements que defineixen cada element estructural del model (forats, acabats, dimensions, etc).

A nivell d'interoperabilitat entre programes de càlcul i programes de disseny, ens comenta que és un tema clarament a millorar, ja que les compatibilitats són moltes vegades tan complicades que t'obliguen a generar un model nou per poder-lo utilitzar com a base de càlcul.

Parlant específicament del món de la fusta, comenta que no els ha suposat cap problema la incorporació del BIM ja que per ells no era res nou. Fa anys que fan servir programes que ara són BIM des d'abans que els categoritzessin d'aquesta manera. Bàsicament treballen amb **Cadwork**, que és el programa de disseny que està més instaurat en el món de la fusta a Espanya. Comenta que ell el porta utilitzant des del 2004.

Preguntat pels avantatges els hi comporta el fet de treballar sobre un model 3D;

- Capacitat de mecanitzar sobre un model en 3 dimensions, inclús abans de que el BIM es categoritzés com a tal.
- Agilitat i rapidesa a l'hora de generar tots els càlculs i comprovacions, encara que ara per ara l'objectiu final segueixi sent el d'entregar documentació en 2 dimensions (plànols).
- Increment del grau de control de l'estructura (trobades, col·lisions, comprensió estructural).

Parlant del tema de la coordinació entre arquitectura i estructures, matisa que cada vegada més la informació transmesa pels despatxos d'arquitectura a nivell de BIM és

més aprofitable. Si reben un model BIM en format lliure d'intercanvi (IFC) moltes vegades el poden aprofitar tal qual.

A nivell de característiques que ha de complir un model perquè un despatx d'estructures el pugui aprofitar;

- Ha de venir amb un format que pugui llegir el seu programari (en el cas del BIM, el format lliure obert és l'IFC).
- Ha d'estar ben treballat geomètricament (forma, alçades i situació)
- Ha de quedar clar quin és l'eix de càlcul de cada element (a nivell de replanteig).
- Tots els models del projecte han d'estar **georeferenciats** amb el mateix sistema de coordenades.

A partir d'aquesta informació bàsica, el despatx d'estructures hi afegirà la definició de seccions i gruixos, així com traspasar al despatx d'arquitectura la confirmació de si aquell model que geomètricament ells han pensat és viable estructuralment, o necessita d'algun reforç en algun punt, etc.

Un cop passat a un nivell de projecte més avançat (executiu), s'hi incorpora la informació referent a unions, talls, especejament dels panells, etc.

Aquesta informació es retorna al despatx d'arquitectura perquè geomètricament el puguin incorporar a través d'un **vincle** al conjunt del seu projecte, i així anar generant aquest intercanvi constant d'informació. També vàlid en l'àmbit d'instal·lacions. Les 3 disciplines treballen en paral·lel i cada X temps s'ajunten els 3 models per tal de realitzar les comprovacions i coordinació necessàries.

Aquest intercanvi d'informació permet detectar molts problemes abans de l'inici de les obres. Això pot fer que el procés de disseny sigui més llarg que el disseny d'un edifici en 2D, però a la vegada repercuteix favorablement en la durada de la construcció del projecte, que pel fet d'haver identificat molts problemes en la fase prèvia fa que la **posada en obra i construcció** sigui molt més **àgil**.

A nivell de fabricació, també fa èmfasi en el fet que el món de la fusta té molt més incorporat el món del BIM que altres sistemes estructurals. Actualment la majoria d'industrials del sector són capaços de rebre un model 3D per incorporar-lo als seus programes i aprofitar-ne tota la informació, sense necessitat de recórrer a un intercanvi d'informació en 2D. Segurament pel fet de que majoritàriament es tracta d'elements prefabricats molt concrets i geomètricament definits, i que es tracta d'un sector nou i per tant més adaptat a totes aquestes noves metodologies. Inclús en el món de l'acer encara falta molt camí per recórrer en aquest sentit.

El següent pas pel sector seria generar un estàndard de mínims a complir perquè tothom, utilitzi el programa o el mètode que utilitzi, sigui capaç d'aprofitar-ho, llegir-ho i de poder-hi treballar.

