INFORME FINAL SOBRE ESTUDIO DE RECONOCIMIENTO DE ESTRUCTURA METÁLICA EN ZONAS DE ACTUACIÓN DE NUEVO PROYECTO DE REMODELACIÓN Y DE EVOLUCIÓN DE PATOLOGÍAS POR CORROSIÓN AVANZADA, CONTENIDAS EN INFORME DE B.V. 2003 FACULTAD DE MEDICINA. (CADIZ)



PETICIONARIO: AREA INFRAESTRUCTURAS DE UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

SITUACIÓN: FACULTAD DE MEDICINA - PLAZA FRAGELA (CADIZ)

FECHA: 02 DE FEBRERO 2016

ASUNTO: 6334119

Nºinforme final
41-11-E6Q-1-000120_2

ESTE INFORME ANULA Y SUSTITUYE AL DE REFERENCIA *Nº41-11-E6Q-1-000120 DE FECHA 29-01-16*

INDICE

1. ANTECEDENTES Y OBJETO 1

2. TRABAJOS REALIZADOS 4

2.1. LIMITACIONES DEL ESTUDIO 4
2.2. TRABAJOS DE CAMPO 5

3. RESULTADO DE LAS OBSERVACIONES EN LAS INVESTIGACIONES REALIZADAS 7

4. CONCLUSIONES DE LAS OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES DE ACTUACIÓN 16

4.1. CONCLUSIONES GENERALES 16
4.2. RECOMENDACIONES DE ACTUACIÓN Y PROTECCIÓN 23

5. ANEJOS 30

5.1. PLANOS DE PLANTA DE ESTRUCTURA DE BV-2003. CON CROQUIS DE SEÑALIZACIÓN DE FOTOGRAFIAS, CATAS 2016, ESTRUCTURA DAÑADA Y POSIBLES ARQUETAS A REALIZAR PARA INVESTIGACIÓN DE FORJADO SANITARIO 30
5.2. LISTADOS COMPROBACIÓN CYPE 3D Y TABLAS VALORES ESTÁTICOS 30
5.3. REPORTAJES FOTOGRÁFICOS INVESTIGACIONES 2016. 30

1. ANTECEDENTES Y OBJETO

ECA Grupo Bureau Veritas, en adelante B.V. realiza por encargo del departamento de Infraestructuras de la Universidad de Cádiz (en adelante contratante), el siguiente estudio denominado "INFORME TECNICO PARA COMPROBAR LA EVOLUCION DE PATOLOGIAS EN LA FACULTAD DE MEDICINA DE CADIZ.". La prestación de servicios se recoge en la oferta de número interno ES.2102008.

Como primera fase de dicho estudio, se realizó un **informe preliminar,** entregado el 25-01-16**,** que recogía las zonas principales analizadas actualmente, en concordancia con las zonas investigadas por BV en 2003.

Tras ampliaciones de investigación de campo, efectuadas los días 25 y 27 y nuevos análisis, se realiza el presente **informe final**, según la misión contratada y ampliaciones en el alcance de la oferta, según requisitos previos del cliente que no se encontraban recogidos en la misma.

El presente informe es una pequeña modificación del informe final de fecha 29_01_2016, tras nueva información sobre el objeto de la obra de reforma que obtenemos en reunión con el proyectista

Según incluíamos en la oferta de prestación de servicios las motivaciones eran las siguientes:

"En octubre de 2003 se emite un informe por parte de BUREAU VERITAS con cuyo objetivo es una investigación por muestreo del estado de la estructura y realización de un estudio geotécnico para una ampliación del edificio. Ampliación proyectada que finalmente no fue realizada. En las conclusiones del estudio de puntualiza la detección de elementos estructurales con oxidación importante, recomendando una investigación más exhaustiva que abarque toda la superficie de la facultad, no únicamente la zona de ampliación".

Estas recomendaciones a las se refiere el párrafo anterior, incluidas en el informe de 2003, fueron literalmente las siguientes

R1: *Se ha observado una oxidación importante en los arranques de pilares y en los forjados metálicos del suelo de planta baja, recomendamos realizar una ampliación del estudio más exhaustiva y detallada en la parte delantera del edificio*

R2*: Dado que se han observado elementos estructurales metálicos con procesos corrosivos de cierta importancia, se recomienda programar un estudio más amplio e intenso del resto del edifico; cosa lógica en una estructura metálica de 30años en zona marina y con fallos de protección en uniones y soldaduras, además de la falta ventilación en la cámara de aire existente entre el forjado perdido el terreno*

"Actualmente, mayo de 2015, se plantea el proyecto de realizar obras de adecuación y mejora de la facultad actuando sobre diferentes áreas de la facultad. En si el programa de necesidades implica una mejora de la eficiencia energética, sustitución de materiales deteriorados y desfasados como solución constructiva, reordenación de evacuación edificio, instalación de cámara frigoríficas, climatización, etc. El edificio, aunque existen zonas dónde se

han realizado obras de mejora, se observa deteriorado. Existe un olor clónico a humedad y se observan fisura, que aunque por su configuración no implican una afección estructural próxima al colapso, si nos avisa que algo está pasando. Se visita la facultad para planificar la posibilidad de acceso a forjado sanitario, área que según el informe anterior estaba más afectada por las patologías definidas en el informe de2003. Existen tres accesos dos por tapas realizadas en forjado y una por una escotilla por la cual se accede bajo la aula magna a través del cuarto de mantenimiento."

"La misión a realizar por ECA Grupo Bureau Veritas, consiste en la inspección a muestreo de las superficies de estructura, incluida el área bajo forjado sanitario para comprobar y mapear el estado de degradación de los diferentes perfiles que forman la estructura. Para el acceso al forjado sanitario se incluye en la presente oferta la formación de huecos de inspección en muros de ladrillo para facilitar que se pueda circular para inspección bajo el forjado sanitario. Se prevé que con 3 formaciones de huecos de acceso se pueda inspeccionar el área precisa".

"Así mismo también se realizara a muestreo catas en pilares y falsos techo para muestrea el estado de la estructura en plantas sobre rasantes. El presente informe ***no es una evaluación estructural****, ni se pretende realizar un cálculo de la resistencia estructural de la estructura de la Facultad. Dependiendo del estado de oxidación de forma unitaria se realizaran cálculos sobre el coeficiente de seguridad que presenta a fin de poder tener datos para proponer medidas a tomar."*

Finalmente los trabajos de investigación hasta ahora realizados, y recogidos en el anejo 5.1 y 5.3, han consistido fundamentalmente en las siguientes dos fases

a) Catas para estudiar estructura de vigas y pilares de planta primera, para extraer información encaminada **al proyecto de remodelación** del arquitecto D.Guillermo Vilches, fundamentalmente nuestro trabajo se ha centrado en zona de construcción de una nueva escalera metálica en entrada de Facultad y hueco de escalera de Medicina Legal que va ser techada (eliminada)

b) **Investigaciones en zonas reconocidas de mayores daños por corrosión en 2003**, pilares de planta de sótano y forjado sanitario accesible desde las dos arquetas del pasillo junto al patio central, frente a vestíbulo. Ampliación de la investigación bajo el forjado sanitario

- **Respecto a las zona dañadas por corrosión emitiremos opinión sobre el estado de avance de los procesos de corrosión, afección en la seguridad estructural y recomendaciones sobre procesos de saneado o reparación necesarios o viables**

- ***La ampliación de la investigación*** respecto a la incluida en el informe preliminar, ha consistido en acceder al forjado sanitario a través de nuevas arquetas existentes con la ayuda de personal de mantenimiento de la facultad, adicionalmente se han practicado dos cortes en el superior del forjado para crear nuevas arquetas de acceso (ver plano 2.2 anejo 5.1). Incluimos una propuesta de creación de huecos de acceso al forjado sanitario para ampliar el muestreo de investigación, poder sanear y proteger mayor número de elementos y realizar inspecciones de mantenimiento

GRUPO Bureau Veritas es una compañía multinacional creada en **1828** dedicada a la gestión de la calidad, seguridad, medio ambiente y responsabilidad social en todos los sectores de la actividad económica, estando presente en 140 países con una plantilla superior a las 30.000 personas. En España, **Burea Veritas Iberia, SAU** tiene una experiencia de más de **150 años**, donde ha realizado multitud de trabajos de Informes Técnicos, Asistencia técnica, controles y vigilancia en obra civil y en edificación. Las actividades que realiza **Burea Veritas Iberia** están certificadas conforme con la norma de aseguramiento de sistemas de la calidad **UNE-EN-ISO 9001, UNE-EN-ISO 14001 Y 18000.**Asimismo Bureau Veritas dispone es **miembro fundador de AIC** (Asociación de Organismos Independientes de Control de Calidad).

Bureau Veritas dispone de un **código ético de conducta** y actuación como miembro de la Federación de Agencias de Inspección. Su cumplimiento es obligatorio para todo el personal de la empresa y afecta a empresas subcontratistas y pertenece al sistema de calidad de Bureau Veritas.

Este código ha contribuido a que la empresa tenga un alto prestigio de credibilidad, independencia, fiabilidad y respeto a terceros, siendo actualmente referencia y líder en calidad, seguridad, medio ambiente y responsabilidad social a nivel mundial

2. TRABAJOS REALIZADOS

Realizamos varias visitas previas de inspección a la zona de estudio para planificar la actuación, varias reuniones con contratante y el arquitecto responsable de la remodelación, D.Guillermo Vilches. Los trabajos de campo para inspección y medición geométrica de la estructura e investigación de los daños del edificio en zonas con corrosión se efectúan el 22 de diciembre de 2015 Efectuamos ampliaciones en la investigación bajo el forjado sanitario los días 25 y 27 de Enero. Se realizan por técnico especialista de B.V. que suscribe el presente informe y operarios subcontratados por BV.

Se emite el presente informe final, tras ampliar las investigaciones y trabajos de gabinete que se incluían en el informe preliminar de fecha 25 de Enero de 2016. En las conclusiones actuales tomamos en consideración las investigaciones constatadas por BV en 2003

2.1. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

- El presente informe está basado en la inspección visual de gran parte de las primeras plantas del edificio y en la realización de catas de reconocimiento en la estructura de planta primera, sótano y techo de baja. Se ha realizado un muestreo, en las zonas que consideramos más importantes técnicamente o que hemos podido acceder bajo el forjado sanitario. Las conclusiones finales para este informe se inferirán de las observaciones realizadas.
- Para el análisis del estado de conservación en estructura metálica y viguetas se realizan una número de catas limitadas, en zonas que estimamos más significativas, no se descarta que existan zonas dañadas que no hayan sido detectadas, debido principalmente a la existencia de revestimientos de pilares y vigas o de zonas no accesibles
- Se indicarán para las zonas de estructura dañadas que observemos, procedimientos generales de reparación y/o refuerzo, no es objeto de este estudio efectuar diseños específicos de cada sistema de refuerzo (objeto de un proyecto de ejecución) ni realizar valoraciones económicas de los mismos
- Las estimaciones de la seguridad residual que hemos efectuado en varios pilares, se realizan en base a hipótesis que deberán confirmarse en fase de proyecto y dirección de obra

- Se disponen de los planos detallados de la estructura reconocida por BV en 2003 y de los planos del proyecto de remodelación de la Facultad del arquitecto Guillermo Vilches

- No se ha investigado la cimentación de la estructura ni el terreno existente por no formar parte de la misión contratada, ni ser objeto de la remodelación ampliación en plantas o sobrecargas ni existir ningún indicio, daño o fisuración que sospechemos tengan su origen en cimentación

2.2. TRABAJOS DE CAMPO

Entre los distintos trabajos de campo realizados, se indican los más significativos. Las zonas objetos de investigación y recogida de muestras son similares a las indicadas en el contrato y se muestran en los planos del anejo 5.1. Un reportaje fotográfico sobre los trabajos realizados y se muestran en el anejo 5.3

En los planos del anejo 5.1 se indican en diversos plano de estructura de 2003 tomados como modelos, as catas realzadas, los número de fotografía para situar cada zona, las zonas de pilares y forjados más dañadas que deben ser reparados. Por último, situamos las arquetas por las cuales hemos accedido o creado y una propuesta de creación de nuevas arquetas para ampliar el conocimiento del estado patológico del forjado sanitario.

Accedemos bajo el forjado sanitario por dos arquetas del pasillo central, cercanas al vestíbulo de entrada, (fotos 21 y 30), pudimos hacer observaciones en la estructura cercana, fue imposible transitar, además de por la baja altura, por el estado de acumulación de escombros, restos de bovedillas desprendidas, tuberías, mal olor etc.

Ampliamos el acceso al otras zonas del forjado sanitario en varias arquetas existentes y dos que creamos en sala de estudio y aula de estudiantes.

2.2.1 INSPECCIÓN VISUAL

Se ha realizado una inspección visual de gran parte del edificio para anotar daños existentes y analizar su posible relación con el objeto del estudio u otras posibles causas.

