BOMA

El sotasignant, Robert Brufau i Niubó, Dr. Arquitecte, amb domicili professional al Carrer Hercegovina, 23, de Barcelona, qui actua en representació de B.O.M.A, treballant en l'exercici lliure de la seva professió, ha estat requerit per Carles Riera, qui actua en representació de Fira-2000, S.A., amb domicili professional al C./Dolors Aleu, 19-21, 3er., de Barcelona, per tal d'emetre el següent

INFORME

sobre la possibilitat de col·locar un conjunt de pannells fotovoltaïcs a la coberta de la Nau nº2 de la Fira de Can Padrosa emplaçada a l'Hospitalet de Llobregat, així com una sèrie d'equipaments damunt dels nuclis centrals d'aquesta mateixa nau.

ANTECEDENTS

El sotasignant s'ha reunit en diverses ocasions amb tècnics de Fira-2000 al llarg d'aquests darrers mesos, per tal d'emetre un Document on s'analitzin les diferents opcions possibles per ubicar a la coberta de la Nauº2 un conjunt d'equipaments

Brufau, Obiol, Moya & Ass, S.L.
C/ Hercegovina 23, bajos. 08006 Barcelona Tel (34) 934 144 762 Fax (34) 932 020 412 e.mail info@bomasl.com www.bomasl.com
Oficinas: Barcelona – Madrid – Bilbao – Valencia

fotovoltaics. A la darrera reunió hi va ser present l'Arquitecte Ramon Farré-Escofet, qui fou l'Arquitecte coordinador general del Projecte objecte d'aquest Informe.

Robert Brufau i Associats va dur a terme el càlcul i el seguiment de les obres de l'estructura d'aquesta nau al llarg dels anys 1999-2001, estant al front del Projecte, a més del sotasignant, l'Arquitecte Ignacio Costales Calvo, qui col·labora també en la redacció d'aquest Informe i en la avaluació dels efectes que tal intervenció podria tenir amb vistes al bon funcionament de l'esmentada construcció.

Al llarg d'aquests mesos s'han estudiat diverses opcions, si bé la que s'analitza és la enviada pel sol·licitant al llarg dels darrers dies del mes d'abril de 2008, opció en la que ja es contempla la possibilitat parlada en anteriors reunions de disposar els pannells horitzontalment, amb la intenció clara de reduir el pes propi dels llastres equilibradors. Cal recordar que a la primera de les reunions mantingudes es va acordar no ancorar els pannells fotovoltaics en la perfileria metàl·lica de l'estructura, fent-los descansar per gravetat damunt del propi pla de coberta, sense fer cap perforació en la làmina de cubrició de la nau.

ANALISI

S'han recuperat i tornat a emetre (veure Annex nº1) els càlculs de l'any 2000, on es poden observar tots els esforços que afecten a cada una de les barres que configuren l'estructura del pla de coberta, així com la impressió gràfica de les deformacions per les diferents hipòtesis i els fulls amb la verificació i acceptació del comportament tensional de cada barra. El programa que es va emprar fou el ROBOT V-20.1.0. i les fulles del Document que s'adjunta responen al format d'aquest programa.

S'han recuperat els estats de càrregues que es varen considerar en el seu moment, i que es poden sintetitzar en els següents:

- Pes propi de l'estructura:	47 Kg./m²
- Xapa grecada:	10 Kg./m²
- Pes propi de la capa de graves (6 cm.)	95 Kg./m²
- Sobrecàrrega d'ús (manteniment i lluminàries):	60 Kg./m²
- Sobrecàrrega de neu:	40 Kg./m²
Càrrega total:	252 Kg./m²

Un cop s'han revisat els documents objecte d'aquell projecte s'han estudiat les possibles diferències d'execució d'obra que poguessin haver suposat alteracions durant el procés constructiu, arribant a la conclusió de que es va construir d'acord amb el projecte inicial, sense haver reduït els perfils com a conseqüència de l'eliminació de la capa de graves que, en el seu moment, es va decidir durant el procés de construcció, en previsió d'una més que possible futura instal·lació de pannells fotovoltaics.

