
Alumna: Laia Mateu Puigvert

Tutor: Valentí Puiggrós

Els terratrèmols i la minimització dels seus efectes destructius en els edificis

Presentació

Soc la Laia Mateu Puigvert de l'escola Vedruna Vall de Terrassa. Des de petita he tingut interès per saber com les poblacions en diferents parts del planeta encaren els desastres naturals, sobretot les que tenen pocs recursos per minimitzar-ne les conseqüències. Segurament, aquest interès existeix gràcies al fet que he pogut viatjar amb la meva família a països centreamericans o asiàtics, i he anat descobrint diferents tipus de construccions que sovint em sorprenien pels materials que utilitzaven. Observar on i com viu la gent és una bona manera de conèixer altres cultures i maneres d'entendre el món. Tot aquest conjunt d'experiències m'ha servit per adonar-me que no tothom té l'avantatge de viure amb molts recursos, o en zones amb escassa afectació dels grans desastres naturals, com són huracans, tsunamis, terratrèmols o ciclons tropicals. Per aquesta raó vaig decidir que volia saber-ne més coses i, sobretot, com es podia actuar per evitar els efectes destructius a les poblacions. Dels molts desastres naturals em vaig decantar pels terratrèmols, perquè sovint han estat un dels fenòmens dels quals se n'ha parlat més al llarg de la història i dels quals en sabia menys. Així, doncs, amb aquest treball volia saber si és possible minimitzar els danys que provoquen els terratrèmols fent petits canvis en els materials o en la forma de construcció.



Metodologia

Reconec que al principi el meu tema era molt ampli, ja que volia conèixer un munt de coses i respondre a una gran quantitat d'incògnites, i això m'impedia concretar la meva hipòtesi. A més, molt aviat vaig adonar-me que els meus coneixements del tema eren molt bàsics perquè els temes relacionats amb la geologia s'expliquen a l'itinerari científic de l'ESO, i no en el tecnològic, i per tant si primer no descobria com es formen els terratrèmols no els podia relacionar amb l'arquitectura. Per això vaig decidir començar a buscar informació bàsica sobre geologia, per després buscar informació més concreta d'arquitectura. Vaig pensar que qui més podria saber-ne i ajudar-me a concretar eren especialistes de països que sovint viuen en primera persona els efectes dels terratrèmols, i per això vaig posar-me en contacte amb diverses universitats d'arquitectura de Mèxic i de Xile, a part de consultar les d'aquí. Vaig enviar molts correus electrònics a diferents departaments presentant-me i demanant ajuda i, malgrat que em pensava que no n'obtindria cap resposta, em vaig animar molt quan vaig rebre idees que m'encoratjaven a seguir i m'orientaven per saber com començar. També vaig rebre articles i vídeos. A part del meu tutor de treball de recerca, un dels professors que em van ajudar més va ser el Sr. Jordi Pagès, un arquitecte especialista en aquest tema, i també el doctor Álvaro Peña, un enginyer de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, a Xile. Gràcies a la seva ajuda vaig aconseguir definir la meva hipòtesi de treball: comprovar si a l'hora de construir un edifici sismoresistent és més important la geometria i la forma o els materials i les unions.

Aquest treball consta de dues parts, una de més teòrica, per a la qual he buscat informació en llibres especialitzats, articles, webs i suports audiovisuals, que m'ha servit per fer un resum i extreure els conceptes clau sobre els terratrèmols i els coneixements bàsics necessaris sobre enginyeria i arquitectura per desenvolupar la part pràctica i poder respondre la hipòtesi. També hi ha una part pràctica on he construït un simulador de terratrèmols i prototips, per tal de posar de manifest d'una forma visual i experimental què és més important a l'hora de construir un edifici sismoresistent.

Pel que fa a la consulta de fonts específiques, he tingut alguna dificultat perquè en viure en una zona on no estem sotmesos a grans sismes a les biblioteques de les universitats properes no hi ha gaire material especialitzat en construcció sismoresistent. Malgrat això, i gràcies a l'orientació dels professionals i a les fonts consultades digitalment, he aconseguit poder resoldre aquest contratemps. Però el que principalment m'ha generat més problemes ha estat el simulador de terratrèmols, ja que des del principi tot van ser contrariatats. Primer no funcionava el programa informàtic i després el motor associat no tenia prou potència. L'alternativa manual no permetia mesurar els valors de forma objectiva i després, quan ho vaig arreglar,

no acabava de tenir la potència necessària. La meua manera de resoldre el problema va ser reconstruir el mecanisme de nou però d'una manera diferent cada cop que fallava el simulador.