2.2.2 APERTURA DE CATAS

Se realizan por muestreo siguiendo la planificación previa diversas catas por necesidades del arquitecto del proyecto de remodelación e investigación de zonas más dañadas descritas en 2003. El objeto de las catas es:

- Obtener la geometría y por tanto tipología del perfil existente. Para ello empleamos el “prontuario de altos hornos de Vizcaya de 1962”, ya que los prontuarios actuales no recogen todas las series de perfiles de la época

- Tipología estructural, tipos de apoyos

- Analizar el estado de avance de los procesos de corrosión, desprendimiento de delaminaciones de óxido de hierro

- Estimar posibles pérdidas de sección por corrosión de las armaduras

- Comprobar el estado de los revestimientos.

- Conocer la geometría y tipología del forjado

2.2.3 MEDICIONES GEOMÉTRICAS.

Con objeto de que el proyectista pueda estimar la resistencia última de los pilares compuestos principales, vigas de carga y viguetas, efectuamos mediciones de los perfiles UPN, presillas y ángulos de apoyo, geometría y separación, para obtener las características mecánicas a partir de prontuarios de la época de construcción.

3. RESULTADO DE LAS OBSERVACIONES EN LAS INVESTIGACIONES REALIZADAS

El día 28 de diciembre de 2015, enviamos al contratante un email, en el que se explicaba resumidamente las observaciones principales de los trabajos de campo. Adjuntamos a continuación el texto de dicho resumen, ampliando el mismo y modificando lo que hemos creído necesario, tanto respecto al mail referido como a lo contenido en el informe preliminar. El día 26 de enero de 2016 enviamos un nuevo email explicando los hallazgos más relevantes de la ampliación de las investigaciones, el día 28 tras nuevos accesos al forjado sanitario desarrollamos una reunión "in-situ" en la Facultad con cliente y colaboradores del proyectista para explicar y analizar las observaciones, en ambos mails, referenciamos algunos comentarios al reportaje fotográfico del anejo 5.3. **Finalmente Analizamos el alcance de los daños y emitimos opinión técnica de la relevancia de los mismos y recomendaciones de actuación**

Para situar las catas y observaciones y describir los hallazgos más relevantes y situar la fotografía que los describen, se utilizan los planos del informe de BV de 2003, incluidos en el anejo 5.1, en el anejo 5.3 se adjunta el reportaje fotográfico, empleamos varios planos para el forjado sanitario

Para consultar las características geométricas y estáticas de los perfiles UPN, adjuntamos en anejo 5.2. extractos del Prontuario de Altos Hornos de Vizcaya, de fecha 1962, tras los listados informáticos del software Cype 2016

Todas las catas se reponen y enlucen por nuestros operarios, así como los huecos en forjado (foto 49-111)

A) Investigaciones para el proyecto de remodelación solicitadas por D.Guillermo Vilches

1) **Cata en planta primera en pilar P17**, junto a "balcón" sobre la entrada principal a la facultad, cata por interior y más pequeña por fachada (ver fotos 1,2,3,5)

- Pilar doble UPN 200, en cajón unido con presillas laterales (separación entre bordes de alas de 60mm).

- Presillas de dimensiones 240x150mm, espesor 9mm

- 8cm de emparchado exterior. entre hueco doble y enfoscado (foto 3)

- cara externa de fachada espesor total 14cm incluye embarrado interior (foto 5) , cara interna (hueco doble + enfoscado) 9cm (foto 5)

Pilar en muy buen estado de conservación (conserva la pintura de protección, foto 2)), únicamente en cara exterior existe **corrosión leve** (no afecta en absoluto a la seguridad estructural), que provoca pequeña fisuración vertical en fachada (Foto 3)..

- Mismo estado observamos en ***cata exterior efectuada en pilar P18***, foto 4.

Conclusiones principales

- *Soportes en muy buen estado de conservación, inicio de corrosión en cara exterior, superficial y sin relevancia en la seguridad*
- *Será en zonas donde se vayan a realizar uniones soldadas, realizar un saneado-limpieza de la superficie afectada por el inicio de corrosión, ampliando este saneado a la mayor longitud posible*
- *En general recomendamos reponer la pintura de fachada, que debe ser protectora frente a la entrada de humedad, cada 5 años, para ralentizar los procesos de corrosión y alargar la durabilidad de la estructura*

2) Cata en **hueco de escalera en Medicina Legal** (pilares 119-120-111-112) que se prevé ser "forjado". Hacemos cata en altura de **techo de baja en pilar 111 (fotos 15,16,17,18,19,20), observaciones:**

- Entre pilar P111 y 112 no existe viga en altura de techo de baja (foto 16)

*- **El pilar 111 es un doble UPN 220**, empresillado en cajón (foto 19) (pletinas separadas verticalmente 70cm), los bordes de las alas de los perfiles UPN separados 150mm. En esta planta cambia de sección a UPN 160 (foto 18). El soporte y viga se encuentran en interior de cámara de aire de unos 47cm de espesor. El cerramiento del hueco de escalera tiene un espesor total de 11cm*

- En el pilar 111, desde p119, una viga de carga tipo perfil **IPN 320** que apoya de forma continua, pasante, (atraviesa el hueco formado por el pilar en cajón entre perfiles), y apoya en pletinas soldadas en las presillas (foto 17)

- Se observa **forjado de viguetas IPN160**, que **apoyan superiormente(al igual que todos los apoyos viguetas metálicas-vigas observados en el edificio)** en perfil IPN 320, mostrando en su contorno extremo una **corrosión importante, pero sin gran pérdida de sección (fotos 20)**

Conclusiones principales

- ***Estructura en buen estado de conservación**, inicio de oxidación puntual (fotos 18), debido a la poca ventilación de la cámara*
- *En cabezas de vigueta de forjado la corrosión es algo más avanzada, **no consideramos afección a la seguridad estructural***
- *Recomendamos reponer la pintura de protección previa limpieza del soporte en la zona accesible, durante la obra de remodelación y sanear las cabezas de viguetas en esta zona*

3) Cata en sala de estudios, en techo de planta baja, en unión de pilar P18 con viga de carga que le acomete de pilar de esquina P9 (foto 40)

- Las **viguetas de forjado son IPN 160** (foto 44), observando por el interior del falso techo, **la estructura del forjado y de la unión encuentran en muy buen estado de conservación** (fotos 45-48), al igual que vigas y pilar en zona visible. Apoyan superiormente en las vigas de carga

- *El pilar es , nuevamente, en doble cajón soldado, UPN 250, ala de 80mm (siendo imposible la toma de medidas geométricas adicionales por la situación de pilar, vigas y tabiques), ver tabla prontuario perfil 25/8, anejo 5.2.* ***buen estado de conservación*** *en la parte vista*

- *Tras una citara de ladrillo hueco (foto 45), encontramos la viga de carga IPN 220.en buen estado, esta viga apoya en el pilar atravesando el hueco que forman los UPN en cajón, disponiendo lo que parece una placa de asiento apoyada en las propias presillas del pilar (fotos 45-46-47).*

- Como hallazgo particular, *observamos perfiles metálicos diagonales*, *cuyo objeto desconocemos*, que servirían de arriostramiento general y/o apoyo adicional a modo de apeo de la carga transmitida por la viga.

- **Muy buen estado de conservación de toda la estructura observada en esta zona de planta, estado casi intacto de la pintura de protección en toda la estructura observada en la zona.**

B) Investigaciones en zonas más dañadas descritas en el informe de BV de 2003 y ampliación de zonas de forjado sanitario investigadas, efectuadas en 2016

4) **Pilares de sótano en zona analizada por BV en 2003**

4.a) <u>Catas en inicio de tramo de sótano de pilares 120 y 122 (fotos 6 a 9)</u>

-Observamos perfiles **UPN empresillados en Cajón, 220 y 250/10** (estos separados 150mm), respectivamente

- *Pilar 120, se encuentra protegido por un dado de hormigón en masa de gran dureza (foto 6)*

- *Pilar 122, revestido por una fábrica de ladrillo con cámara de aire (foto 7)*

- **Se observan delaminaciones de óxido de hierro, adheridas en exterior de almas y alas, de más de 10mm de espesor (significarían unos 2mm de pérdidas de acero en esa cara), corrosión avanzada (fotos 6-7-8-9).**

4.b) Catas en forjado de techo de sótano , que coinciden con zona bajo patio y rampa en plt baja.

*- Forjado **de viguetas IPN140,** bovedillas cerámicas**,** en ámbito de pilares 174-173-144-145, muestran **corrosión muy avanzada,** desprendimiento de bovedillas y **delaminaciones de óxido de más de 12mm** en ambos lados de alas y lado visible de alma (fotos 10-11). En paño adyacente más alejado del bajante de sumidero de patio (foto 11), las viguetas muestran una corrosión moderada (menos avanzada), (foto 12)*

- Se observan en zonas donde no podemos efectuar catas (por existencia de depósitos y maquinaria), indicios de corrosión importante en algunas vigas de **estructura de rampa,** vistas desde inferior en sótano, y en viguetas del forjado (fotos 13-14. Plano 1 anejo 5.1)

Conclusión principal

- *Combinando los resultados de las investigaciones de 2003 y 2016 recomendamos descubrir ,sanear y proteger (por el procedimiento que detallaremos en el apartado 4) los primeros metros del tramo de pilares de sótano P120-121-122-123-134-135-136-137-138-139-143-172, debido a los procesos de corrosión avanzados que presentan y que pueden suponer una disminución de la sección resistente de un 30% aproximadamente. No descartamos por estas pérdidas de sección, la necesidad de efectuar refuerzos mediante pletinas soldadas, para aumentar la capacidad a compresión de los pilares y restaurar la seguridad inicial. En principio según nuestras estimaciones de cálculo estos refuerzos no serán necesarios*

- *Sanear y proteger el paño de forjado de techo de sótano más dañado entre pilares P174-175-145-146, y la estructura bajo rampa (P174-175-176-145-146-147), ampliar al paño completo bajo patio, p179-p138 (ver plano1 anejos 5.1), por el procedimiento descrito en el apartado 4. Reforzar en caso de que las pérdidas de sección afecten a la seguridad estructural. Se deben reparar las fugas en sumideros o fallos en impermeabilización del patio, que han sido los causantes o aceleradores de estos procesos de corrosión. Al sanear y proteger estos paños de forjados , se ampliará la reparación a las vigas de carga y pilares que los sustentan*

- *En la zona bajo patio de planta baja (marcada en verde en plano 1 anejo 5.3) se demolerá el paquete de cubierta , capa de compresión y entrevigados, dejando la estructura vista, para sanear viguetas, vigas de carga y pilares, y reforzar según valore la dirección de obra. Se repondrán adecuadamente impermeabilizaciones e instalaciones pluviales*

5) Forjado Sanitario (ver croquis plano 2 anejo 4.2)

5.1 Entrada en forjado Sanitario desde arqueta en inicio de pasillo de cafetería, junto a pilar P56 (foto 21)

- Imposibilidad de circular ni siquiera "gateando" en condiciones de seguridad mínimas por la existencia de escombros, bovedillas desprendidas, tuberías etc. (fotos 24-27-28-29)

- Podemos verificar los perfiles reflejados en el plano 2 de BV de 2003 junto al pilar P56.

- Viguetas IPN140, incluso IPN120 en un tramo corto , **corrosión avanzada** (foto 23)

- ***Estado de corrosión avanzada en viguetas y muy avanzada en perfil IPN320 entre P55 y P57 (foto 22), corrosión generalizada, delaminaciones de óxido de 15mm***

-***Nudo de apoyos y pilar P55, delaminaciones de más de 15mm en todo el contorno, corrosión muy avanzada (fotos 25-26), imposibilidad de realizar mediciones en el pilar***

- Muro de fábrica de ladrillo que impide observación de zonas bajo “sala de exámenes (foto 28)

5.2 Entrada desde arqueta cercana a pilar P50 (foto 30)

Imposibilidad de circular ni siquiera "gateando" en condiciones de seguridad mínimas por la existencia de escombros, tuberías -Mal olor por fugas en saneamiento (fotos 35-36-37)

- Viguetas IPN 140 estado de **corrosión avanzada** (fotos 35-36)

- ***Corrosión muy avanzada en pilar P50 , delaminaciones de óxido de hasta 15mm (fotos 34 y 38) arranque de soporte con dado de hormigón en masa***

- Viga de carga entre pilares P49-50, IPN 260, delaminaciones de óxido de hasta 20mm (borde de alas inferior con pérdidas total de sección en bordes, (foto 32 y 33). Unión con viga de carga en mal estado por corrosión (foto 39)

- Brochal de viga de carga IPN 180 con IPN 260, corrosión avanzada (fotos 31)

Paradójicamente las vigas en estado más preocupante de seguridad apoyan en muros de fábrica (foto 22), decimos paradójicamente porque a la vez que la humedad que retienen estos muros en la zona de apoyo ha sido probablemente la causa del agravamiento de la corrosión (además de lógicamente la falta de ventilación del forjado fugas y/o filtraciones desde el patio) la trasmisión de cargas que hacen estos muros, evitan el riesgo de colapso o deformaciones excesivas.