### 7.3. Ernest Garriga (LACOL – Arquitectura cooperativa)

Lacol és una cooperativa d'arquitectes que treballa des del 2009 des del barri de Sants de Barcelona. Treballen per generar infraestructures comunitàries per a la sostenibilitat de la vida, com a eina clau per a la transició ecosocial, mitjançant l'arquitectura, el cooperativisme i la participació. El 2018 van rebre el premi ciutat de Barcelona pel seu projecte La Borda, un bloc d'habitatge cooperatiu.

Va ser precisament després de fer La Borda (2014-2015) que es van plantejar introduir-se en el món del BIM, sobretot pel tipus d'arquitectura que ells treballen, molt modular. Això va suposar un gran esforç, sobretot a nivell de formació i preu del programari.

Comenta que en la seva experiència encara és un mètode que necessita molta implantació en alguns dels actors que prenen part durant el procés de disseny i construcció d'un edifici. Per exemple a nivell d'amidaments o a nivell de facility management.

Comenta que en la fase d'avantprojecte, per ara, encara no entren en el BIM, principalment pel fet que no tots els perfils que treballen dins d'aquesta fase dominen l'eina, i deixen el BIM pel Projecte Bàsic, quan el projecte ja està una mica més definit.

En el projecte de La Balma, la seva primera experiència en BIM, els va ajudar molt a nivell de coordinació entre despatxos d'arquitectura i estructures el fet de que ells ja tenien tot l'encaix de l'estructura de CLT fet, cosa que els permetia avançar-se en molts problemes que d'una altra manera trobes més endavant i són de més difícil solució.

Comenta també que el modelat de CLT en BIM és molt senzill i agraït. Al final van optar de modelar peça per peça cosa que els va permetre una definició màxima de l'estructura, una optimització màxima i igualment a nivell de control. Amb això, quan vas a obra el procés és d'allò més àgil i fàcil.

A nivell de coordinació amb l'enginyeria, van treballar directament amb l'enginyeria d'Egoin, amb un intercanvi d'informació a través del format IFC, que permetia tan a l'enginyeria aprofitar tota la geometria que s'enviava des del despatx d'arquitectura com, pel despatx d'arquitectura, aprofitar i vincular el model estructural dins del seu projecte i garantir una bona coordinació entre disciplines.

Comenta com a punt a millorar que el BIM tracta l'arquitectura de forma molt estàndard, cosa que fa que molts elements, per fer-los bé, s'hagin d'acabar a modelar en detall perquè els molts elements estàndard de programes com el REVIT encara són massa estàndards, tot i que és un aspecte que va millorant i molt cada cop més.

Preguntat pels punts a favor que han identificat a l'hora de treballar en BIM:

- El control de canvis. A mesura que s'anaven retocant coses en obra s'anaven incorporant al model, i quan va arribar al moment de fer l'As Built comenta que, com aquell qui diu, només van haver d'apretar un botó i treure pdf's, perquè tots els canvis s'havien sincronitzat automàticament a totes les vistes.
- Destaca favorablement l'eficiència del programa en la fase de bàsic, quan es modela a nivell general. Quan entres a un nivell més alt de concreció s'ha de tenir clar fins on modeles i a quin nivell de detall passes directament al 2D.

A nivell de col·laboració entre disciplines, comenta que en la seva experiència sí que entre despatxos d'arquitectura, estructures i instal·lacions han pogut col·laborar dins de la metodologia, i que on han tingut més problemes és en el tema dels amidaments, que encara costa trobar despatxos d'aparelladors que siguin capaços d'aprofitar un model BIM per treure'n amidaments.

Comenta que un àmbit amb el que podria millorar el món del BIM i la fusta seria la incorporació de sistemes i famílies específics pel sector de la fusta, cosa que creu que faria que més despatxos es decidissin per treballar en aquest sistema i amb estructures de fusta.

#### 7.4. Jordi Comas (Comas-Pont Arquitectes)

Comas-Pont Arquitectes és un despatx d'arquitectura fundat per Jordi Comas i Anna Pont, que treballa des de la ciutat de Vic, a la comarca d'Osona.