A diferència del que em va passar amb el simulador, en construir els prototips i comprovar la seva resposta amb el simulador no vaig tenir tants problemes i generalment tots els models van respondre tal com jo esperava, excepte algun que em va sorprendre.

Cos del treball

En aquest treball es pretén demostrar si per minimitzar els efectes catastròfics creats pels terratrèmols en els edificis és millor invertir en el disseny de les estructures o en els materials. Per aquesta raó primer s'exposarà què són els terratrèmols, com s'originen en relació amb les plaques tectòniques de la Terra així com quines són les zones sísmiques on es produeixen amb més freqüència i els principals efectes destructius que causen.

Una vegada introduït el tema dels terratrèmols, la segona part se centra principalment en l'arquitectura sismoresistent. En aquests apartats s'expliquen diferents tècniques utilitzades per a la construcció d'edificis que puguin sobreviure a aquest tipus de moviments, tenint en compte la importància dels tipus d'unions utilitzades així com dels materials emprats.

Per respondre a aquesta pregunta he utilitzat com a banc de proves, on he assajat i he verificat la meua hipòtesi, una taula vibratòria amb un potent motor Vex. He sotmès a aquest simulador de terratrèmols senzill diferents models amb diferents formes i mides, afegint-hi pesos per obtenir una millor simulació de la realitat, per poder comprovar la seva resposta a la variació d'intensitats de vibració i així poder comparar-los i treure'n conclusions.

En total he realitzat un conjunt de vint-i-vuit models, els quals es divideixen en tres grups depenent del material de construcció que he utilitzat. El primer grup, en el qual el material de construcció de les maquetes era la fusta, se subdivideix en dos grups depenent de si tenen la mateixa base i la secció diferent o si, en canvi, tenen la mateixa secció però la base diferent.

El segon grup el formen els models de metall, que han estat construïts amb metall però seguint la mateixa tècnica que els de fusta; i l'últim grup són els models de maons, que tenen un mètode de construcció diferent.

Per realitzar la comparació de totes les maquetes vaig comparar les de fusta amb les de metall, que tenen un mètode de construcció similar, mentre que les maquetes de maons les vaig comparar entre elles, perquè el mètode de construcció és completament diferent del de les de fusta i de metall.

Conclusions

Al llarg del treball he après i he pogut comprovar que l'arquitectura sismoresistent, que no és el mateix que l'arquitectura antisísmica, es divideix principalment en dues parts: la primera part tracta la geometria i la forma, mentre que la segona se centra en els materials i les seves unions. A l'hora de construir un edifici que resisteixi el pas d'un terratrèmol i la vibració del terra que aquest comporta, s'han de tenir molt en compte aquestes dues parts. Després d'haver fet aquest treball puc demostrar quina d'aquestes parts és més important, encara que això no vol dir que l'altra no s'hagi de tenir en compte.

Per comprovar-ho, en total he fet tres grups de maquetes amb tres materials diferents, i per a cada tipus de material he fet maquetes amb geometries diferents, és a dir, amb formes diferents. Després d'haver-les sotmès totes a la vibració del simulador crec poder afirmar que la geometria i la forma són més importants que els materials a l'hora de construir un edifici sismoresistent.

Una de les accions fonamentals que m'ha permès arribar a aquesta conclusió ha estat la comparació entre les maquetes de metall i les de fusta. Com hem pogut observar aquests dos tipus de maquetes han tingut la mateixa reacció i això vol dir que, encara que el material fos completament diferent (la fusta és molt més elàstica que el metall), la geometria i la forma tenen el paper més crucial a l'hora de fer que un edifici resisteixi el moviment del terra generat per un terratrèmol.

Amb les maquetes de fusta he pogut comprovar que no totes les formes són bones per resistir un terratrèmol, n'hi ha algunes que per la seva alçada ja esdevenen perilloses per si mateixes en ser poc resistents, com és el cas de les de base quadrada de més de dos pisos, que han estat les primeres que han caigut i, a més a més, quan ho han fet el pitjor ha estat que l'estructura dels pisos superiors ha quedat molt més malmesa que en d'altres, que encara que també han col·lapsat han mantingut l'estructura dels pisos superiors intacta.