Conclusión principal

- *Zona de forjado sanitario (fotos en pasillo perimetral que rodea al patio central,* ***En todo el ámbito de la zona marcada (****en recuadro rayado en rojo)* ***en el plano 2 del anejo 5.1, (unos 140m^2) debido al estado de corrosión muy avanzada (en vigas de carga IPN, viguetas y pilares, fotos26,56) y al pésimo estado en algunos puntos respecto a la seguridad estructural, debido a la imposibilidad de realizar operaciones de saneado y limpieza efectivas (chorro de arena) en zonas confinadas y sin ventilación, proponemos como única solución eficaz y viable la demolición total o parcial del forjado y posterior intento de saneado y conservación de vigas de carga y pilares, como detallamos en el apartado 4. Esta demolición puede realizarse a criterio del proyectista de dos formas principales, o bien total incluso sustituyendo viguetas, o rompiendo solado y entrevigados y manteniendo las viguetas actuales (de igual forma que en forjado bajo patio), para proceder a su saneado y posible refuerzo según valore el director de obra***

- *Aunque no hemos podido realizar observación directa, damos por casi seguro, la existencia de corrosión avanzada en los arranques de los pilares del perímetro del patio, bajo el forjado sanitario, de esta forma los marcamos en el plano 2 y serán objeto de actuación en el proyecto de remodelación*

- *En varios paños del forjado sanitario que se observan desde la "puerta" de acceso del cuarto de mantenimiento, comprobamos la existencia de* ***forjado de viguetas de hormigón armado prefabricado*** *(como ya indicaba el informe de 2003 de BV). Este forjado se extiende, entre otras posibles zonas, bajo las gradas del aula contigua y bajo el almacén del salón de grados. Las viguetas de hormigón que hayamos* ***observado NO muestran fisuración que indiquen procesos de corrosión, aunque si una muy elevada humedad***

6) Zona de forjado sanitario bajo vestíbulo de entrada NO inspeccionada aun por BV ni en 2003 ni en 2016

- En la última visita a la Facultad de medicina, el día 21-01-2016 *para planificar el resto de posibles zonas a acceder en el forjado sanitario, realizada con el contratista, un operario de mantenimiento, nos informa de lo siguiente de lo cual informamos al contratante por mail*

- "Me comenta Paquito que a través de una pequeña arqueta que desconocíamos, que se sitúa bajo un cubo de basura, existente en el centro del pasillo del sanitario a demoler, han accedido al forjado sanitario y a través de un hueco existente en el muro, a la estructura bajo la zona del vestíbulo y escalera de entrada. Me ha enseñado fotos (las cuales les he solicitado) y sorprendentemente la estructura metálica, vigas, viguetas y arranques de pilares, presentan un aparente buen estado de conservación. Este acceso lo han hecho hace poco para una reparación, en otro caso me hubiera informado en las sucesivas entrevistas sobre el tema del sanitario que hemos tenido con él."

Se pueden observar el buen estado de conservación de esta zona de la estructura del forjado sanitario a través de las fotos 50-51-52-53-54

El 25-01 efectuamos un acceso personalmente por esta arqueta y por otras varias existentes, confirmando las observaciones que habíamos realizado en el resto del pasillo perimetral y el buen estado de conservación del forjado sanitario bajo el vestíbulo de entrada a la facultad

7 **Ampliación de inspecciones bajo forjado sanitario 25-01-16**

- Con la ayuda de personal de mantenimiento, accedimos por 4 arquetas existentes al inferior del forjado sanitario, pudiendo circundar entre 0 y 7m según puntos
(en adelante denominaremos como **pasillo perimetral**, al corredor que circunda el patio central , interrumpido por salón de grados, en cuya parte delantera esta la zona de forjado sanitario que hemos marcado con rayado en rosa, como zona a demoler solados y entrevigados y dejar en estructura de viguetas vistas para proceder a un saneado exhaustivo)

7.1. Arqueta en zona del pasillo perimetral cercano a la puerta que comunica con el vestíbulo de entrada, en la parte central, situada bajo un cubo de basura, junto al pilar 53), ver fotos desde 55 a 88

- Se confirma lo ya investigado en el punto 5 sobre el pésimo estado en cuanto a corrosión avanzada de esta zona, sin embargo traspasamos el hueco existente en el muro de fábrica, foto 58, y pasamos a la zona de forjado bajo el vestíbulo (fotos 60 a 64), donde toda la estructura de forjado y pilares presenta un buen estado de conservación, lo más llamativo es observar el estado del pilar 53, doble UPN, por ambos lados , foto 57 y 59 , y 65y 66.
Una posible explicación a esta diferencia de velocidad de corrosión puede provenir de las filtraciones desde el exterior a través del muro perimetral del patio, unido a la falta de ventilación de la cámara, sin embargo aparentemente el estado de los pilares insertados en el perímetro del muro de patio, no muestran tal nivel de daños (fotos 67,68.69). Las fugas en las instalaciones de esta zona, y su reducido espacio, y cercanía al ambiente exterior, pueden aumentar los niveles de humedad interior.
Los pilares interiores están muy corroídos, como el 53, pero encontramos otros cuyo mayor nivel de daños se produce en la unión con los dados de hormigón , como el pilarito central entre 52-53, solo de apoyo al sanitario (foto 70), el pilar P52 presenta parecido estado , foto 72. El perfil IPN de viga de carga sobre muro, presenta un gran estado de deterioro por corrosión.

- **Tras la demolición planteada de la zona y saneados previsto, deben reponerse todas las instalaciones de abastecimiento y saneamiento que circundan la zona y propiciar sistemas de ventilación natural a la cámara sanitaria**

7.2 Arqueta del almacén del pasillo perimetral, en salón de grados. fotos 74 Y 75

- **Forjado de viguetas de hormigón prefabricado**, sin **síntomas de corrosión**, pero **altísimo nivel de humedad**, todas las viguetas con gotas de agua condensada (foto 75). El pilar de fachada a patio, **P207 muestra procesos de corrosión importante**. **Los forjados apoyan en dirección perpendicular a la reflejadas en el plano 2 de 2003, en muros de carga** (foto 74)

- Al demoler este cerramiento de patio, en zonas de pilares (ya que es muro de carga y no podrá demolerse entero) para sanear y proteger los mismos, debe aprovecharse para instalar rejillas de ventilación del sanitario, que no debe

permanecer más años con tal alto estado de humedad, pues acabará afectando, con el paso de los años, a la seguridad estructural de las viguetas de hormigón.

7.3 Arqueta lateral en pasillo perimetral junto a P98, junto a aula de gradas

- **Forjado de viguetas de hormigón en buen estado de conservación**, hasta donde podemos alcanzar con la vista, 5-6m más ,el forjado sigue siendo de hormigón. No se puede transitar. Foto 78
- **Pilar interior P98 con corrosión avanzada** , sobretodo en zona de unión con dado de hormigón, foto 79
- Estos pilares deben ser saneados y protegidos, por los métodos ya expuestos en el informe inicial, el problema de estos en concreto y podemos suponer que todos los que se encuentran en similar zona, es que tendrán procesos **de corrosión avanzados en el arranque, pero como están situados en zonas que NO se va a demoler el entrevigado del forjado ya que está sano, no se tendrá acceso si no se hacen arquetas específicas para cada uno de ellos. Los marcamos en el plano 2 del anejo 5.3 ya que damos por muy probable que deban ser saneados o controlados**

7.4 Entrada a forjados bajo gradas de aula, desde despacho de mantenimiento, fotos 80 a 88

.- **Forjados inclinados de viguetas de hormigón**, apoyados en muros de carga, presentan **buen estado frente a corrosión**, aunque con síntomas aparentes de deformaciones excesivas en muros y forjados, fotos 26 y 27. **Las viguetas tienen dirección girada 90º a la marcada en plano 2 de 2003.**

- Transitando la mayor parte del área bajo el aula de grados, llegamos a un pilar de **fachada, la opuesta a la principal, P128**, también de doble perfil UPN (fotos 83 y 84). También un perfil IPN 340, foto 82, que hace de cierre del forjado inclinado para gradas.
- En ambos casos muestran **un buen estado de conservación excepto en la parte del perfil insertadas en fachada, donde la corrosión ha avanzado (fotos 84,86,87,88)**
- La vigueta extrema del forjado es metálica, con importante corrosión (fotos 85 y 88)

8 AMPLIACIÓN DE INSPECCIÓNES BAJO FORJADO SANITARIO 28-01-16

- Con la ayuda de operarios contratados por BV efectuamos 2 huecos en superior de forjado sanitario para poder ampliar las zonas investigadas (fotos 89,111 y 112), elaboramos un reportaje fotográfico, en anejo 5.3.3, con fotos desde el número 89 a 112.

8.1. Arqueta en sala de lectura junto a pilar p12

- Justo bajo el hueco practicado encontramos una arqueta de obra, que nos impide ver el pilar P12, pero podemos transitar alejándonos unos 8 metros de la zona de entrada , llegando hasta el pilar P44
- En ese ámbito, la viga de unión del pilarito A y el p12, muestra corrosión en zona cercana a arqueta y fachada (foto 90)
- Existen varios pilaritos, tal como marca el plano de estructura, A y B, que sólo cuentan con el tramo bajo sanitario
- En general el **estado de conservación de la estructura de vigas y viguetas es buena , presentando únicamente oxidación superficial en alguna zonas, sobretodo en nudos de unión con pilares (foto 91)**
- Seguimos detectando fugas en instalaciones de abastecimiento, presencia de instalaciones de saneamiento muy antiguas y con posibles fugas y bovedillas desprendidas (foto 101)
- ***La principal patología encontrada consiste en que los arranques de todos los pilares observados en esta zona (realmente en mayor o menor medida bajo todo el sanitario) presentan un estado de corrosión avanzado (fotos 94,99,100,104),*** *que se inicia en la unión con el dado de hormigón en masa, y en algún caso, foto 100, fractura el dado de HM. La velocidad de corrosión es mayor en estas zonas debido a que el acero está sometido a mayor humedad en contacto a la vez con el hormigón y el ambiente, aumentando el efecto electroquímico (ánodo-cátodo) de la corrosión. Esto hace a la vez que todas las uniones viga-pilar, presenten al menos una oxidación superficial, aunque sin relevancia para la seguridad estructural*
- ***Hasta donde nos alcanza la vista con la iluminación (linterna) observamos esta singularidad en el resto de pilares y pilaritos tras el P44***
- ***En general todas las viguetas presentan buen estado, como máximo oxidación superficial, que en todos los casos se acentúa en los apoyos en fachada (foto 98), por el acceso de humedad exterior y la retención de la misma que hacen los elementos del muro***

8.2. Arqueta en sala de estudiantes, junto a P46

- Igualmente bajo el hueco encontramos una arqueta de obra que nos impide ver el pilar P46
- Zona con gran presencia de arquetas de obra, instalaciones de saneamiento de fibrocemento, tuberías colgadas oxidadas que traspasan forjado, bovedillas desprendidas (fotos 107,108.109,110)

- **Observamos patologías similares al caso anterior, redundantes y repetitivas en mayor o menor grado en toda la planta bajo forjado, corrosión en arranque de pilares que agrietan los dados de HM (pilar P45, foto 106) , vigas de carga en buen estado que aumentan la oxidación en nudos de pilares y viguetas que mostrándose en buen estado, aumentan su estado de corrosión en unos 50cm en la cercanías al apoyo en fachada (foto 108)**

4. CONCLUSIONES DE LAS OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES DE ACTUACIÓN

4.1. CONCLUSIONES GENERALES

Se recuerda que para la realización del presente estudio se ha contado con las inspecciones visuales en gran parte de las estancias del edificio, principalmente planta sótano y baja, y algunas de las zonas más dañadas del forjado sanitario

Este informe **recoge, en base a la misión contratada, las opiniones técnicas y descripciones, obtenidas mediante inspecciones visuales y catas puntuales, en la estructura de zonas puntuales y a las que han sido posibles acceder bajo el forjado sanitario, incluso con apertura de huecos para acceso en forjado realizados por BV**. *Las inspecciones de campo se han realizado en 3-4 días entre diciembre y enero, habiendo emitido pocos días antes, un informe preliminar, como adelanto de las investigaciones, debido a la urgencia de entrega del proyecto general. Este informe es modificación del informe final ya emitido, tras nuevas informaciones obtenidas en reunión con el proyectista*

En el listado descriptivo de las principales zonas y patologías halladas, emplearemos a modo de ejemplo, una referencia de fotografía contenida en el anejo 5.3 (de las numerosas que pueden encontrarse en todo el reportaje). Las conclusiones generales que se obtienen de los trabajos de campo y gabinete realizados hasta ahora son las siguientes:

A) Estado de conservación de la estructura de plantas sobre rasante

- *En general el estado de conservación de los perfiles metálicos, vigas y viguetas, en las zonas de plantas sobre rasante investigadas , en investigaciones en su mayoría correspondientes a partes contenidas en el proyecto de la remodelación prevista,* ***presentan un buen estado de conservación (foto 48), sin procesos de corrosión importantes ni generalizados, simplemente oxidaciones leves en algunas zonas concretas, como cara exterior de pilares de fachada y cabeza de viguetas de extremos de forjado en cámara de aire.***

B) Principales áreas con daños importantes por corrosión de estructura metálica

Tras las zonas de estructura investigadas tanto para el informe preliminar, como tras la ampliación de áreas a las que hemos accedido bajo el forjado sanitario, enumeramos de forma resumida, las principales zonas afectadas por procesos de corrosión avanzados. Agrupamos las patologías por tipologías y zonas, en el caso de procesos de ***corrosión avanzados o muy avanzados****,* ***los elementos deben ser saneados, protegidos y reforzados o sustituidos, siguiendo las metodologías que expondremos posteriormente. En la mayor parte de los casos, debido al sobredimensionamiento de los elementos, estos procesos de corrosión no ponen en riesgo inminente la seguridad estructural, en el caso que no sean objeto de saneado a corto plazo, deberá elaborarse un plan de seguimiento de control periódico de evolución de los procesos***

- ***B1*** *La única zona de la edificación , que NO pertenezca al forjado sanitario, en la que hemos encontrado procesos de* ***corrosión avanzados****, pertenecen a* ***la planta de sótano*** *accesible desde el ascensor del pasillo de cafetería, principalmente*

- ***Arranque de pilares de planta de sótano (F7), ya señalados algunos por BV en 2003,*** probablemente el acceso de humedad por capilaridad del terreno y la falta de ventilación han acelerado el proceso, en el plano 1 del anejo 5.1 **señalamos los que incluimos** en el proceso de reparación, que va a formar parte del proyecto de remodelación.