Comencem l'entrevista comentant els avantatges del BIM, sobretot a nivell de control i seguretat des del punt de vista que tenir un edifici modelat en 3D et permet identificar molts problemes que en 2D són difícilment visibles.

Preguntat per a partir de quin punt dins del procés de disseny comencen a utilitzar el BIM, comenta que normalment a partir del Projecte Bàsic, quan el projecte ja està definit fins a cert punt, o moltes vegades inclús més tard, per un tema de que per plaços a vegades no és possible. Sí que acostumen a fer un petit model 3D que els serveix a nivell de comprovació de que els elements funcionen.

A nivell d'executiu i posada en obra ja hi entren al 100%, sobretot, comenta, pel fet que la majoria d'industrials treballen d'aquesta manera i treballar tots amb el mateix sistema fa que l'intercanvi d'informació sigui molt més fluid. La majoria d'industrials estan preparats per rebre documentació BIM i per poder-la aprofitar.

A nivell de col·laboració, comenta que el punt on s'han trobat més còmodes és quan el despatx d'arquitectura fa la part d'arquitectura, que transmet a estructures i instal·lacions perquè treballin a partir d'aquest model i, un cop tinguin tots els models muntats i modelats s'uneixen els 3 i a partir d'aquí es va coordinant els diferents aspectes i problemes que puguin sorgir. Comenta també que ara per ara això, depenent dels despatxos amb els que treballis, no sempre és possible, però sí que és el més desitjable. A nivell d'instal·lacions, en la seva experiència, està més implementat, i a nivell d'estructures hi ha més de tot.

En l'apartat d'amidaments, igualment, encara costa trobar enginyers que siguin capaços de treballar a partir del BIM. S'ha de tenir un control molt exhaustiu del projecte perquè sigui aprofitable a nivell d'amidaments. També comenta que en aquest cas creu que, per exemple, en despatxos que treballen sempre d'una manera o sempre dins d'un sector és més fàcil establir un criteri que permeti treure fàcilment amidaments que no amb despatxos on aquesta dedicació és més variable.

Preguntat pel grau d'implicació del món de la fusta amb el BIM, comenta que el món de prefabricat en general genera molts avantatges el treballar amb sistemes BIM, perquè fa que els plànols de muntatge siguin molt més clars. Els elements que venen muntats de fàbrica són molt més receptius en quant a BIM, i molt més aprofitables.

Preguntat per l'augment que ha viscut la fusta en els últims anys, comenta que s'està generant una moda, i que això té un punt perillós. S'ha de vigilar perquè es tracta d'un sistema constrictiu, i s'ha de valorar en cada cas la viabilitat, ja que no en tots els casos surt a compte una estructura de fusta.

Comenta que en el seu despatx han treballat en BIM o sistemes equivalents des del principi. El canvi ha sigut a partir del moment que es demana una entrega en BIM, que fa que treballis el model de forma més acurada.

L'intercanvi d'informació amb els despatxos de fusta el fan a través del format IFC. Comenta que en la seva experiència la compatibilitat d'intercanvi a través de l'IFC els ha funcionat i no han tingut problemes en aquest aspecte.

Un punt a favor de l'estructura de fusta és el temps d'execució. El temps de projecte segurament és més llarg, però a la vegada el temps d'execució es redueix considerablement, que és un tema que s'hauria d'entendre per part de l'administració, que hauria d'adaptar les exigències de temps.

El BIM ben treballat serveix per veure errors que es poden solucionar abans de l'execució, això fa que el procés de disseny sigui més llarg però que l'obra es redueixi considerablement.

Comenta que en la seva experiència, amb una estructura de fusta el cost acostuma a suposar al voltant d'un 10% més car considerant només preu econòmic, però sí que és cert que a tot això s'hi ha de sumar un baix cost en l'energia consumida per generar els sistemes, el poc impacte mediambiental que té, els residus que ens estalviem, etc. Si ho sumes tot en concepte de viabilitat surt molt a compte, però molts promotors i administracions per molt discurs a favor de la sostenibilitat que hi hagi encara es queden només amb els números.