En un segon aspecte s'han introduït les noves càrregues derivades de la realitat dels pannells que són objecte d'aquest Informe, resumint el nou estat de càrregues en els següents valors:

- Amb caràcter general sobre tota l'extensió de les plataformes d'ubicació dels pannells:

- Pes propi de l'estructura:	47 Kg./m²
- Xapa grecada:	10 Kg./m²
- Capa d'acabats:	15 Kg./m²
- Pes propi de pannells fotovoltaics:	20 Kg./m²
- Llastres addicionals estabilitzadors:	32 Kg./m²
- Sobrecàrrega d'ús (manteniment i lluminàries):	60 Kg./m²
- Sobrecàrrega de neu:	40 Kg./m²
Càrrega total:	224 Kg./m²

S'ha comprovat tanmateix que les deformacions derivades de la incorporació dels pannells no tinguin efectes negatius significatius. A la sobrecàrrega d'ús de 60 Kg./m² del projecte inicial li corresponia una deformació elàstica de 2'47 cm. en el punt més desfavorable de la coberta. Cal suposar, doncs, que al augmentar el pes dels pannells i els llastres (52 Kg./m², en total) serà d'esperar un increment de fletxa de l'ordre de 2'2 cm., xifra que, en principi, no perjudicaria el bon nivell d'evacuació de les aigües pel sistema Geberit. El sotasignant entén, però, que caldria fer la consulta pertinent a l'Empresa encarregada del manteniment d'aquest sistema.

- De manera particular, damunt de cada un dels nuclis centrals:

  - Un transformador de 2600 Kg.
  - Tres onduladores de 940 Kg./ud.

- Una conjunt de cel·les de 297 Kg.

S'ha escollit aquesta combinació de càrregues afegides per ser la més desfavorable d'entre totes les proposades.

L'objectiu d'aquest nou estudi (veure Annex nº2) es determinar si tots els perfils existents són correctes per la nova situació. Els resultats que se'n desprenen són favorables i tan sols caldrien dur-se a terme les intervencions que es descriuran en l'apartat final de "conclusions".

CONCLUSIONS

Donat el plantejament general d'equilibris de la coberta de la Nau nº2, com a primer comentari es considera necessari advertir que les càrregues s'han de distribuir de la manera més simètrica possible en cada mòdul respecte als eixos definits per la gran biga-calaix transversal.

Pel que fa a la perfileria principal dels nuclis, als quals se'ls hi ha afegit la nova maquinaria, cal dir que les noves càrregues gairebé no afecten l'estructura actual. Tots els perfils i unions funcionen correctament, llevat d'una única barra, la nº 1830 del model que es recull a l'annex nº2, les tensions de càlcul màximes de la qual (després d'aplicar els coeficients de seguretat) es troben lleugerament per damunt de la tensió de treball que podria admetre l'acer emprat (2878 Kg./cm² > 2750 Kg./cm²). El sotasignant pensa que seria bo procedir al seu reforç, tot i que, donada la lleugeresa de l'excés (de l'ordre d'un 5%) i tenint en compte que els càlculs s'han fet amb plena sobrecàrrega d'ús a tot el nucli i amb la consideració d'un coeficient de majoració de 1'35 (pesos propis) i de 1'50 (sobrecàrregues), deixa en mans de qui es responsabilitzi de la instal·lació, la consideració sobre la conveniència, o no, de procedir al reforç d'aquesta barra. Un recurs fàcil al respecte podria consistir en millorar les condicions d'encastament d'aquesta barra en els nusos, atès que s'ha modelitzat com barra biarticulada, lo qual no és del tot exacte.

En lo concernent a la perfileria pròpia del pla de coberta no s'ha detectat cap barra que treballi a tensions superiors a les de càlcul que el material pot acceptar, ni a les costelles ni a les grans bigues.

Tampoc els pilars presenten cap mena de problemes i cal suposar que aquests tampoc es produiran a la fonamentació.

L'aspecte més delicat d'aquesta interpretació que proposa Fira-2000 rau en la manera com es poden estabilitzar els pannells fotovoltaics, en l'avinentesa de que no es poden ancorar rígidament en l'estructura metàl·lica inferior. En una de les reunions inicials es va desconsiderar la possibilitat de que els ancoratges perforessin el pla de coberta. Tot i que aquesta intervenció és possible, pressuposa un cert risc de mal comportament futur de la nau per aparició de goteres originades per les perforacions. Per aquesta raó es va decidir recórrer a la disposició de llastres per garantir que no es pogués produir ni l'aixecament ni el desplaçament dels pannells en situació de forta ventada.