- ***Paños de forjado bajo patio y rampa (F10)***, las filtraciones desde la cubierta de patio y rampa de la planta baja, durante décadas, han producido los efectos de corrosión existentes

- *Combinando los resultados de las investigaciones de 2003 y 2016 recomendamos descubrir ,sanear y proteger (por el procedimiento que detallaremos en el apartado 4) los primeros metros del tramo de pilares de sótano P120-121-122-123-134-135-136-137-138-139-143-172, debido a los procesos de corrosión avanzados que presentan y que pueden suponer una disminución de la sección resistente de un 30% aproximadamente. No descartamos por estas pérdidas de sección, la necesidad de efectuar refuerzos mediante pletinas soldadas, para aumentar la capacidad a compresión de los pilares y restaurar la seguridad inicial. En principio según nuestras estimaciones de cálculo estos refuerzos no serán necesarios*

- *Sanear y proteger el paño de forjado de techo de sótano más dañado entre pilares P174-175-145-146, y la estructura bajo rampa (P174-175-176-145-146-147), ampliar al paño completo bajo patio, p179-p138 (ver plano1 anejos 5.1), por el procedimiento descrito en el apartado 4. Reforzar en caso de que las pérdidas de sección afecten a la seguridad estructural. Se deben reparar las fugas en sumideros o fallos en impermeabilización del patio, que han sido los causantes o aceleradores de estos procesos de corrosión. Al sanear y proteger estos paños de forjados , se ampliará la reparación a las vigas de carga y pilares que los sustentan*

- *En la zona bajo patio de planta baja (marcada en verde en plano 1 anejo 5.3) se demolerá el paquete de cubierta, capa de compresión y entrevigados, dejando la estructura vista, para sanear viguetas, vigas de carga y pilares, y reforzar según valore la dirección de obra. Se repondrán adecuadamente impermeabilizaciones e instalaciones pluviales*

B2 Las más extendidas y avanzadas patologías por corrosión se encuentran en zonas concretas de la estructura existente en la cámara de aire de forjado sanitario, y los problemas de durabilidad, que deben ser subsanados

*El aumento de velocidad de corrosión en esta zona, se produce sin duda, por el alto contenido de humedad existente, por la falta de ventilación, numerosas fugas en instalaciones de abastecimiento e incluso saneamiento, falta de mantenimiento de las protecciones contra la corrosión de la estructura y otros motivos que favorecen y aceleran el proceso de corrosión. Encontramos en nuestras investigaciones, zonas de forjados de viguetas de hormigón, extendidas en una amplia superficie (ver plano 2, anejo 5.1), apoyadas en muros de carga de fábrica de ladrillo, estas **viguetas no muestran procesos de corrosión** relevantes, pero si un llamativo contenido en humedad, y formación de condensaciones (F 75)*

Empleamos el plano 2 de estructura del forjado del informe de BV de 2003, para señalar los hallazgos más relevantes en 2016, adjuntamos como plano 2 un plano para señalar las zonas que hemos comprobado con patologías por corrosión relevantes. El plano que denominamos 2.1 para indicar la posición aproximada de las fotografías más relevantes contenidas en los anejos 5.3. El plano que denominamos 2.2 es una muestra de las arquetas existentes por las que hemos podido acceder al forjado sanitario, de los 2 huecos que hemos ejecutado en la capa de compresión en sala de lectura y alumnos. Por último, indicado en el mismo plano, proponemos un plan de realización de huecos de acceso desde el superior, al forjado sanitario, para poder abarcar una inspección en un gran porcentaje de toda la planta, que permita conocer el estado de conservación de casi la totalidad de la superficie y permita realizar un control y seguimiento de evolución de estas patologías por corrosión.

Tras las múltiples investigaciones efectuadas, enumeramos las siguientes zonas y elementos con procesos de corrosión

- ***B2.1** Zona de forjado sanitario (fotos en pasillo perimetral que rodea al patio central, **En todo el ámbito de la zona marcada (**en recuadro rayado en rojo) **en el plano 2 del anejo 5.1, (unos 140m^2) debido al estado de corrosión muy avanzada (en vigas de carga IPN, viguetas y pilares, fotos26,56) y al pésimo estado en algunos puntos respecto a la seguridad estructural, debido a la imposibilidad de realizar operaciones de saneado y limpieza efectivas (chorro de arena) en zonas confinadas y sin ventilación, proponemos como única solución eficaz y viable la demolición total o parcial del forjado y posterior intento de saneado y conservación de vigas de carga y pilares, como detallamos en el apartado 4. Esta demolición puede realizarse a criterio del proyectista de dos formas principales, o bien total incluso sustituyendo viguetas, o rompiendo solado y entrevigados y manteniendo las viguetas actuales (de igual forma que en*

forjado bajo patio), para proceder a su saneado y posible refuerzo según valore el director de obra

- ***B2.2*** *En la mayor parte de la superficie del forjado sanitario que hemos investigado, encontramos un proceso de patología redundante, se trata de corrosión avanzada en* ***arranque de pilares metálicos, que se inicia en el punto de unión con el dado de hormigón en masa protector que disponen (por acumulación de humedad) y que por la expansión y extensión del proceso, agrieta los dados de HM y produce oxidación superficial en los nudos de unión de vigas-pilar (foto 99)***. Esta patología se produce también en zonas del sanitario con **viguetas de hormigón (F74),** aunque los que hemos observado corresponden a elementos de fachada o bajo el pasillo que circunda el patio central *Estas patologías por corrosión las encontramos también en zonas de cámara sanitaria más ventilada, pero en la zona de* ***pilares unidos a fachada (pilar 128-F84)***

- *Marcamos en el plano 2 los tramos de pilares bajo forjado sanitario en los que hemos comprobado sufren estos procesos de corrosión, probablemente esta patología se extienda a una gran parte de los mismos, estos pilares deben ser* ***saneados y protegidos*** *por el procedimiento que detallamos posteriormente.*

- ***Principalmente incluimos (y así se incluirá en el proyecto de remodelación) todos los pilares situados en el perímetro del patio central y los de la siguiente crujía*** *que forman el pasillo de los rodea, que por su situación, fugas y contenidos en humedad, muestra velocidades de corrosión mayores a otras zonas.* ***Según el estado final que presenten deberá ser el director de obra el que valore la necesidad de refuerzo en cada caso. Hemos comprobado la existencia de esta tipología de patología en las zonas que hemos podido investigar y observar pilares, bajo sala de lectura y aula de alumnos***

- ***Según los análisis que hemos realizado en uno de los pilares más cargados, P30****, actualmente, para las pérdidas de sección que hemos detectado y estimado y por el sobredimensionado que presentan estos elementos,* ***la seguridad estructural remanente de estos pilares con los procesos de corrosión actuales no supone un riesgo estructural inminente****. Sin embargo, al ser la corrosión un fenómeno electroquímico imparable y que avanza (con mayor o menor velocidad según condiciones externas), se hace necesario efectuar un* ***plan de control y seguimiento de estas patologías****. Como* ***plan de actuación proponemos aperturas de huecos en superior de forjado*** *para control y mantenimiento preventivo de estos procesos de corrosión, hemos propuesto en el plano 2.2 un amplio número de realización de huecos en el superior de forjado, en zonas cercanas a los pilares más cargados, que abarque la mayor parte de la superficie para proceder a su estudio, seguimiento y saneado y/o refuerzo. La situación y número de estos huecos, es orientativa, ha sido consensuada con el proyectista por motivos técnicos y estéticos, pero puede ser cambiada, mientras se mantenga la filosofía del control*

- *Durante las obras de remodelación objeto del actual proyecto,* ***se efectuará un saneado y protección exhaustivo del pilar analizado, P30, en sala de biblioteca****. Las resultados reales que observe la dirección de obra, servirán para validar las hipótesis de partida y concretar la necesidad o no de actuaciones y la planificación del periodo de control y/o saneado*

- ***B2.3)*** *Por último, un tipo de patología por corrosión, extendida en zonas de forjados sanas, se produce en la longitud* ***de viguetas del forjado más cercana al apoyo en el muro de fachada*** *(F108), esta corrosión se aumenta por la existencia de arquetas o instalaciones pasantes. Esta patología en estas zonas de viguetas no tiene relevancia en cuanto a la seguridad estructural, por la gran seguridad residual a cortante que cuentan estos elementos y por estar sanas las viguetas en el resto de longitud. En la medida de lo posible y en zonas a las que se acceda para otras reparaciones deben también sanearse. Esta tipología será objeto de control y seguimiento en las mismas fases que el anterior*

- ***B2.4) Fuera de la zona más dañada ya indicada, y de estas patologías concretas en arranques de pilares, en general el estado de las vigas de carga, viguetas y nudos de la estructura del forjado sanitario, no presenta patologías por corrosión relevantes y en muchos casos los elementos se encuentran sanos y conservan la pintura de protección (F53,62,96,99)***

- *En varios paños del forjado sanitario que se observan desde la "puerta" de acceso del cuarto de mantenimiento, comprobamos la existencia de* ***forjado de viguetas de hormigón armado prefabricado*** *(como ya indicaba el informe de 2003 de BV). Este forjado se extiende, entre otras posibles zonas, bajo las gradas del aula contigua y bajo el almacén del salón de grados. Las viguetas de hormigón que hayamos* ***observado NO muestran fisuración que indiquen procesos de corrosión, aunque si una muy elevada humedad***

C) Evaluación de la Seguridad Estructural -Necesidad de refuerzos estructurales

En estructuras metálicas con patologías por procesos de corrosión avanzados, una de las decisiones principales tras efectuar el saneado de los perfiles, es decidir la **necesidad o no de refuerzo estructural**. En ocasiones se suele limitar las pérdidas de sección a un 15-20%, a partir de la cual por sistema se procede a recomendar tal refuerzo, de diferentes tipologías según la zona y el elemento. Este criterio es aplicable directamente si suponemos que el elemento estructural tiene un dimensionamiento estricto para su uso en servicio. Sin embargo esto no siempre es así, en numerosas ocasiones por igualación de sistemas o elementos, falta de métodos de cálculo precisos u otros motivos, *las estructuras antiguas de este tipo están sobredimensionadas*

En el caso de un proyecto de rehabilitación, aparte de las estimaciones que pudieran hacerse en fase del estudio patológico**, únicamente la dirección de obra de la rehabilitación, una vez queden perfectamente saneados y limpios cada perfil metálico**, podrá calcular más precisamente la sección residual del elemento y **estimar la seguridad estructural residual para el uso definitivo**. No sólo es importante la sección remanente, es muy importante **valorar el estado de las uniones**, cordones de soldadura, pernos de anclaje etc.

A modo de ejemplo significativo, hemos efectuado una estimación de la seguridad estructural en dos elemento tipo de los encontrados y de los que proponemos, **pilar de sótano P122 y pilar de forjado sanitario en zona de sala de lectura P30, ambos con perfiles doble UPN 250/10**

Tratamos de estimar cual sería la seguridad estructural residual, es decir, la que se mantiene tras las pérdidas de sección existente

Hemos efectuado esta estimación de la seguridad con el programa informático Cype-3D 2016, adjuntamos un breve resumen de resultados en el anejo 5.2. Explicamos las conclusiones más importantes tras esta evaluación ante **acciones de** compresión (básicamente las principales, ya que son pilares interiores y con luces compensadas).