Comentem també que, malgrat ara per ara tots els elements poden tenir un grau de reciclabilitat o reutilització, en el formigó està limitat a un 20% de components reciclables, cosa que fa que sigui molt limitat, i en l'acer, per tal de poder-lo reciclar s'ha de gastar un nivell d'energia que fa que sigui poc sostenible. En canvi, pel procés de fabricat i muntatge, muntar i desmuntar, i reutilitzar, una estructura de fusta és molt més fàcil i sostenible.

Comenta també que sempre que poden, i en fusta també, intenten deixar l'estructura vista, cosa que passa en general per sobredimensionar els elements per garantir una bona resistència al foc. Sí que, per exemple, a l'hora de fer un equipament sanitari, hi haurà molts espais que, per les pròpies exigències de l'espai, hauran d'anar revestits. Però, en general, tot el que poden ho deixen vist, sigui estructura o un altre material.

A nivell acústic sempre s'hauran d'afegir elements que absorbeixin vibracions i trenquin els ponts acústics entre espais. A nivell d'aïllament, comenta que més que estalviar-te gruix, normalment es va a un gruix similar a altres sistemes, però sí que és cert que el nivell de confort climàtic en un edifici de fusta és molt més alt. Amb el mateix gruix o gruix inferior assoleixes millor nivell i millor etiqueta que amb el mateix gruix amb altres sistemes més convencionals (formigó, ceràmica, etc).

## 7.5. Jan Vidal (Celobert Arquitectes)

Celobert és una cooperativa d'arquitectes, urbanistes i enginyers amb més de 15 anys d'experiència que tenen l'objectiu comú de voler posar els seus coneixements al servei d'una societat millor i més sostenible. Es caracteritzen per tenir una organització d'acord als principis cooperatius d'ajuda mútua, responsabilitat ecosocial, democràcia interna, equitat i solidaritat. En les seves construccions utilitzen, bàsicament, la fusta com a element constructiu i estructural.

Ens comenta que ja fa uns anys que, donat al tipus de construcció que feien, van decidir fer el pas cap al BIM, en el seu cas a través de l'ArchiCAD. Valora molt positivament tot el que fer aquest pas els ha aportat, i comenta que des de llavors "no han tornat a obrir pràcticament l'AutoCAD".

Explica també que, per tant, utilitzen aquesta eina des de bon principi i fins a la fi de l'obra. Des de l'inici, les primeres proves a nivell de volumetria ja són en BIM, i fins al final. Sí que creu que encara no han arribat a la capacitat ideal de treure-li el suc al 100% a l'eina. A nivell de control d'obra i de treball, per exemple, amb el constructor a través directament del model i no de plànols impresos, encara no s'hi ha arribat, però la seva voluntat és anar avançant cap aquí. A mesura que en obra es van produint modificacions en obra les van incorporant al model per acabar traient-ne un model As Built.

Respecte dibuixar en 2D, comenta que l'aportació del BIM és molt diferencial. Ara mateix considera que "seria una bestiesa tornar al 2D". Comenta que amb el BIM dibuixes elements reals. En CAD per dibuixar un mur dibuixes 2 línies abstractes, mentre que en el BIM quan vols dibuixar un mur dibuixes un mur, amb les propietats d'un mur, si vols dibuixar una escala dibuixes una escala, etc. Si durant el procés de disseny aquell mur ha de canviar de dimensió, selecciones aquell mur i li canvies la dimensió o la composició, i se t'amplia a totes les vistes i a tot arreu de forma coordinada.

Comenta que encara no estan explotant del tot l'eina, sobretot a nivell d'amidaments i monitorització energètica, posar a prova a nivell energètic el model. Matisa que, pel que fa als amidaments, treuen molta informació a través de les taules que et crea el BIM, però ho traslladen manualment al programa de càlcul.