Per quantificar les forces a considerar als vorals de cada pannell, entès com un diedre exempt, tot i tenir en compte una inclinació de la força eòlica de ±10°, es va entrar en la Taula 5.4. de la Norma "Accions a l'edificació", que és la que estava en vigor quan es varen fer els càlculs de la coberta, on s'obtingueren els valors c_1 = 0'80 i c_2 = 0. En funció de que es tracti d'una pressió o una succió, lo qual pot ocórrer indistintament, ha sigut necessari contrarestar el pitjor cas, corresponent al cas de succió, llastrant la superfície ocupada pels pannells de manera que es pugui fer front a aquesta succió amb una càrrega total de 52 Kg./m². Per donar un marge superior de seguretat al conjunt de la coberta, aquestes sobrecàrregues de 52 Kg./m² s'han considerat en tota la seva extensió, lo qual és certament conservador, ja que la zona afectada pels pannells no arriba a ocupar ni el 50% de la superfície del pla de la coberta.

El sistema que es recomana per aportar els 32 Kg./m² addicionals de llastre és mitjançant una xarxa de perfils tubulars metàl·lics de secció tancada que puguin ser convenientment reomplerts de formigó o de grava, fins aportar un pes propi superior a la xifra demanada. Aquests perfils serien el suport immediat dels pannells, que haurien de portar l'oportú marc metàl·lic per anar a trobar els perfils de la xarxa. En un plànol que s'adjunta (annex n°5) s'hi mostra la possible distribució d'aquests perfils en planta, posant-los en relació amb els nusos de les costelles de l'estructura actual, sortides en voladís des de les grans bigues principals. En altres plànols es mostra la distribució dels pannells en relació a la geometria general de la coberta (annex n°3) i la posició dels punts on deurien d'emplaçar-se els muntants verticals de sobre-coberta que recolliran finalment la graella horitzontal dels perfils tubulars carregats amb material pesat pel seu interior (annex n°4).

Les línies principals de la xarxa de llastre serien paral·leles a les grans bigues i anirien recorrent els prop de 100 metres d'amplada de la nau, recolzant-se sobre la coberta, coincidint amb la posició dels nusos de l'armadura de les costelles inferiors. Cada una d'aquestes costelles esta formada per dos braços paral·lels, separats entre ells 2'16 metres. L'intereix de les costelles era de 6'48 metres, lo que vol dir que els perfils serien bigues continues amb trams de 2'16-4'32-2'16-4'32-2'16-... N'hi haurien 4 línies, dos per cada grup de pannells, i això portaria la solució cap a un perfil tubular de Ø80/4 mm., completament ple de sorra, o amb un 80% del seu volum intern ocupat per formigó Transversalment s'hi disposarien uns perfils auxiliars per acabar d'ajustar de la millor manera possible el suport dels pannells, i també per connectar-se lateralment als nuclis d'estructura metàl·lica tal com es comenta al paràgraf següent. Aquests perfils transversals no s'han tingut en compte com a llastre i, per tant, no deurien de reomplir-se amb formigó o sorra. En el moment de fer el replanteig exacte dels pannells i de la perfileria que els suporta caldria ultimar la concreció dels pesos propis de tot plegat, per si calgués introduir-hi algun ajustament.

Els perfils de la xarxa de llastres que puguin entrar en contacte amb l'estructura metàl·lica dels nuclis centrals –per damunt del pla de coberta, lògicament- haurien de connectar-se a aquesta, mitjançant unions soldades o cargolades, de manera que es garantissin uns quants punts de fixació del conjunt amb l'estructura principal de la nau. També seria bo que es produís un cert contacte dels perfils de la xarxa amb les grans torres laterals, amb planta triangular, de formigó armat, tot i que la trobada en aquest punt hauria de tenir alguns mecanismes de trau-colis per facilitar els moviments tèrmics de les barres de la nova graella metàl·lica, directament exposades a radiació solar.

Baixant a nivell del petit detall, el sotasignant entén que el recolzament de les barres de la xarxa de perfils afegits s'ha de fer mitjançant uns petits muntants verticals, rematats inferiorment amb una placa metàl·lica horitzontal de 200x200x10 mm. assentada sobre una placa de neoprè de la mateixa dimensió, que seria convenient que estès encolada amb la placa metàl·lica de base. Donat que el pla de coberta té unes petites inclinacions per formació de pendents, aquests muntants d'entrega haurien de ser ajustats en altura per cada cas concret.