Pilares perfil doble UPN 250/10 en cajón empestillado

- Esta serie de perfil, que hemos encontrado en obra y que se refleja en el prontuario de Altos Hornos De Vizcaya, no existe actualmente en las series normalizadas

- Por similitud buscamos en el listado del software una serie que tenga la misma sección (ya que calculamos a compresión-pandeo), que este perfil simple, 53.70cm^2, encontramos en la serie del software el perfil UPN 280 con sección de 53,80cm^2. Modelizamos este perfil en Cype, con las separaciones halladas en obra y un acero tipo S275 (suponemos de límite elástico aproximado a los existentes en la época, incluso menor al A-42) y obtenemos una carga máxima axil de **compresión por pandeo**, resistencia a pandeo(CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2) para cada perfil simple de **120Tn**

- Hemos estimado por los **espesores de delaminaciones de óxido desprendidos** y hemos tenido en cuenta que en los procesos de corrosión la densidad del acero tras pasar a óxido se disminuye unas 7veces, luego el volumen aumenta 7 veces. Con estos criterios, hallamos se producen unas pérdidas de sección aproximadas de un 30% en cada perfil. Esto equivaldría (únicamente a compresión) a que pasáramos a perfiles de la serie de Cype de UPN 220, con una axil máximo por pandeo en cada perfil de 82Tn

- Si realizamos una estimación simple de la carga de compresión que solicita al pilar P122, en función del número de plantas que observamos en planos de distribución, el área tributaria y con una carga por planta total de 800Kp/cm^2, muy del lado de la seguridad , obtenemos una carga de compresión en servicio de unos 56Tn

- Realizando esta estimación simple de la carga de compresión que solicita al pilar P30, en función del número de forjados que sustenta (sanitario +5), de su área tributaria y con una carga por planta total de 650Kp/cm^2 (pp+cm+su) (ajustamos debido al mayor número de plantas), obtenemos una carga de compresión en servicio de unas 90Tn

- Aplicamos esta carga en el perfil UPN220 doble empresillado y obtenemos (ver anejo 5.2)

Obtenemos para el pilar 122, una vez tenidas en cuenta las importantes pérdidas de sección, un aprovechamiento del 46%, y para el pilar P30 un aprovechamiento del 70% es decir, estamos lejos de alcanzar el dimensionamiento estricto, y la seguridad estructural de estos soportes incluso con importantes pérdidas de sección por corrosión en el arranque es sobrada

Los dados de hormigón en masa existentes en los arranque de los pilares, no son elementos de cimentación ni estructurales, es un elemento protector (aunque paradójicamente ha favorecido la corrosión en la interfase de unión), que como mucho puede "ayudar" a conseguir un mayor empotramiento en cimentación. Por otra parte, en la longitud donde aplica, es cierto que puede aumentar la seguridad ante cargas de compresión, pero porque impide el pandeo del pilar en ese tramo, no porque colabore transmitiendo cargas a cimentación, menos aun cuando ha perdido adherencia por la corrosión del pilar

- *Si estos análisis se confirmarán, se podría concluir que **no sea necesario el refuerzo** de los pilares una vez saneados, esto será decisión de la dirección de obra una vez compruebe el estado final de cada soporta saneado, y de las uniones soldadas. En concreto estos soportes 122 y 30 serán objeto de saneado en la obra objeto del proyecto en cuestión*

- *Hemos estimado La seguridad estructural de los perfiles IPN140 para luces de 5m y sobrecarga de uso normales. Hemos obtenido que para perfiles sanos contamos una seguridad adicional del 30%. Solo en el caso de pérdidas de sección muy importantes y luces de esa índole, sería necesario su refuerzo. La seguridad estructural ante esfuerzos cortantes (roturas en apoyos) está garantizada incluso en zonas con corrosión muy avanzada*

- *Este sistema de evaluación o similar debe hacerse en todos los arranques de pilares y en las viguetas y vigas (lógicamente a flexión , empleando para ello el módulo resistente residual)*

4.2. RECOMENDACIONES DE ACTUACIÓN Y PROTECCIÓN

Indicamos a continuación las actuaciones que estimamos más adecuadas, teniendo en cuenta los niveles de daños, las pérdidas de sección y la situación de cada elemento estructural

Zona de pilares de sótano indicadas en planos y reflejadas en el apartado 4.1 y plano 2 del anejo 5.1. tramo de pilares del perímetro del patio y vigas de carga y tramos de pilares de la zona de forjado sanitario y bajo patio a demoler parcialmente, arranque de pilares bajo forjado sanitario (en estos casos con medidas adicionales de acceso y seguridad por trabajos en espacios confinados)

- ***Deberán investigarse y repararse las instalaciones de saneamiento y abastecimiento que circundan el inferior del sanitario y de los que existen evidencias de fugas y deterioros***

- ***Debe diseñarse y ejecutarse un sistema de ventilación de la cámara de aire bajo el forjado sanitario, que abarque la mayor superficie posible***

- ***Deben practicarse huecos en el superior del forjado sanitario para poder ampliar las zonas de investigación y efectuar un control y seguimiento del avance de los procesos de corrosión, que tras las obras de remodelación deben ser de menor velocidad si se siguen las recomendaciones anteriores. Estos huecos servirán para efectuar el saneado y protección de los soportes adyacentes y extraer información sobre el estado real que permita a la dirección de obra planificar adecuadamente actuaciones futuras.***

Procesos de saneado y protección general para elementos estructurales metálicos

El proceso de corrosión de estructura metálicas una vez iniciado es imparable, todo lo que se puede hacer es sanear los elementos más afectados, realizar una protección, impermeabilización y ventilación adecuada, para retrasar la mayor cantidad de años posible el proceso.

En la estructura estudiada, aunque hay zonas con procesos de corrosión avanzados, en general, por el sobredimensionado de la estructura, no existe un riesgo estructural inminente. Aun así, muchas de las zonas en peor estado van a ser saneadas y protegidas bajo el presente proyecto de remodelación. Las zonas afectadas (por ejemplo pilares bajo forjado sanitario) que no van a sanearse en su totalidad, serán objeto de un plan de control y seguimiento. Todos los elementos de estructura metálica que sean objeto de saneado, presente o futuro, deberán realzarse aproximadamente con la metodología que exponemos a continuación

Indicamos el proceso de **saneado y protección general** más eficaz para detener el proceso.

- En **los elementos** con problemas avanzados de corrosión, proponemos el sistema de reparación y **saneado** usual para frenar el proceso, el seguimiento exhaustivo del siguiente procedimiento y el empleo de materiales de calidad y personal cualificado será necesario (aunque no suficiente) para asegurar la durabilidad de la reparación

- 1. En el caso de los pilares No es estrictamente necesario Apuntalar , aunque **debe hacerse por mayor precaución, sobre todo en los pilares más cargados (5 plantas), al tener que demoler los dados de HM**

- 2. Eliminar los enfoscados, revestimientos y emparchados de los pilares hasta dejar libres en todo su espesor exterior y lateral, los 4 perfiles angulares y las presillas de unión. En algún soporte como el 120 o los arranques bajo sanitario, se deberá picar el hormigón en masa de los dados que los rodea, hasta alcanzar las placas de anclaje o las zonas sanas en el inferior.

- 3. Los perfiles angulares afectados por la corrosión deberán descubrirse en todo su perímetro y en tal longitud que alcance y sobrepase 10-15 cm la zona de acero sano a lo largo de cada perfil que forma el pilar o viga. Probablemente en casa caso ocupará toda la altura de la planta o longitud embutida en el HM. Se debe llegar si es necesario hasta el arranque de los perfiles, es decir hasta la **placa de anclaje**, para lo cual según el plano 5 de BV de 2003 (zapata tipo 5), se deberá excavar 40cm desde la solera, en el caso del sótano. Para efectuar estas operaciones, en los pilares y vigas bajo forjado sanitario, debe *demolerse el entrevigado cercano al pilar* o si son de fachada o patio, **demoler el tramo de fachada que los cubre**

- 4 **Preparación previa de la superficie**. Limpieza (por orden de eficacia) con **chorro de arena** o cepillo mecánico de alambres de toda la superficie del acero afectado, eliminando el óxido y sustancias contaminantes, hasta obtener el color plata del acero. Esta limpieza debe realizarse muy cuidadosamente, de lo contrario si se dejan restos del perfil sin limpiar pueden volver a iniciarse la corrosión en un futuro.

- 5.Imprimación de los perfiles con productos que protejan de la corrosión, **como imprimaciones de zinc-epoxi** y adhesivos epoxi al hormigón circundante (en caso de los dados de arranque en que se repongan los recubrimientos de hormigón en masa) para mejorar la adherencia con el materia de reparación. Seguir las instrucciones del fabricante sobre número de capas y espesor en micras de cada capa. Realizar ensayos de medición

- 6. La **dirección de obra, una vez saneados** los perfiles estimará las pérdidas de sección finales, estados de cordones de soldaduras etc., valorando **si se requieren refuerzos estructurales** (tener en cuenta estimación de la seguridad residual realizada en pilar p122 y p30). En caso de ser necesario se pueden añadir pletinas metálicas soldadas, que deben en cada tramo reforzado, soldarse en placas de anclaje y forjados y alcanzar las zonas sanas, o circular toda la longitud necesaria en caso de refuerzos a flexión

- 7 Una vez se reponga el revestimiento, emparchados, cerramientos, dados de HM etc., que circunda cada elemento, aplicar una **Imprimación de un revestimiento superficial protector** (pinturas hidrófugas), que impida la difusión de los agentes agresivos y la entrada y **retención de humedad,** pero que sea permeable al vapor de agua desde el interior del hormigón. Puede imprimarse como

enfoscado del emparchado o el superior de los dados de HM, con una capa de morteros especiales de 4 o 5 cm de espesor impermeable y transpirable. Aunque no sea estrictamente necesario, los danos de HM deben reponerse (más aún en zonas con pérdidas importantes de sección que no sean reforzadas), mejorando las condiciones en la interfase, ya que aunque no son elementos estructurales, si ayudan a reducir el pandeo y aumentar el empotramiento

El proceso de saneado y protección en el forjado metálico sanitario (U marcada en plano 2) y en forjado bajo patio de planta baja y rampa hallados en techo de sótano (marcados en plano 1), será similar pero deben tenerse en cuenta estos aspectos particulares

- **Debido a la incertidumbre sobre el estado de seguridad debe apuntalarse previamente las viguetas y vigas (esto no es posible en el forjado sanitario pero el riesgo es menor por la corta luz)**

- **Para limpiar adecuadamente las viguetas deberá romperse el entrevigado lateralmente, en los caso del forjado sanitario y bajo patio se dejará la estructura de viguetas vistas, tras el saneado se decidirá la necesidad de refuerzo.**

- **En la zona bajo rampa NO se prevén demoliciones del paquete superior, se saneará desde el inferior**

- **En los paños de apoyo de todos estos forjados se sanearán vigas de carga y pilares.**

ACTUACIONES POSIBLES EN FORJADOS MÁS AFECTADOS CON POSIBLE NECESIDAD DE REFUERZOS

SUSTITUCIÓN FUNCIONAL

Una vez realizada la demolición parcial de los forjados, y en caso de estimarlo la D.F. la necesidad de refuerzos, existen diversos métodos para seleccionar como reforzar las viguetas existentes, incluso en caso de estimar más económico, seguro y efectivo, se puede ejecutar un nuevo forjado en estas zonas.

Proponemos varios sistemas de **sustitución funcional** , (aplicable en su totalidad al caso del forjado bajo patio), en el cual el forjado actual se mantendría pero sin función portante, asignado en totalidad al sistema nuevo. El sistema siguiente se podría aplicar al forjado bajo patio, en caso de querer ahorrar el trabajo de dejar las viguetas existentes vistas y saneadas en todo su perímetro, que si se realizará en la zona bajo sanitario (en el que se necesita el espacio libre para sanear vigas y pilares)

- *Perfiles metálicos alojados en los entrevigados y conectados a la solera armada superior. Los perfiles de las viguetas se conectarán a las vigas de carga apoyando superiormente (forma de apoyo de las viguetas en toda la edificación observada). Se repararán (aunque no tan exhaustivamente) las viguetas existentes afectadas por corrosión para evitar desprendimientos y se aplicarán revestimientos protectores inferiormente a las viguetas*

- *Hay partes de este método, como la ejecución de la microsolera armada, que es aplicable en todo caso a las dos zonas, forjado bajo patio y sanitario marcado como "U"*

- *Para luces de viguetas de más de 4m, se pueden soldar conectores a las viguetas metálicas para conseguir un funcionamiento como forjado mixto y añadir refuerzos de negativos.*

Las fases de ejecución serían las siguientes:

- En los paños afectados ***, "U" de forjado sanitario marcada en planos junto a patio central y forjado de techo de sótano bajo patio de rampa*** *(ver plano1 anejo 5.1) puede aplicarse este sistema o la sustitución total si se considera más práctico o económico*

- ***Actuaciones en el superior de la planta****:*
    - Levantar la solería o la impermeabilización (patio).
    - Demoler el hormigón ligero de formación de pendientes o solerías existentes.
    - Apeo de los forjados (no en el caso del sanitario)
    - Cortar la capa de compresión del forjado actual (sin armados) longitudinalmente en el centro de los entrevigados actuales, alternativamente, con un entreeje de 70cm (como el actual) y con un ancho suficiente para que se pueda introducir el perfil metálico de refuerzo IPN **14**0 (con conectores superiores en el caso de luces de más de 4m)**.** El corte se debe realizar con una sierra de disco apropiada. En la caso del sanitario esta demolición en todo caso sería hasta dejar las viguetas en "esqueleto" y no se alojarían viguetas en entrevigado (no se aplica este procedimiento)

- ***Actuaciones desde el interior de la planta***
    - Demoler el entrevigado del forjado (en el sanitario sería desde el superior)
    - **Limpieza y saneado de la superficie metálica en las vigas de carga que van a recibir las viguetas, refuerzos en casos necesarios**
    - Saneado y limpieza de las viguetas del forjado actual que están afectados por procesos de corrosión de armaduras, aunque no se vaya a mantener su función resistente no pueden dejarse con los procesos de deterioro actuales que afectarían a los revestimientos. El proceso de saneado se podrá hacer más livianamente al no tener función resistente, en el caso del forjado sanitario en todo caso sería el saneado exhaustivo
    - Los perfiles metálicos deberán protegerse contra la corrosión y contra el fuego (no el caso del sanitario) cumpliendo la normativa vigente CTE-DB-SI-6.