Una altra forma que s'hauria d'evitar en la construcció dels edificis és la que presenta una secció en forma de «T», ja que com he pogut comprovar amb les maquetes fins i tot quan el model era només de dos pisos aquesta construcció no ha resistit i es troba entre les que han acabat més destruïdes. Les maquetes en forma de prisma de base quadrada molt altes han confirmat la perillositat de fer edificis amb aquest tipus de construcció, perquè quan es veuen sotmesos a terratrèmols del tipus mitjà-alt o alt encara tenen menys resistència que les de secció en forma de «T».

És a dir, per minimitzar els efectes destructius, en la construcció d'habitatges s'han d'evitar els edificis que tinguin una secció en forma de «T» o els de base quadrada si són massa alts.

En el cas de les maquetes de maons l'estructura que ha aguantat més i amb diferència ha estat la piràmide, ja que tant quan hi havia pes a sobre com quan no n'hi ha-

via o quan estava unida amb fang o quan no ho estava, en general ha resistit molt més que no pas la maqueta que tenia forma de cub.

En conclusió, a l'hora de construir un edifici sismoresistent en el primer que s'hauria d'invertir és en un bon disseny que prioritzés la geometria i la forma. Un cop ja tinguem aquest punt analitzat i preparat, llavors ens podem fixar en els materials i les seves unions, ja que no tots els materials són aptes per ser utilitzats.

Bibliografia i webgrafia

LLIBRES: — «Terratrèmol». *Gran Enciclopèdia Catalana*. Barcelona: Ed. Enciclopèdia Catalana, 1997, p. 293-294. — «Sisme». *Gran Enciclopèdia Catalana*. Barcelona: Ed. Enciclopèdia Catalana, 1997, p. 235. — Ambrose, J.; Vergun, D. *Diseño simplificado de edificios para cargas de viento y sismo*. Mèxic: Ed. Limusa, 1999. — Dowrick, J. *Diseño de estructuras resistentes a sismos para ingenieros y arquitectos*. Mèxic: Ed. Limusa, 1984. — Guevara, T. *Arquitectura moderna en zonas sísmicas*. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, 2009. — Ugalde, A. (coord.). *Terremotos. Cuando la tierra tiembla*. Madrid: Ed. CSIC i Ed. Catarata, 2009. WEBS: — Termcat. *Escala d'intensitat sísmica* [article en línia]. Institució, Barcelona, 2019 [Consulta: 25 abril 2019] <<http://www.termcat.cat/ca/cercaterm/fitxa/MzExNTUyNw%3D%3D>> — Diversos autors. Institut d'Estudis Andorrans. *Les ones sísmiques* [article en línia] Institut, Principat d'Andorra [Consulta: 5 juny 2019] <<https://www.iea.ad/que-es-un-terratremol/les-ones-sismiques>> — Institut d'Estudis Catalans. *Diccionari* [article en línia]. Barcelona. [Consulta: 18 juny 2019] <<https://dlc.iec.cat/results.asp?txtEntrada=el%E0stic&operEntrada=0>> — Institut d'Estudis Catalans. *Diccionari* [article en línia]. Barcelona. [Consulta: 18 juny 2019] <<https://dlc.iec.cat/results.asp?txtEntrada=plasticitat&operEntrada=0>> — Wikipedia. *Mòdul d'elasticitat* [article en línia]. [Consulta: 19 juny 2019] <https://ca.wikipedia.org/wiki/M%C3%B2dul_d%27elasticitat> — Enciclopèdia.cat. *Tàpia* [article en línia]. Barcelona. [Consulta: 21 juny 2019] <<https://www.enciclopedia.cat/EC-GEC-0145009.xml>> — Enciclopèdia.cat. *Tapiera* [article en línia]. Barcelona. [Consulta: 21 juny 2019] <<https://www.enciclopedia.cat/EC-GEC-0145013.xml>> — Enciclopèdia.cat. *Encastament* [article en línia]. Barcelona. [Consulta: 25 juny 2019] <<https://www.enciclopedia.cat/EC-GEC-0271729.xml>> — Enciclopèdia.cat. *Encastar* [article en línia]. Barcelona. [Consulta: 25 juny 2019] <<https://www.enciclopedia.cat/EC-GEC-0101759.xml>> — Enciclopèdia.cat. *Encastar* [article en línia]. Barcelona. [Consulta: 25 juny 2019] <<https://www.enciclopedia.cat/EC-GEC-0235192.xml>> — Enciclopèdia.cat. *Encastar* [article en línia]. Barcelona. [Consulta: 25 juny 2019] <<https://www.enciclopedia.cat/EC-GEC-0212228.xml>> — Enciclopèdia.cat. *Centre de gravetat* [article en línia]. Barcelona. [Consulta: 27 agost 2019] <<https://www.enciclopedia.cat/EC-GEC-0168158.xml>> — *Geotecnia fácil. Definición y tipos fallas geológicas* [article en línia]. 2019. [Consulta: 25 abril 2019] <<http://geotecniafacil.com/tipos-fa>