Al estar la perfileria metàl·lica a la intempèrie, i molt prop del mar, seria molt convenient protegir-la adequadament contra els agents agressius, tractant-la amb pintures superficials que garanteixin una bona durabilitat.

En un altre ordre de coses, caldria evitar l'acumulació de càrregues de construcció, apilant-les sobre el pla de coberta de manera incontrolada. Qui s'encarregui de les obres hauria de vigilar molt especialment aquest aspecte del procés.

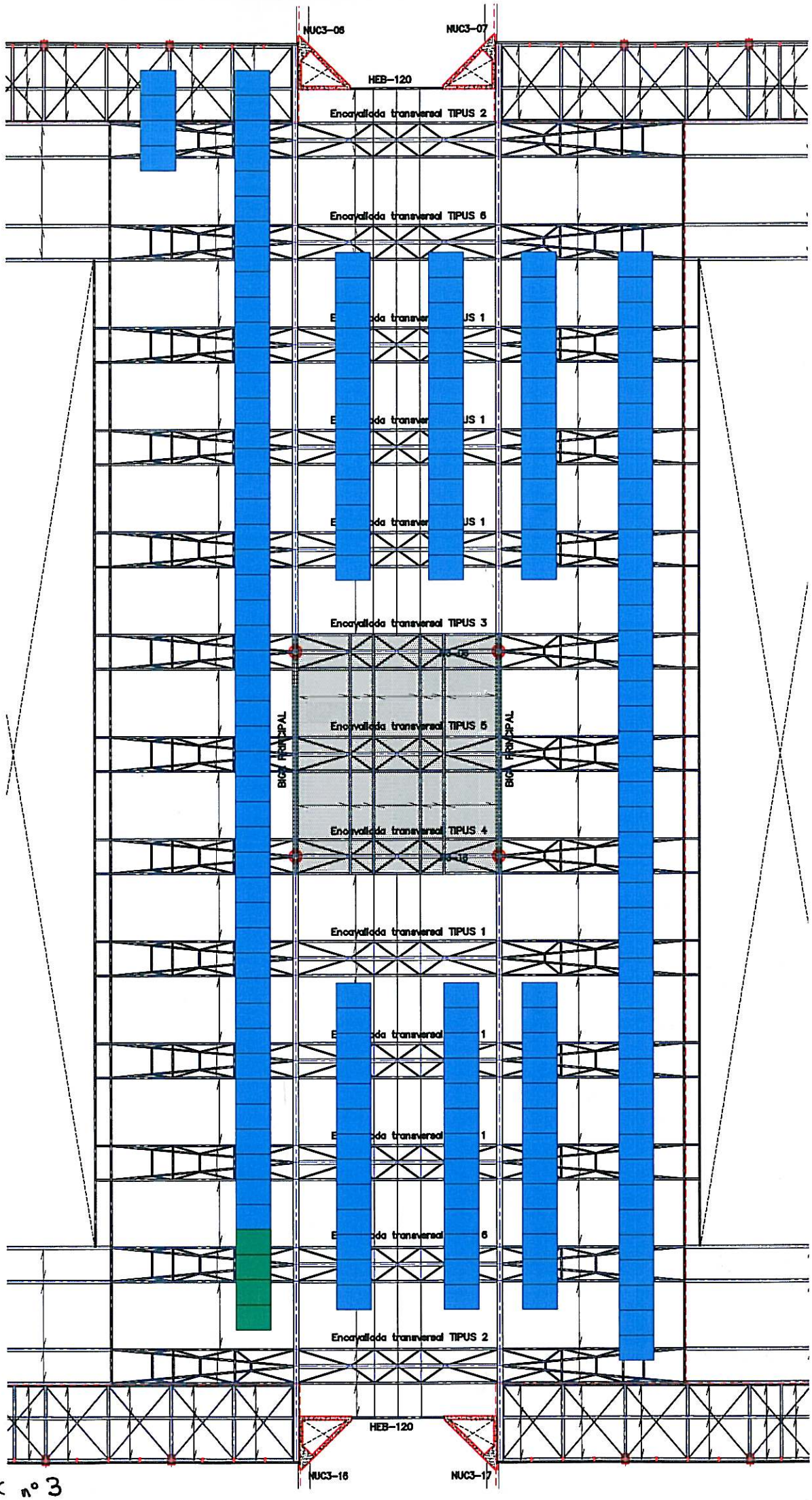
Aquesta és l'opinió del sotasignant, emesa en l'exercici lliure de la seva professió, segons el seu lleial saber i entendre, supeditant-la a qualsevol altra millor fundada, a Barcelona, el 19 de maig de 2008..