*- **Procedimiento para la ejecución de esta microsolera armada:***

-Preparación de la superficie soporte, limpieza de la superficie

- Rayarla con cepillo de alambre de púas para crear una superficie rugosa que aumente la adherencia

-Volver a limpiar con chorro de agua

-Colocación de la armadura de la malla. Colocar armadura suplementaria en la zona de apoyos (p.e 1ø12cm sobre cada perfil)

-Tras secado proponemos colocar el hormigón mediante gunitado hasta conseguir un espesor ente 4 y 5cm para dar un recubrimiento de 25mm a la capa superior de la malla

- **Por último, reparación de los sumideros y bajantes y reposición de un adecuado sistema de impermeabilización que evite filtraciones futuras**

PERFIL METÁLICO BAJO VIGUETAS

- *Si es factible la pérdida de altura libre, se puede plantear el refuerzo funcional vigueta a vigueta (previo saneado contra la corrosión de las mismas), con perfiles metálicos IPE retacados al inferior de las mismas y anclados a las vigas bajo forjado. Aunque es un procedimiento más barato, al no requerir actuar desde la cubierta, no podemos obviar que las* ***causas de las filtraciones deben ser analizadas y reparadas*** *o los daños se reproducirán en un futuro*

2. **PROCEDIMIENTO ALTERNATIVO**

.- Puede plantearse un tipo de sustitución funcional que consiste en alojar inferiormente en las viguetas deterioradas unos perfiles metálicos extensibles. Son *sistemas de refuerzo activo consistente en perfiles metálicos especiales tipo "omega"* que se colocan bajos las viguetas y anclados en los muros y vigas de carga metálicas, se les aplica preflechado para que "entren en carga". Existe un sistema patentado en España con DIT 271. Este refuerzo se puede aplicar en todos los forjados no sustituidos aunque no suele ser rentable para pequeñas superficies.

CONTROLES PERIÓDICOS

Según se detalla en el apartado actual, en el edificio completo existen zonas en las que no se realizará ninguna actuación, otras serán protegidas, algunas mínimas reforzadas, otras sustituidas etc. En general, según nuestras estimaciones de cálculo, la seguridad estructural no comprometida a corto plazo, pero debido a la antigüedad y al estado de la estructura en algunas zonas, la durabilidad es un aspecto a mejorar.

El presente estudio de investigación no ha podido investigar, por cuestiones de acceso, la totalidad de la estructura bajo el sanitario. Hemos propuesto y señalamos en el plano **2.2 del anejo 5.1, un plan de ejecución de huecos en superior de forjado sanitario** para ampliar la inspección del sanitario, sanear algunos pilares que amplíen los datos reales y poder controlar y monitorizar periódicamente el avance de las patologías por corrosión descritas. Estos huecos son orientativos, tanto en número y situación, y pueden modificarse por motivos estéticos o de acceso. Algunos de estos huecos pueden taparse con tapas especiales con rejillas para favorecer la ventilación.

Proponemos el siguiente plan de inspecciones periódicas, que deben ser realzadas por técnicos especializados y consistir **al menos en un examen visual intensivo.**

Este plan es una guía previa o propuesta orientativa. El plan final de control definitivo, con seguimiento y planificación del saneado por corrosión de la estructura bajo sanitario, quedará concretado tras finalizar los trabajos contenidos en la obra de remodelación, con los análisis de la realidad existente que la dirección de obra incorpore a los análisis y estimaciones del presente estudio patológico:

- En las zonas que hemos recomendado sanear y/o reforzar. Tras realizarse el saneado y sistemas de sustitución, recomendamos una inspección inicial al año, y una segunda inspección a los 5 años

- Zonas con corrosión moderada que van ser saneadas intensamente: inspección cada 3 años

  -Pilares con indicios de experimentar corrosión avanzada (estudio avanzado mediante nuevos huecos en un plazo de 1año), tras las conclusiones en cada caso y las decisiones inmediatas se procederá a

  1 Inspeccionar las estructuras saneadas y protegidas inicialmente al año de la reparación y cada 5 años

  2 Las zonas donde se detecte corrosión y no se reparen por que no se comprometa la seguridad estructural de forma relevante, **se controlará la evolución cada 2 años**

- Global de estructura del edificio. Cada 5 años

  En general para aumentar la durabilidad y mejorar el mantenimiento de la estructura bajo forjado sanitario es primordial:

- Dotar a la cámara de un sistema eficaz de ventilación en la mayor parte de la superficie posible

- Sustituir y dejar en sitios registrables la mayor parte de las instalaciones de abastecimiento de agua y reparar las de saneamiento

- Aplicar revestimientos hidrófugos a los aplacados de fachada del forjado sanitario

Las recomendaciones de reparación y solución de problemas contenidas en este estudio (u otras similares) deben ser incluidas y especificadas en el correspondiente ***Proyecto de Reparación****, redactado por técnico competente, las obras de refuerzo de forjados requerirán dirección facultativa.*

Todas las medidas de reparación que afecten a seguridad estructural, salubridad (estanqueidad-impermeabilizaciones), etc. se diseñaran según los diferentes documentos básicos del CTE u otras normativas vigentes que le sean de aplicación

Asimismo, es fundamental la correcta supervisión de los mismos y el control, tanto de los materiales y personas como de los procedimientos constructivos empleados, con objeto de asegurar la eficacia de todas las actuaciones ejecutadas.

Se recomienda que todas las actuaciones sean ejecutadas **con material y medios personales especializados** en estos trabajos y garantizadas por experiencias anteriores en trabajos similares.

BV no se responsabiliza del no cumplimiento por parte del cliente de las medidas contenidas en este informe, o de su inadecuada ejecución etc., **ya que no es misión actual de BV el control de la ejecución de los trabajos de rehabilitación**

Eduardo Vargas Negreira
TITULACIÓN: Ingeniero Industrial



Especialista en Estructuras-Cimentaciones
Especialista en Patologías en edificación

Cádiz, 02 de Febrero 2016

5. ANEJOS

5.1. PLANOS DE PLANTA DE ESTRUCTURA DE BV-2003. CON CROQUIS DE SEÑALIZACIÓN DE FOTOGRAFIAS, CATAS 2016, ESTRUCTURA DAÑADA Y POSIBLES ARQUETAS A REALIZAR PARA INVESTIGACIÓN DE FORJADO SANITARIO

5.2. LISTADOS COMPROBACIÓN CYPE 3D Y TABLAS VALORES ESTÁTICOS

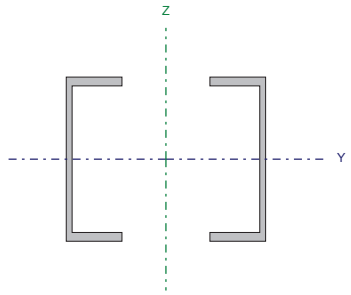
5.3. REPORTAJES FOTOGRÁFICOS INVESTIGACIONES 2016.

ANEJO 5.2.- LISTADOS DE COMPROBACIÓN CYPE 3D Y TABLAS VALORES ESTÁTICOS

Comprobaciones del pilar P1

1.- NIVEL 1 (0 - 300 CM)

Perfil: UPN 280, Doble en cajón con presillas
Material: Acero (S275)



Cotas del tramo (m)		Altura libre (m)	Características mecánicas			
Pie	Cabeza		Área (cm²)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
0.00	3.00	3.000	106.60	12560.00	23118.00	62.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	0.70	0.00	0.00
L_K	2.100	2.100	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Nota: El análisis de piezas compuestas se realiza mediante la verificación de cada uno de los perfiles simples que las constituyen. Las comprobaciones de dichos perfiles se realizan para los esfuerzos calculados a partir de los que actúan sobre la pieza compuesta, según sus características mecánicas. Para las comprobaciones de estabilidad se utiliza la esbeltez mecánica ideal, obtenida en función de la esbeltez de la pieza y una esbeltez complementaria que tiene en cuenta la separación de los enlaces entre los perfiles simples.

Comprobaciones del pilar P1

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: **0.49** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 53.30 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 618.833 t

La tensión crítica elástica de pandeo σ_{cr} es el valor de la menor de las raíces de la siguiente ecuación cúbica:

$$i_0^2 \cdot (\sigma_{cr} - \sigma_{cr,y}) \cdot (\sigma_{cr} - \sigma_{cr,z}) \cdot (\sigma_{cr} - \sigma_{cr,T}) - \sigma_{cr}^2 \cdot (\sigma_{cr} - \sigma_{cr,z}) \cdot y_0^2 - \sigma_{cr}^2 \cdot (\sigma_{cr} - \sigma_{cr,y}) \cdot z_0^2 = 0$$

σ_{cr} : 11610.38 kp/cm²

Donde:

$\sigma_{cr,y}$: Tensión crítica elástica de pandeo por flexión de la sección compuesta, alrededor del eje Y.

$\sigma_{cr,y}$: 56447.39 kp/cm²

$\sigma_{cr,z}$: Tensión crítica elástica de pandeo por flexión de la sección compuesta, alrededor del eje Z.

$\sigma_{cr,z}$: 11610.38 kp/cm²

$\sigma_{cr,T}$: Tensión crítica elástica de pandeo por torsión de la sección compuesta.

$\sigma_{cr,T}$: ∞

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 12560.00 cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 23118.00 cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 62.00 cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 0.00 cm6

E: Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 825688 kp/cm²

λ_y: Esbeltez mecánica de la sección compuesta, respecto al eje Y, calculada teniendo en cuenta el tipo de enlaces y su separación.

λ_y : 19.3

λ_z: Esbeltez mecánica de la sección compuesta, respecto al eje Z, calculada teniendo en cuenta el tipo de enlaces y su separación.

λ_z : 42.7

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : 0.000 m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i_0 : 18.29 cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2\right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : 10.85 cm

i_z : 14.73 cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y_0 : 0.00 mm

z_0 : 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector que comprima un ala, de forma que se pueda desarrollar el fenómeno de abolladura del alma inducida por el ala comprimida.

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : **0.001** ✓

Comprobaciones del pilar P1

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.00, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *0.169* t

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: *142.299* t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *53.30* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *2669.77* kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *2803.26* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$N_{b,Rd}$: *120.642* t

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *53.30* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *2669.77* kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *2803.26* kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_{FT} : *0.85*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_{FT} : *0.69*

α_{FT}: Coeficiente de imperfección elástica. **α_{FT}** : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{FT}$: *0.49*

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *618.833* t

Comprobaciones del pilar P1

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

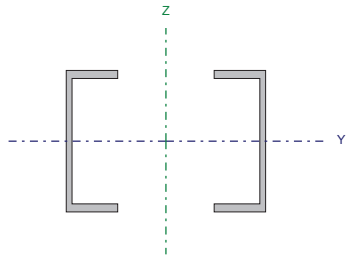
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Comprobaciones del pilar P1

1.- NIVEL 1 (0 - 300 CM)

Perfil: UPN 220, Doble en cajón con presillas
Material: Acero (S275)



Cotas del tramo (m)		Altura libre (m)	Características mecánicas			
Pie	Cabeza		Área (cm²)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
0.00	3.00	3.000	74.80	5380.00	13745.02	32.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	0.70	0.00	0.00
L_K	2.100	2.100	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Nota: El análisis de piezas compuestas se realiza mediante la verificación de cada uno de los perfiles simples que las constituyen. Las comprobaciones de dichos perfiles se realizan para los esfuerzos calculados a partir de los que actúan sobre la pieza compuesta, según sus características mecánicas. Para las comprobaciones de estabilidad se utiliza la esbeltez mecánica ideal, obtenida en función de la esbeltez de la pieza y una esbeltez complementaria que tiene en cuenta la separación de los enlaces entre los perfiles simples.