També comenta que a nivell de tempos, treballar en BIM fa que tinguis més control sobre el projecte, és a dir que pots identificar i solucionar molts problemes abans d'anar a obra, cosa que acostuma a fer que el procés de disseny s'allargui, però que alhora fa que en obra tinguis moltes menys sorpreses i, en general, s'escurcin els temps d'execució. La fusta ja de per sí té uns temps d'execució molt concrets, si a més hi sumes que hi ha un model on cada element, des d'un panell a un ancoratge està definit i col·locat, només has d'anar a obra i col·locar-los, i "amb dues setmanes tens la casa feta", a nivell d'estructura. També fa que no hi hagi discussions en obra de si un element ha d'anar 5cm més amunt o més avall. La precisió és de l'ordre de mil·límetres.

També fa èmfasi que has de saber fins on s'ha d'utilitzar l'eina a nivell de modelat 3D, perquè al final pots arribar a modelar fins l'últim cargol però el que t'acaba repercutint això a nivell de temps i dedicació fa que no surti a compte, i que potser amb un detall 2D dins del mateix programa ja ho solucionen. S'ha de tenir clar en fins a quin nivell de detall s'acaba modelant i a partir de quin punt es comença a treballar mitjançant dibuixos i detalls concrets en 2D, perquè sinó això pot arribar a ser contraproductiu.

A nivell de coordinació amb estructures, comenta que sí que es treballa a partir d'un intercanvi d'informació BIM. També comenta que ara per ara, cadascú treballa amb el seu software, i el procés que acostumen a fer és un intercanvi d'informació a través del format lliure IFC, i que quan reben un model actualitzat per part de la consultoria d'estructures l'incorporen al seu model de forma superposada per comprovar gràficament que tot sigui correcte, però que encara no han arribat en el punt de treballar sobre el model d'estructures mateix.

A nivell d'instal·lacions comenta que majoritàriament treballen a través de plànols 2D. Sí que si hi ha algun punt complicat poden arribar a modelar-lo per veure com és realment, però que generalment l'intercanvi d'informació és a través de dibuixos 2D.

Comenta que dins la seva experiència, el sector de la fusta és el que més avançat està en quant a l'ús del BIM, sobretot per l'alt component de prefabricació i computació que té ara mateix el sector. Valora que amb els industrials de la fusta són amb els que abans arribaran a poder treballar amb un procés BIM "100% net".

Creu que una estructura de fusta aporta;

- Rapidesa en l'execució
- Lleugeresa a nivell de fonamentació
- Aïllament tèrmic
- És un sistema més ecològic, també a nivell de CO<sub>2</sub> emmagatzemat en el material que compensa el cost de producció.
- A nivell de desmuntatge i reutilització molt més fàcil

Tenen la impressió que el sector de la fusta està en augment en els últims temps, i ho vincula als punts esmentats anteriorment i, sobretot, al tema mediambiental en el que cada vegada la gent està més conscienciada.

Comenta que mai han tingut massa problema a nivell de foc si han volgut deixar algun element estructural de fusta vist. Es treballa a través de la sobredimensió. Comenta que més que pel foc, moltes vegades la dificultat acostuma a ser a nivell acústic, cosa que sí que fa que en alguns punts algun element hagi de tapar.

## 7.6. Xavi Ruscalleda (RGA Arquitectes)

RGA Arquitectes es tracta d'un estudi d'arquitectura amb més de 35 anys d'exercici professional. Actualment es troba en mans de la seva segona generació d'arquitectes, després de que es produís un primer relleu generacional per part dels fundadors de l'estudi. L'estudi persegueix el reciclatge, l'austeritat material i energètica com a ideals per tal de protegir el nostre entorn natural, i té l'objectiu de construir espais autosuficients energèticament amb respostes raonables a l'hora de projectar solucions arquitectòniques.

Comenta que a nivell de BIM encara no el tenen incorporat al 100% dins del despatx. Sí que l'han utilitzat en alguns projectes degut a exigències per part del promotor, però que per ara no se li ha donat continuïtat, per falta, comenta, de temps a nivell de formació de l'equip. Comenta que en la seva experiència, va ser molt bona a nivell de la fase de disseny del projecte, però que un cop entrats en el procés d'obra va tenir la sensació de que moltes dades i paràmetres que havien fet l'esforç d'incorporar a nivell de disseny no havien tingut massa repercussió o "no havien servit per res".

