

# Índex de continguts

---

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introducció i objectius</b>   | <b>11</b> |
| <b>2</b> | <b>Dimensionament d'estructures lleugeres d'acer galvanitzat</b>       | <b>19</b> |
| 2.1.     | Estats Límits de Servei segons l'Eurocode-3 .....                      | 19        |
| 2.2.     | Estats Límits Últims segons l'Eurocode-3 .....                         | 21        |
| 2.2.1.   | El mètode d'anàlisi global elàstic .....                               | 22        |
| 2.2.2.   | Anàlisi elàstic de l'estabilitat global de pòrtics traslacionals ..... | 23        |
| 2.2.3.   | Resistència de les seccions transversals .....                         | 24        |
| 2.2.4.   | Vinclament de les peces .....  | 26        |
| 2.3.     | La normativa americana .....   | 27        |
| <b>3</b> | <b>Modelització numèrica de l'estructura</b>                           | <b>29</b> |
| 3.1.     | Geometria .....  | 29        |
| 3.1.1.   | Dimensions elementals i condicions de contorn .....                    | 30        |
| 3.1.2.   | Propietats seccionals i del material .....                             | 32        |
| 3.1.3.   | Posicionament de cada mòdul .....                                      | 33        |
| 3.2.     | Càrregues .....  | 36        |
| 3.3.     | Resolució .....  | 39        |
| 3.4.     | Post-procés .....  | 42        |

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>4 Càlcul de l'estructura d'un habitatge</b>             | <b>43</b> |
| 4.1. Geometria de l'habitatge .....                        | 43        |
| 4.1.1. Dimensions elementals i condicions de contorn ..... | 46        |
| 4.1.2. Propietats seccionals i del material .....          | 46        |
| 4.2. Càrregues .....                                       | 49        |
| 4.2.1. Càrregues permanents .....                          | 49        |
| 4.2.2. Càrregues transitòries .....                        | 50        |
| 4.3. Comportament tensional i de deformacions .....        | 53        |
| 4.4. Reaccions .....                                       | 65        |
| 4.5. Anàlisi del vinclament .....                          | 66        |
| 4.5.1. Anàlisi de l'estructura de l'habitatge .....        | 66        |
| 4.5.2. Altres anàlisis de vinclament .....                 | 72        |
| 4.5.3. Vinclament i secció eficaç .....                    | 78        |
| <b>5 Conclusions i estudis futurs</b>                      | <b>81</b> |
| 5.1. Conclusions .....                                     | 81        |
| 5.2. Futures línies de treball .....                       | 83        |
| 5.2.1. Reducció de secció .....                            | 83        |
| 5.2.2. Vinclament lateral .....                            | 83        |
| 5.2.3. Abonyegament .....                                  | 84        |
| 5.2.4. Incorporació del tancament .....                    | 84        |
| <b>Referències bibliogràfiques</b>                         | <b>85</b> |
| <b>A Plànols</b>   | <b>87</b> |

# Índex de figures

---

|   |    |
|---|----|
| 1.1. Estructura metàl·lica de l'edifici [1] .....   | 11 |
| 1.2. Aspecte de l'edifici un cop acabat [1] .....   | 12 |
| 1.3. Construcció d'un habitatge en <i>Ballon Framing</i> l'any 1935 [2] .....   | 12 |
| 1.4. Evolució del preu de l'acer en comparació amb altres béns i serveis [3] .....  | 13 |
| 1.5. Construccions pioneres en estructura metàl·lica: Crystal Palace (Londres, 1851) [4], Torre Eiffel (París, 1889) [5], Pont de Brooklyn (Nova York, 1869) [6], Chrysler Building (Nova York, 1930) [7] ..... | 13 |
| 1.6. Esquelet humà, amb els teixits musculars i la pell [8], anàlegs als perfils metàl·lics, els diafragmes i l'acabat [9] .....  | 14 |
| 1.7. Instal·lació de calefacció de terra amb polietilè reticulat [9] .....  | 15 |
| 1.8. Instal·lació elèctrica als mòduls de paret [9] .....   | 15 |
| 1.9. Instal·lació elèctrica i sanitària entre les bigues de sostre [9] .....  | 15 |
| 1.10. Preferències dels consumidors pel que fa als materials de construcció [10] .....  | 16 |
| 1.11. Actitud dels consumidors davant l'elecció dels materials de construcció [10] .....  | 16 |
| 2.1. Fletxes verticals a considerar [13] .....  | 20 |
| 2.2. Exemple de taula de la <i>Residential Steel Beam and Column Load/Span Tables</i> , per a bigues d'una sola planta i càrregues mortes de 10 psf [15] .....  | 28 |
| 3.1. Dimensions del pòrtic .....  | 30 |
| 3.2. Esquema del pòrtic creat a partir dels punts .....   | 31 |
| 3.3. Dibuix del pòrtic elemental amb els punts, els números de node i els elements respectivament .....   | 31 |
| 3.4. Esquema de tots dos pòrtics ja situats .....   | 32 |