Comprobaciones del pilar P1

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: **0.53** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 37.40 cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\mathbf{f_y}$: 2803.26 kp/cm²

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico.

$\mathbf{N_{cr}}$: 369.504 t

La tensión crítica elástica de pandeo σ_{cr} es el valor de la menor de las raíces de la siguiente ecuación cúbica:

$$i_0^2 \cdot (\sigma_{cr} - \sigma_{cr,y}) \cdot (\sigma_{cr} - \sigma_{cr,z}) \cdot (\sigma_{cr} - \sigma_{cr,T}) - \sigma_{cr}^2 \cdot (\sigma_{cr} - \sigma_{cr,z}) \cdot y_0^2 - \sigma_{cr}^2 \cdot (\sigma_{cr} - \sigma_{cr,y}) \cdot z_0^2 = 0$$

σ_{cr} : 9879.78 kp/cm²

Donde:

$\sigma_{cr,y}$: Tensión crítica elástica de pandeo por flexión de la sección compuesta, alrededor del eje Y.

$\sigma_{cr,y}$: 34458.16 kp/cm²

$\sigma_{cr,z}$: Tensión crítica elástica de pandeo por flexión de la sección compuesta, alrededor del eje Z.

$\sigma_{cr,z}$: 9879.78 kp/cm²

$\sigma_{cr,T}$: Tensión crítica elástica de pandeo por torsión de la sección compuesta.

$\sigma_{cr,T}$: ∞

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$\mathbf{I_y}$: 5380.00 cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$\mathbf{I_z}$: 13745.02 cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme.

$\mathbf{I_t}$: 32.00 cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección.

$\mathbf{I_w}$: 0.00 cm6

E: Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 825688 kp/cm²

λ_y: Esbeltez mecánica de la sección compuesta, respecto al eje Y, calculada teniendo en cuenta el tipo de enlaces y su separación.

λ_y : 24.8

λ_z: Esbeltez mecánica de la sección compuesta, respecto al eje Z, calculada teniendo en cuenta el tipo de enlaces y su separación.

λ_z : 46.2

$\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$\mathbf{L_{kt}}$: 0.000 m

$\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$\mathbf{i_0}$: 15.99 cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2\right)^{0.5}$$

Siendo:

$\mathbf{i_y}$, $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$\mathbf{i_y}$: 8.48 cm

$\mathbf{i_z}$: 13.56 cm

$\mathbf{y_0}$, $\mathbf{z_0}$: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$\mathbf{y_0}$: 0.00 mm

$\mathbf{z_0}$: 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector que comprima un ala, de forma que se pueda desarrollar el fenómeno de abolladura del alma inducida por el ala comprimida.

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : **0.001** ✓

Comprobaciones del pilar P1

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.00, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: *0.119* t

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: *99.850* t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *37.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *2669.77* kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *2803.26* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$N_{b,Rd}$: *82.330* t

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *37.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *2669.77* kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *2803.26* kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_{FT} : *0.82*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_{FT} : *0.72*

α_{FT}: Coeficiente de imperfección elástica. α_{FT} : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{FT}$: *0.53*

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. N_{cr} : *369.504* t

Comprobaciones del pilar P1

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

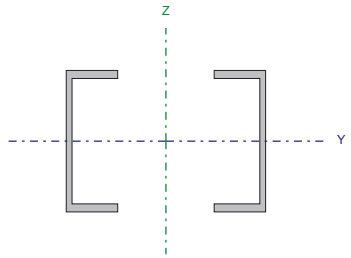
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Comprobaciones del pilar P1

1.- NIVEL 1 (0 - 300 CM)

Perfil: UPN 220, Doble en cajón con presillas
Material: Acero (S275)



Cotas del tramo (m)		Altura libre (m)	Características mecánicas			
Pie	Cabeza		Área (cm²)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
0.00	3.00	3.000	74.80	5380.00	13745.02	32.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	0.70	0.00	0.00
L_K	2.100	2.100	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Nota: El análisis de piezas compuestas se realiza mediante la verificación de cada uno de los perfiles simples que las constituyen. Las comprobaciones de dichos perfiles se realizan para los esfuerzos calculados a partir de los que actúan sobre la pieza compuesta, según sus características mecánicas. Para las comprobaciones de estabilidad se utiliza la esbeltez mecánica ideal, obtenida en función de la esbeltez de la pieza y una esbeltez complementaria que tiene en cuenta la separación de los enlaces entre los perfiles simples.

Comprobaciones del pilar P1

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: **0.53** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. — **Clase** : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. — **A** : 37.40 cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — $\mathbf{f_y}$: 2803.26 kp/cm²

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. — $\mathbf{N_{cr}}$: 369.504 t

La tensión crítica elástica de pandeo σ_{cr} es el valor de la menor de las raíces de la siguiente ecuación cúbica:

$$i_0^2 \cdot (\sigma_{cr} - \sigma_{cr,y}) \cdot (\sigma_{cr} - \sigma_{cr,z}) \cdot (\sigma_{cr} - \sigma_{cr,T}) - \sigma_{cr}^2 \cdot (\sigma_{cr} - \sigma_{cr,z}) \cdot y_0^2 - \sigma_{cr}^2 \cdot (\sigma_{cr} - \sigma_{cr,y}) \cdot z_0^2 = 0$$

σ_{cr} : 9879.78 kp/cm²

Donde:

$\sigma_{cr,y}$: Tensión crítica elástica de pandeo por flexión de la sección compuesta, alrededor del eje Y. — $\sigma_{cr,y}$: 34458.16 kp/cm²

$\sigma_{cr,z}$: Tensión crítica elástica de pandeo por flexión de la sección compuesta, alrededor del eje Z. — $\sigma_{cr,z}$: 9879.78 kp/cm²

$\sigma_{cr,T}$: Tensión crítica elástica de pandeo por torsión de la sección compuesta. — $\sigma_{cr,T}$: ∞

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. — $\mathbf{I_y}$: 5380.00 cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. — $\mathbf{I_z}$: 13745.02 cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. — $\mathbf{I_t}$: 32.00 cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. — $\mathbf{I_w}$: 0.00 cm6

E: Módulo de elasticidad. — **E** : 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal. — **G** : 825688 kp/cm²

λ_y: Esbeltez mecánica de la sección compuesta, respecto al eje Y, calculada teniendo en cuenta el tipo de enlaces y su separación. — λ_y : 24.8

λ_z: Esbeltez mecánica de la sección compuesta, respecto al eje Z, calculada teniendo en cuenta el tipo de enlaces y su separación. — λ_z : 46.2

$\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. — $\mathbf{L_{kt}}$: 0.000 m

$\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. — $\mathbf{i_0}$: 15.99 cm

$$\mathbf{i_0} = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2\right)^{0.5}$$

Siendo:

$\mathbf{i_y}$, $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. — $\mathbf{i_y}$: 8.48 cm; $\mathbf{i_z}$: 13.56 cm

$\mathbf{y_0}$, $\mathbf{z_0}$: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. — $\mathbf{y_0}$: 0.00 mm; $\mathbf{z_0}$: 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector que comprima un ala, de forma que se pueda desarrollar el fenómeno de abolladura del alma inducida por el ala comprimida.

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : **0.380** ✓

Comprobaciones del pilar P1

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.461*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.00, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *37.919* t

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$\mathbf{N_{c,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: *99.850* t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *37.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *2669.77* kp/cm²

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *2803.26* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$N_{b,Rd}$: *82.330* t

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *37.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *2669.77* kp/cm²

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *2803.26* kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_{FT} : *0.82*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_{FT} : *0.72*

α_{FT}: Coeficiente de imperfección elástica. **α_{FT}** : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{FT}$: *0.53*

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *369.504* t

Comprobaciones del pilar P1

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

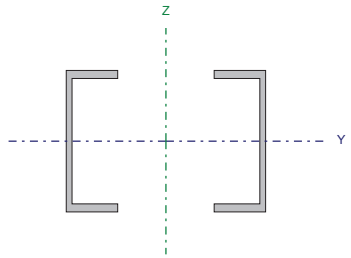
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Comprobaciones del pilar P30

1.- NIVEL 1 (0 - 300 CM)

Perfil: UPN 220, Doble en cajón con presillas
Material: Acero (S275)



Cotas del tramo (m)		Altura libre (m)	Características mecánicas			
Pie	Cabeza		Área (cm²)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
0.00	3.00	3.000	74.80	5380.00	13745.02	32.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.70	0.70	0.00	0.00
L_K	2.100	2.100	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Nota: El análisis de piezas compuestas se realiza mediante la verificación de cada uno de los perfiles simples que las constituyen. Las comprobaciones de dichos perfiles se realizan para los esfuerzos calculados a partir de los que actúan sobre la pieza compuesta, según sus características mecánicas. Para las comprobaciones de estabilidad se utiliza la esbeltez mecánica ideal, obtenida en función de la esbeltez de la pieza y una esbeltez complementaria que tiene en cuenta la separación de los enlaces entre los perfiles simples.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***0.40*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *37.40* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *2803.26* kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *645.795* t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a) y b):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *849.415* t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión. **$N_{cr,FT}$** : *645.795* t

$$N_{cr,FT} = \frac{1}{2 \cdot \beta} \cdot \left[\left(N_{cr,y} + N_{cr,T} \right) - \sqrt{\left(N_{cr,y} + N_{cr,T} \right)^2 - 4 \cdot \beta \cdot N_{cr,y} \cdot N_{cr,T}} \right]$$

Donde:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *1288.735* t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: 781.001 t

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. I_y : 2690.00 cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. I_z : 197.00 cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. I_t : 16.00 cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. I_w : 14600.00 cm6

E: Módulo de elasticidad. E : 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal. G : 825688 kp/cm²

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. L_{ky} : 2.100 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. L_{kz} : 0.700 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. L_{kt} : 0.700 m

β: Constante adimensional obtenida mediante la siguiente expresión: β : 0.79

$$\beta = 1 - \left(\frac{y_0^2 + z_0^2}{i_0^2} \right)$$

Donde:

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. i_0 : 9.88 cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. i_y : 8.48 cm

i_z : 2.30 cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. y_0 : -45.09 mm

z_0 : 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector que comprima un ala, de forma que se pueda desarrollar el fenómeno de abolladura del alma inducida por el ala comprimida.

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Comprobaciones del pilar P30

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.610*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.681*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.00, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: *60.869* t

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$\mathbf{N_{c,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$ $N_{c,Rd}$: *99.850* t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *37.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *2669.77* kp/cm²

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *2803.26* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ $N_{b,Rd}$: *89.443* t

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *37.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *2669.77* kp/cm²

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *2803.26* kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\overline{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$ χ_z : *0.92*

χ_{FT} : *0.90*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\overline{\lambda} - 0.2\right) + \left(\overline{\lambda}\right)^2\right]$$ ϕ_z : *0.60*

ϕ_{FT} : *0.63*

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_z : *0.49*

α_{FT} : *0.49*

$\overline{\lambda}$: Esbeltez reducida.

Comprobaciones del pilar P30

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_z$: 0.35

$\bar{\lambda}_{FT}$: 0.40

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$\mathbf{N_{cr}}$: 645.795 t

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$\mathbf{N_{cr,z}}$: 849.415 t

$\mathbf{N_{cr,FT}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión.

$\mathbf{N_{cr,FT}}$: 645.795 t

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

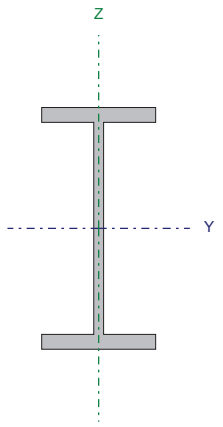
Comprobaciones del pilar P30

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra N1/N2

Perfil: IPN 140
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y [1] (cm4)	I_z [1] (cm4)	I_t [2] (cm4)
N1	N2	5.000	18.20	573.00	35.20	4.32

Notas:
[1] Inercia respecto al eje indicado
[2] Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	5.000	5.000	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_t	M_tV_z	M_tV_y	
N1/N2	N.P. [1]	x: 0.313 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P. [2]	N_{Ed} = 0.00 N.P. [3]	x: 2.5 m η = 71.9	M_{Ed} = 0.00 N.P. [4]	x: 0 m η = 11.9	V_{Ed} = 0.00 N.P. [5]	x: 0.313 m η < 0.1	N.P. [6]	N.P. [7]	N.P. [8]	M_{Ed} = 0.00 N.P. [9]	N.P. [10]	N.P. [10]	**CUMPLE η = 71.9**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión eje Y
M_z: Resistencia a flexión eje Z
V_z: Resistencia a corte Z
V_y: Resistencia a corte Y
M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
[1] La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.
[2] La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
[3] La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
[4] La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
[5] La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
[6] No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
[7] No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
[8] No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
[9] La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
[10] No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

21.54 ≤ 254.40 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. **h_w** : *122.80* mm
t_w: Espesor del alma. **t_w** : *5.70* mm
A_w: Área del alma. **A_w** : *7.00* cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. **$A_{fc,ef}$** : *5.68* cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k** : *0.30*
E: Módulo de elasticidad. **E** : *2140673* kp/cm²
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. **f_{yf}** : *2803.26* kp/cm²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.719*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : *1.832* t·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : *0.000* t·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *2.547* t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y}$: *95.40* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *2669.77* kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *2803.26* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.119*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *1.466* t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$ $V_{c,Rd}$: *12.300* t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *7.98* cm²

$$A_V = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *140.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *5.70* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *2669.77* kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *2803.26* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$ **21.54** < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *21.54*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *2395.51* kp/cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *2803.26* kp/cm²

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \qquad \textbf{1.283 t} \leq \textbf{6.150 t}$$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *1.283* t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: *12.300* t

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

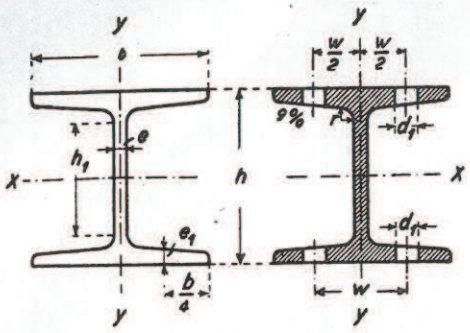
La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



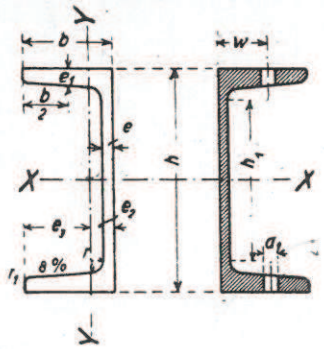
PERFILES I DE ALA ANCHA

DATOS

Valores netos A_n, I_{xn}, R_{xn}, I_{yn}, R_{yn}, en la pág. 18.