Valora molt positivament el fet de poder veure en 3D molts detalls tant d'arquitectura com d'estructura, que en el cas de la fusta és important perquè en fusta moltes vegades l'acabat acaba sent la pròpia estructura. També en la part d'instal·lacions per poder veure i identificar interferències i col·lisions. Comenta que "la seva decepció personal" és quan passes a l'obra que, al final, tot acaba servint per generar plànols 2D i el model acaba quedant "congelat".

També comenta que en aquests projectes van arribar a treure amidaments del model, però que creu que encara no s'ha acabat de trobar el punt perquè aquest aspecte acabi sent 100% operatiu, i que molts cops pot arribar a ser inclús una mica confús.

Comenta que en els projectes que han fet en BIM han començat a partir del projecte executiu, sobretot pel fet de que encara no tenen la metodologia implantada i interioritzada els és més fàcil i per ara són més àgils dissenyant en 2D.

Valoren positivament l'experiència sobretot pel que fa a l'intercanvi d'informació i coordinació entre ells i els encarregats de l'estructura i les instal·lacions, sobretot pel fet de que en tractar-se d'edificis de fusta els estructuristes treballen des de fa temps amb aquesta metodologia, i que ells també ho fessin feia que l'intercanvi d'informació fos molt més eficient i que no es perdés res pel camí. A nivell d'instal·lacions, igualment, pel fet de que eren projectes amb moltes de les instal·lacions vistes era molt necessari poder veure tot el recorregut com realment serà. Fa que l'instal·lador, pel fet de tenir-ho tot muntat en 3D, ho tingui tot més clar i que l'execució sigui d'allò més senzilla.

En la seva experiència, el món de la fusta va, "sens dubte", un pas per davant de la resta pel que fa al tema BIM. Tots els industrials treballen a través de models 3D, sobretot pel fet de que treballen a través d'elements prefabricats i amb una precisió mil·limètrica.

Creu que una estructura de fusta aporta a un edifici;

- Sostenibilitat
- A nivell de sistema constructiu, porta implícit tota una sèrie de materials, construcció en sec, a base de làmines, aïllament naturals... És una construcció molt més moderna, estricta i fiable.
- A nivell professional, valora positivament el nivell de professionalitat i formació del personal encarregat de construir una obra de fusta.
- A nivell de soroll, les obres són molt més silencioses, pel fet de ser elements prefabricats.

En la seva experiència, en els últims temps han notat un augment en la demanda, i també a la pèrdua de prejudicis pel que fa a la fusta. Comenta que fa temps en els concursos eren com aquell qui diu eren els únics que apostaven per aquest sistema i això feia que fos un fet diferencial, mentre que ara veuen com això ha donat la volta i que ara, en un concurs, la majoria de propostes són amb estructura de fusta, cosa que per altra banda és bona senyal i se n'alegren.

A nivell de clients particulars, la fusta és molt més visible, ha guanyat pes informativament parlant, i la gent en general ha perdut la por, i cada cop hi ha més gent que quan els venen a buscar per fer-se una casa ja venen amb la idea de la fusta com a sistema estructural.

En la seva experiència, una casa de fusta no és més barata que una amb estructura convencional. En canvi, el cost de manteniment sol ser molt inferior. En destaca el comportament tèrmic, que amb molt poc pots aconseguir uns valors de confort quasi inimaginables en una construcció convencional, cosa que acaba repercutint en la butxaca del dia a dia del client i fa que sigui molt més amortitzable.

### 7.7. Rodrigo Tomé (EGOIN)

Egoín Wood Group és una empresa d'origen familiar que des de fa 30 anys es dedica a dissenyar solucions estructurals de fusta per al sector de la construcció. Ofereixen una àmplia varietat de productes de fusta natural i processada amb matèria primera de km0, extreta dels boscos de la zona on treballen.

Explica que des d'Egoín treballen a través de programari de modelat 3D des de sempre, especialment en CadWork. Pel fet de ser una empresa que es dedica a la fabricació d'elements estructurals de fusta prefabricats, necessiten un grau de precisió i detall que no podrien aconseguir de cap altra forma.