llas-geologicas/> – El blog del TERMCAT. *Magnitud sísmica, intensitat sísmica i escales sísmiques* [article en línia]. Catalunya, 2016. [Consulta: 25 abril 2019] <<https://termcat.blog.gencat.cat/2016/04/18/magnitud-sismica-intensitat-sismica-i-escales-sismiques/>> – Partesdel.com. *Partes del sismo* [article en línia]. [Consulta: 4 juny 2019] <<https://www.partesdel.com/sismo.html>> – UPC. *Eina de càlcul per a la comprovació d'unions de biga pilar metàl·liques* [article en línia]. Barcelona. [Consulta: 25 juny 2019] <<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/10915/ANNEX%20-%20FULLS%20DE%20C3%80LCUL.pdf?sequence=3&isAllowed=y>> – Wikipedia. *Simulador sísmico* [article en línia]. 2019. [Consulta: 18 juliol 2019] <https://es.wikipedia.org/wiki/Simulador_s%C3%ADsmico> – Wikipedia. *Graus de llibertat (enginyeria)* [article en línia]. 2019. [Consulta: 18 juliol 2019] <[https://ca.wikipedia.org/wiki/Graus_de_llibertat_\(enginyeria\)](https://ca.wikipedia.org/wiki/Graus_de_llibertat_(enginyeria))> – Macusa. *Unions elements estructurals fusta* [article en línia]. Barcelona. [Consulta: 12 agost 2019] <http://www.macusa.es/ca/files/30/Pergoles_i_porxos/108/UNIONS_ELEMENTS_ESTRUCTURALS_FUSTA.pdf> – e-struct. *Estructuras sismorresistentes y estructuras antisísmicas* [article en línia]. España, 2016. [Consulta: 11 setembre 2019] <<https://e-struct.com/2016/11/02/estructuras-sismorresistentes-y-estructuras-antisismicas/>> – e-struct. *Los tipos de juntas en el hormigón armado* [article en línia]. España, 2016. [Consulta: 14 setembre 2019] <<https://e-struct.com/2018/07/10/los-tipos-de-juntas-en-el-hormigon-armado/>> – González, Beatriz. *Ecología verde. Cuáles son las principales zonas sísmicas y volcánicas del mundo* [article en línia]. Espanya i Portugal, 2019. [Consulta: 3 maig 2019] <<https://www.ecologiaverde.com/cuales-son-las-principales-zonas-sismicas-y-volcanicas-del-mundo-1767.html>> – Portillo, G. *Meteorología en Red. Fenómenos Meteorológicos. Capas de la Tierra* [article en línia]. 2017. [Consulta: 20-4-2019] <<https://www.meteorologiaenred.com/capas-tierra.html>> – *Què és l'anella de foc del Pacífic?* [clip Telenotícies TV3]. Francesc Mauri (presentador). Barcelona, 2016. Corporació Catalana de Mitjans Audiovisuals (2,26 min.). [Consulta: 3 maig 2019] <<https://www.ccma.cat/tv3/alacarta/telenoticies-vespre/que-es-lanella-de-foc-del-pacific/video/5595739/>> – Rios, P. *Biolulia. Moviments de les plaques. Tipus de Límits* [article en línia]. [Consulta: 22-4-2019] <<https://biolulia.wordpress.com/ciencias-per-al-mon-contemporani/tema-3-dinamica-terrestre/3-3-dinamica-interna/>> – Sanahuja, Eduard. *Ciències i tecnologia. Les unions* [article en línia]. 2013. [Consulta: 25 juny 2019] <<https://sites.google.com/site/eapcientecno/unions-i-estructures>> – Sánchez, A. *Escuelapedia. Principales placas tectónicas* [article en línia]. 2019. [Consulta: 20 abril 2019] <<http://www.escuelapedia.com/principales-placas-tectonicas/>>