|  |    |
|--|----|
| 3.5. Deformada i llei de moments al primer pòrtic .....  | 33 |
| 3.6. Passos del procés de modelització d'una estructura per pòrtics .....  | 34 |
| 3.7. Darrer pas de la modelització d'una estructura per pòrtics .....  | 35 |
| 3.8. Deformada de l'estructura .....   | 35 |
| 3.9. Dimensions del pòrtic .....   | 36 |
| 3.10. Divisió en àrees tributàries de la superfície superior del pòrtic .....  | 37 |
| 3.11. Càrregues, deformada i reaccions del pòrtic. Es poden apreciar les parts del dintell més i menys carregades .....        | 37 |
| 3.12. Pòrtic i placa de càrrega .....  | 38 |
| 3.13. Deformada de pòrtic i placa sota l'acció de la càrrega sobre la placa .....  | 38 |
| 3.14. Esforços en una biga birrecolzada [18] .....   | 39 |
| 3.15. Longituds de vinclament segons les condicions de contorn [18] .....  | 40 |
| 3.16. Pilar carregat per al càlcul a vinclament .....  | 41 |
| 3.17. Evolució de l'error amb el nombre d'elements utilitzats en la discretització .....                                       | 41 |
| 3.18. Exemple de representació gràfica de resultats d'un pòrtic: deformacions i llei d'esforços moments flectors .....         | 42 |
| 3.19. Pòrtic, càrregues i deformada, tensions (en vermell les que superen la crítica) .....                                    | 42 |
| 4.1. Planta de l'habitatge. Cotes en cm. [19] .....  | 44 |
| 4.2. Alçats dels mòduls cec, amb finestra i amb porta respectivament [19] .....  | 45 |
| 4.3. Secció Puntal 0001. Cotes en mm. ....   | 46 |
| 4.4. Secció Mascle 0003 + Femella 0004 + Puntal 0001. Cotes en mm. ....  | 47 |
| 4.5. Secció Tub 0006. Cotes en mm. ....  | 48 |
| 4.6. Exemple del forjat mixt utilitzat a les Torres Bessones de Nova York. [21] .....  | 49 |
| 4.7. Estructura carregada amb hipòtesi de vent segons la direcció X. En blau el vent, en vermell les càrregues verticals ..... | 52 |
| 4.8. Estructura carregada amb hipòtesi de vent segons la direcció Y. En blau el vent, en vermell les càrregues verticals ..... | 52 |
| 4.9. Deformada de l'estructura (amb el vent en direcció X) amplificada 25 vegades .....  | 53 |
| 4.10. Deformada de l'estructura (amb el vent en direcció Y) amplificada 25 vegades .....                                       | 53 |
| 4.11. Llei de moments flectors sota la hipòtesi de càrrega X .....   | 55 |
| 4.12. Llei de moments flectors al pòrtic 46 sota la hipòtesi de càrrega X .....  | 55 |
| 4.13. Llei de moments torsors sota la hipòtesi de càrrega Y .....  | 56 |

|  |    |
|--|----|
| 4.14. Llei de moments torsors al pòrtic 20 sota la hipòtesi de càrrega Y .....   | 56 |
| 4.15. Llei de moments flectors transversals sota la hipòtesi de càrrega Y .....  | 57 |
| 4.16. Llei de moments flectors transversals al pòrtic 20 sota la hipòtesi de càrrega Y .....   | 57 |
| 4.17. Llei d'esforços axils sota la hipòtesi de càrrega X .....  | 58 |
| 4.18. Llei d'esforços axils al pòrtic 92 sota la hipòtesi de càrrega X .....   | 58 |
| 4.19. Llei d'esforços tallants sota la hipòtesi de càrrega Y .....   | 59 |
| 4.20. Llei d'esforços tallants al pòrtic 46 sota la hipòtesi de càrrega Y .....  | 59 |
| 4.21. Llei d'esforços tallants transversals sota la hipòtesi de càrrega Y .....  | 60 |
| 4.22. Llei d'esforços tallants al pòrtic 20 sota la hipòtesi de càrrega Y .....  | 60 |
| 4.23. Distribució de tensions de Von Mises sota la hipòtesi de càrrega X .....   | 61 |
| 4.24. Distribució de tensions de Von Mises al pòrtic 106 sota la hipòtesi de càrrega X .....   | 61 |
| 4.25. Distribució de tensions de Von Mises sota la hipòtesi de càrrega Y .....   | 62 |
| 4.26. Distribució de tensions de Von Mises al pòrtic 20 sota la hipòtesi de càrrega Y .....  | 62 |
| 4.27. Secció eficaç sota els esforços més desfavorables .....  | 64 |
| 4.28. Esforços en les unions i les bases de pilars, amb el vent en direcció X i en direcció Y respectivament .....                                     | 66 |
| 4.29. Exemples de modes de vinclament global i local, corresponents als modes 4 i 13 sota la hipòtesi de càrrega X .....                               | 67 |
| 4.30. Primer mode de vinclament global i local, corresponents als modes 1 i 6 respectivament, sota la hipòtesi de càrrega X .....                      | 69 |
| 4.31. Primer mode de vinclament global i local, corresponents als modes propis 1 i 6 respectivament, sota la hipòtesi de càrrega Y .....               | 71 |
| 4.32. Inestabilitat local d'un puntal i d'un perfil tubular respectivament, corresponents als modes propis 14 i 23 sota la hipòtesi de càrrega Y ..... | 72 |
| 4.33. Estructura que s'ha calculat, únicament amb els mòduls de façana .....   | 73 |
| 4.34. Primer mode de vinclament global i local, corresponents als modes 1 i 13 respectivament, sota la hipòtesi de càrrega X .....                     | 74 |
| 4.35. Estructura formada amb pòrtics del tipus porta .....   | 75 |
| 4.36. Primer mode de vinclament global i local, corresponents als modes 1 i 6 respectivament, sota la hipòtesi de càrrega X .....                      | 76 |
| 4.37. Estructura formada amb pòrtics tipus cec .....   | 76 |
| 4.38. Primer mode de vinclament global i local, corresponents als modes 1 i 6 respectivament, sota la hipòtesi de càrrega X .....                      | 78 |