BOMA, S.L.

Signat: Robert Brufau i Niubò

Dr. Arquitecte

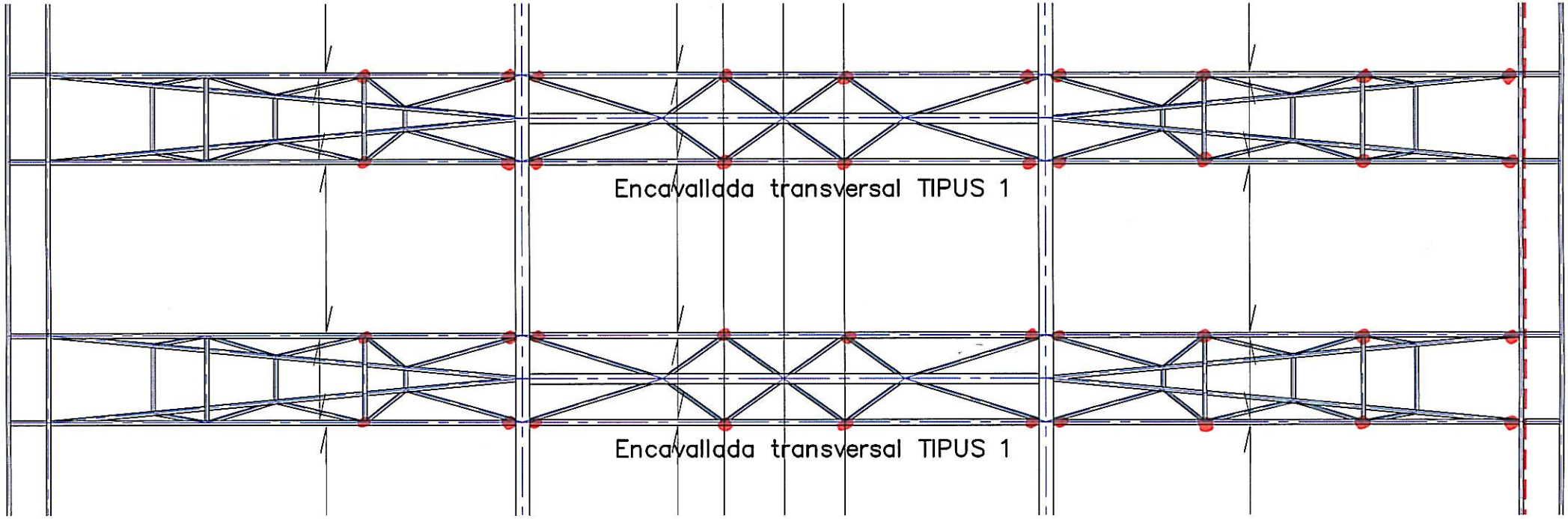
ANNEX 3


NUC3-06
NUC3-07
HEB-120
Encavallada transversal TIPUS 2
Encavallada transversal TIPUS 6
Encavallada transversal TIPUS 3
Encavallada transversal TIPUS 5
Encavallada transversal TIPUS 4
Encavallada transversal TIPUS 1
Encavallada transversal TIPUS 2
HEB-120
NUC3-16
NUC3-17

ANNEX nº 3

ANNEX 4

ANNEX n.º 4-a


Encavallada transversal TIPUS 1
Encavallada transversal TIPUS 1

ANNEX n° 4-b

ANNEX 5

NUC3-07
NUC3-06
HEB-120
Encavallada transversal TIPUS 2
Encavallada transversal TIPUS 6
Encavallada transversal TIPUS 1
Encavallada transversal TIPUS 1
Encavallada transversal TIPUS 1
Encavallada transversal TIPUS 3
NC3-08
BIGA PRINCIPAL
Encavallada transversal TIPUS 5
BIGA PRINCIPAL
Encavallada transversal TIPUS 4
NC3-09
Encavallada transversal TIPUS 1
Encavallada transversal TIPUS 1
Encavallada transversal TIPUS 1
Encavallada transversal TIPUS 6
Encavallada transversal TIPUS 2
HEB-120
NUC3-17
NUC3-16

ANNEX nº 5