També explica que utilitzen aquesta metodologia des de l'inici del projecte. Començant per un petit encaix geomètric al que, després d'anar rebent feedback per part del client en qüestió es va desenvolupant i concretant a nivell d'entrada de dades fins a constituir el model base que els serveix per fabricar els elements que constitueixen l'estructura del projecte. També creu que, malgrat tot, l'ús del BIM en el nostre país encara és molt embrionari comparat amb l'ús que se'n fa a l'estranger, i que té molt marge de millora que suposa que anirà millorant a mesura que aquesta eina vagi guanyant pes i tots els actors implicats vagin adquirint-ne l'experiència necessària.

Valora molt positivament els avantatges que els comporta poder treballar amb un model 3D que consta de tot una sèrie de dades que després els serveixen per fabricar i col·locar amb extremada precisió els elements en obra. Al tractar-se d'elements prefabricats, no hi ha eina millor actualment que el BIM per fabricar-los, gràcies a la precisió mil·limètrica que et permet i a la coordinació, sobretot, amb l'enginyeria d'instal·lacions per poder acotar al màxim forats i passos d'instal·lacions. També pel que fa a poder utilitzar aquest model per fer-ne els càlculs estructurals com a tot un conjunt, i no per parts com es feia quan s'havia de fer amb mètodes 2D, cosa que permet ajustar al màxim els gruixos i que, per tant, suposa també un estalvi pel client.

Preguntat per la seva experiència a l'hora de treure amidaments, ens comenta que també ja fa temps que utilitzen el mateix model per extreure'n les dades corresponents a amidaments i pressupost. Al final tenen tots els elements geomètricament definits i precisats al màxim, cosa que acaba repercutint, també, en uns amidaments i pressupost que poques vegades suposen sorpreses.

Valorant l'estat del BIM dins del món de la fusta, creu que l'aplicació d'aquesta metodologia té encara molt marge de millora. Comenta que ha pogut col·laborar amb altres sectors diferents a la fusta on creu que aquest mètode està més integrat. Li comenta que, paradoxalment, conversant amb arquitectes i enginyers que es dediquen tant a la fusta com a estructures més convencionals la resposta és justament el contrari, i igualment ho és en la seva experiència. Difícilment trobaràs industrials en altres sectors amb un nivell d'ús del BIM que, si ve encara té marge de millora, que sigui capaç de rebre un model BIM, aprofitar-lo per muntar les peces de fabricació i treure'n

amidaments i pressupost. Davant d'això comenta que potser és una sensació seva, però que en tot cas creu que encara no se li treu tot el suc que se li podria treure a la metodologia, i conclou que al final és qüestió de temps.

Preguntat per la comparació a nivell de cost d'una estructura més convencional a una estructura de fusta prefabricada, ens comenta que centrant-nos només en el pressupost d'obra acostuma a ser una mica més cara, tot i que això també porta implícit tot una sèrie de contrapartides que fan que aquest increment a la inversió sigui fàcilment amortitzable després d'uns quants anys d'ús de l'edifici. Principalment, el confort tèrmic que suposa una construcció amb fusta serà difícilment igualable a, per exemple, una estructura ceràmica amb aïllament. La fusta té molt bones capacitats aïllants, cosa que fa que amb una capa d'aïllament igual o inclús inferior a una estructura convencional s'aconsegueixi un nivell de confort molt més alt. Comenta que una estructura de CLT amb un gruix d'aïllament normal, amb una estufa de pellets en tens prou per escalfar tota la casa amb un moment. També comenta el confort visual i la sostenibilitat del sistema, que són també punts molt importants i que massa sovint no es tenen en compte.

Ens comenta que des de fa uns quants anys que han notat un fort increment en la demanda d'edificis de fusta en el nostre país. Comenta que ells van començar fa 30 anys amb una planta de producció, que al cap d'un temps van haver d'obrir-ne una altra per l'alta demanda, i que ara estan acabant una tercera que es convertirà en una de les plantes de producció més grans d'Europa. Així que sí, hi ha hagut un increment en la demanda i ho atribueix a la pèrdua de prejudicis de cara a la fusta per part de la gent i a una conscienciació cada cop més gran pel que fa al tema mediambiental per part de la població.