|   |    |
|---|----|
| 4.39. Primer mode de vinclament global i local, corresponents als modes 1 i 6 respectivament, sota la hipòtesi de càrrega X ..... | 80 |
|---|----|

# Índex de taules

---

|  |    |
|--|----|
| 2.1. Valors de càlcul de les propietats de l'acer. [13] .....  | 20 |
| 2.2. Valors límits per fletxes verticals segons recomanació de l' <i>Eurocode-3</i> [13].....          | 20 |
| 2.3. Valors límits per fletxes verticals segons recomanació de l' <i>Eurocode-3</i> [13].....          | 21 |
| 3.1. Propietats físiques de la columna assajada .....  | 40 |
| 3.2. Axil crític en un pilar en funció del número d'elements de la discretització .....                | 40 |
| 4.1. Dimensions elementals .....   | 46 |
| 4.2. Propietats mecàniques de la secció Puntal 0001 .....  | 47 |
| 4.3. Propietats mecàniques de la secció Mascle 0003 + Femella 0004 + Puntal<br>0001 .....              | 47 |
| 4.4. Propietats mecàniques de la secció Tub 0006 .....   | 48 |
| 4.5. Paràmetres del material .....   | 48 |
| 4.6. Pesos de la coberta en funció de la seva tipologia [20] .....                                     | 49 |
| 4.7. Accions i les seves combinacions .....  | 50 |
| 4.8. Valors del pes específic de la neu en funció de les seves condicions [20] .....                   | 51 |
| 4.9. Sobrecàrrega de neu sobre una superfície horitzontal [20] .....                                   | 51 |
| 4.10. Resum de càrregues sobre l'estructura metàl·lica .....   | 51 |
| 4.11. Desplaçaments màxims en les diferents direccions .....   | 53 |
| 4.12. Límits en la fletxa imposats per l' <i>Eurocode-3</i> [13] .....                                 | 54 |
| 4.13. Valors del pòrtic que té moment flector màxim sota la hipòtesi de càrrega X....                  | 55 |
| 4.14. Valors del pòrtic que té moment torsor màxim sota la hipòtesi de càrrega Y ....                  | 56 |
| 4.15. Valors del pòrtic que té moment flector transversal màxim sota la hipòtesi<br>de càrrega Y ..... | 57 |

---

|   |    |
|---|----|
| 4.16. Valors del pòrtic que té esforç axil màxim sota la hipòtesi de càrrega X .....                | 58 |
| 4.17. Valors del pòrtic que té esforç tallant màxim sota la hipòtesi de càrrega Y .....             | 59 |
| 4.18. Valors del pòrtic que té esforç tallant transversal màxim sota la hipòtesi de càrrega Y ..... | 60 |
| 4.19. Valors del pòrtic que té una tensió de Von Mises màxima sota la hipòtesi de càrrega X .....   | 61 |
| 4.20. Valors del pòrtic que té una tensió de Von Mises màxima sota la hipòtesi de càrrega Y .....   | 62 |
| 4.21. Propietats físiques de la secció reduïda .....  | 64 |
| 4.22. Esforços màxims sobre la fonamentació .....   | 65 |
| 4.23. Modes de vinclament sota la hipòtesi de càrrega X .....                                       | 67 |
| 4.24. Modes de vinclament sota la hipòtesi de càrrega Y .....                                       | 70 |
| 4.25. Modes de vinclament dels mòduls de façana sota la hipòtesi de càrrega X .....                 | 73 |
| 4.26. Modes de vinclament utilitzant mòduls porta sota la hipòtesi de càrrega X .....               | 75 |
| 4.27. Modes de vinclament utilitzant mòduls cecs sota la hipòtesi de càrrega X .....                | 77 |
| 4.28. Modes de vinclament amb seccions eficaces sota la hipòtesi de càrrega X .....                 | 79 |