Para agujeros de $\emptyset < d_1$ se tomará la misma distancia w.

Perfil	Dimensiones en mm							Sección	Peso	Agujeros en las alas		Referido al eje						l para λ=250	Perfil
												x — x			y — y				
I	h	b	e	e_1	r	r_1	h_1	A cm²	p kg/m	w mm	d_1 mm.	I_x cm⁴	R_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	R_y cm³	i_y cm	m	I
14-14	140	140	8,5	12,5	11,0	4,25	90	45,5	**35,7**	80	20	1 534	**219**	5,80	572	81,7	**3,55**	8,8	**14-14**
16-16	160	160	9,0	13,5	11,5	4,50	105	56,0	**44,0**	90	20	2 500	**312**	6,67	922	115	**4,06**	10,1	**16-16**
18-18	180	180	9,5	14,5	12,0	4,75	120	67,5	**53,0**	100	23	3 856	**428**	7,56	1 410	156	**4,56**	11,4	**18-18**
20-20	200	200	10,0	15,5	12,5	5,00	135	80,0	**62,8**	110	23	5 690	**569**	8,45	2 068	207	**5,08**	12,7	**20-20**
22-22	220	220	10,5	16,5	13,0	5,25	150	93,3	**73,2**	120	23	8 105	**736**	9,30	2 929	266	**5,60**	14,0	**22-22**



PERFILES C

DATOS

s_1 = Separación entre almas de dos C para que $I_{xt} = I_{yt} = 2\,I_x$.

Valores netos A_n, I_{xn}, R_{xn}, en la pág. 19.

Para agujeros de $\emptyset < d_1$ se tomará el mismo valor w.

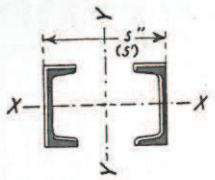
Disposición de los agujeros en el alma, en la pág. 71.

Perfil	Dimensiones en mm						Sección	Peso	Gramil y diám normal		Distancia al eje y — y		Referido al eje						l para λ=250	l_1 para λ=50	$>s_1<$	$<s_1>$	Perfil
													x — x			y — y							
C	h	b	e	e_1=r	r_1	h_1	A cm²	p kg/m	w mm	d_1 mm	e_2 cm	e_3 cm	I_x cm⁴	R_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	R_y cm³	i_y cm	m	m	cm	cm	C
8	80	45	6	8	4	46	11,0	**8,64**	25	14	1,45	3,05	106	**26,5**	3,10	19,4	6,36	**1,33**	*3,33*	0,665	2,80	—	**8**
10	100	50	6	8,5	4,5	64	13,5	**10,6**	30	14	1,55	3,45	206	**41,2**	3,91	29,3	8,49	**1,47**	*3,68*	0,735	4,20	10,4	**10**
12	120	55	7	9	4,5	82	17,0	**13,4**	30	17	1,60	3,90	364	**60,7**	4,62	43,2	11,1	**1,59**	*3,98*	0,795	5,60	12,0	**12**
14	140	60	7	10	5	98	20,4	**16,0**	35	17	1,75	4,25	605	**86,4**	5,45	62,7	14,8	**1,75**	*4,38*	0,875	7,00	14,0	**14**
16	160	65	7,5	10,5	5,5	115	24,0	**18,8**	35	20	1,84	4,66	925	**116**	6,21	85,3	18,6	**1,89**	*4,73*	0,945	8,20	15,6	**16**
18	180	70	8	11	5,5	133	28,0	**22,0**	40	20	1,92	5,08	1 350	**150**	6,95	114	22,4	**2,02**	*5,05*	1,01	9,60	17,2	**18**
20	200	75	8,5	11,5	6	151	32,2	**25,3**	40	23	2,01	5,49	1 910	**191**	7,70	148	27,0	**2,14**	*5,35*	1,07	10,8	19,0	**20**
22	220	80	9	12,5	6,5	167	37,4	**29,4**	45	23	2,14	5,86	2 690	**245**	8,48	197	33,6	**2,30**	*5,75*	1,15	12,2	20,8	**22**
25/8	250	80	10	12,5	6,5	195	42,5	**34,0**	45	23	2,14	5,86	3 770	**302**	9,40	238	40,6	**2,36**	*5,90*	1,18	14,0	24,3	**25/8**
25/10	250	100	10	16	8	180	53,7	**42,2**	55	23	2,88	7,12	5 180	**414**	9,80	440	61,7	**2,86**	*7,16*	1,43	13,0	24,6	**25/10**
30	300	90	13	14	4	241	60,7	**47,65**	50	26	2,14	6,86	7 310	**487**	10,95	349	51,0	**2,39**	*5,98*	1,19	17,2	25,7	**30**

DISPOSICIÓN II

VALORES ESTÁTICOS DE 2 [

CON SEPARACIÓN s'' VARIABLE



(Disposición II para columnas y postes.)

La separación entre bordes interiores de alas tendrá, para facilidad del remachado, unos 60 mm. para [< 20, y 80 mm. para [≧ 20.

Los valores de la tabla para $s'' = 2\,b$ (2 × ancho del ala) son válidos para las secciones en las que la separación entre bordes interiores de las alas es nula (soldadura).

[ ]	A	Referido al eje x — x			Valores	I en cm⁴, R en cm³ e i en cm. referidos al eje y — y para una separación s'' en mm.													
		I_x	R_x	i_x		2 b	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	280	300	320
	cm²	cm⁴	cm³	cm																	
8	22,0	212	53,0	3,10	I=	243	844	983	1 130	1 290	1 460	1 650	1 840	2 050	2 260	2 490	2 720	2 970	3 500	4 080	4 700
					R=	54,1	113	123	133	143	154	165	175	186	197	208	218	228	250	272	294
					i=	3,33	6,19	6,68	7,17	7,66	8,15	8,66	9,15	9,65	10,1	10,6	11,1	11,6	12,6	13,6	14,6
10	27,0	412	82,4	3,91	I=	*380*	1 010	1 180	1 360	1 560	1 770	1 990	2 220	2 470	2 730	3 010	3 300	3 600	4 240	4 940	5 700
					R=	76,0	135	148	160	173	186	199	211	225	237	251	264	277	303	330	356
					i=	3,75	6,12	6,61	7,10	7,60	8,10	8,58	9,07	9,56	10,1	10,6	11,1	11,5	12,5	13,5	14,5
12	34,0	728	121	4,62	I=	*604*	1 270	1 480	1 710	1 950	2 210	2 490	2 780	3 090	3 420	3 760	4 130	4 510	5 310	6 190	7 140
					R=	110	169	185	201	217	232	249	265	281	297	313	330	347	379	413	446
					i=	4,21	6,11	6,60	7,09	7,57	8,06	8,56	9,04	9,53	10,0	10,5	11,0	11,5	12,5	13,5	14,5
14	40,8	1 210	173	5,45	I=	*862*	**1 470**	1 720	1 980	***2 270***	2 580	2 900	3 250	3 620	4 000	4 410	4 840	5 290	6 250	7 290	8 410
					R=	144	196	215	233	252	272	290	310	329	348	368	387	407	446	486	526
					i=	4,59	6,00	6,49	6,97	7,46	7,95	8,43	8,93	9,42	9,90	10,4	10,9	11,4	12,4	13,4	14,4
16	48,0	1 850	232	6,21	I=	*1 210*	*1 710*	*1 990*	**2 300**	2 630	2 990	***3 370***	3 770	4 200	4 650	5 130	5 620	6 150	7 270	8 480	9 790
					R=	187	228	249	271	292	315	337	359	382	404	428	450	473	519	566	612
					i=	5,03	5,97	6,44	6,92	7,40	7,89	8,38	8,86	9,35	9,84	10,3	10,8	11,3	12,3	13,3	14,3
18	56,0	2 700	300	6,95	I=	*1 670*	*1 970*	*2 300*	*2 650*	**3 040**	3 450	3 880	4 350	***4 840***	5 370	5 920	6 500	7 100	8 400	9 810	11 330
					R=	239	263	288	312	338	363	388	414	440	467	493	520	546	600	654	708
					i=	5,47	5,93	6,41	6,88	7,37	7,85	8,32	8,81	9,30	9,79	10,3	10,8	11,3	12,3	13,2	14,2
20	64,4	3 820	382	7,70	I=	*2 240*	*2 240*	*2 610*	*3 010*	*3 440*	*3 910*	**4 410**	4 940	5 500	6 100	***6 720***	7 380	8 070	9 550	11 160	12 900
					R=	298	298	326	354	382	412	441	470	500	530	560	591	621	682	744	806
					i=	5,89	5,89	6,36	6,84	7,31	7,79	8,27	8,76	9,24	9,73	10,2	10,7	11,2	12,2	13,2	14,2
22	74,8	5 380	490	8,48	I=	*2 960*		*2 960*	*3 420*	*3 910*	*4 450*	*5 020*	*5 620*	**6 270**	6 950	7 670	8 420	***9 220***	10 920	12 760	14 760
					R=	370	—	370	402	434	468	502	535	570	604	639	674	702	780	851	923
					i=	6,29		6,29	6,76	7,23	7,71	8,19	8,67	9,16	9,64	10,1	10,6	11,1	12,1	13,1	14,0
25/8	85,0	7 540	604	9,40	I=				3 910	4 470	5 070	5 720	6 410	6 800	7 920	**8 730**	9 590	10 500	12 430	***14 530***	16 800
					R=	—	—	—	460	497	534	572	610	618	688	726	766	808	886	968	1 048
					i=				6,77	7,22	7,72	8,19	8,67	8,94	9,64	10,1	10,6	11,1	12,0	13,0	14,0
25/10	107	10 360	828	9,80	I=							6 320	7 110	7 960	8 860	9 810	10 820	**11 880**	14 160	16 650	19 360
					R=	—	—	—	—	—	—	632	676	722	770	816	865	915	1 010	1 110	1 210
					i=							7,66	8,12	8,60	9,07	9,55	10,0	10,5	11,4	12,4	13,1
30	121	14 620	974	10,9	I=						7 270	8 190	9 180	9 740	11 330	12 490	13 720	15 010	**17 770**	20 770	24 010
					R=	—	—	—	—	—	775	819	874	884	985	1 040	1 098	1 155	1 270	1 380	1 560
					i=						7,72	8,18	8,68	8,93	9,63	10,1	10,6	11,0	12,0	13,0	13,8

Valores estáticos de 2 [con separación s'' variable.

(Continuación.)

[ ]	A	Referido al eje x — x			Valores	I en cm⁴, R en cm³ e i en cm. referidos al eje y — y para una separación s'' mm.													
		I_x	R_x	i_x		350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1 000
	cm²	cm⁴	cm³	cm															
8	22,0	212	53,0	3,10	I=	5 710	7 630	9 790	12 240	14 970	17 970	21 250	24 800	28 630	32 730	37 110	41 760	46 690	51 900
					R=	326	382	435	490	544	599	654	709	763	818	873	928	983	1 040
					i=	16,1	18,6	21,1	23,6	26,1	28,6	31,1	33,6	36,1	38,6	41,1	43,6	46,1	48,6
10	27,0	412	82,4	3,91	I=	6 930	9 250	11 910	14 910	18 240	21 910	25 920	30 270	34 950	39 980	45 330	51 030	57 070	63 440
					R=	396	465	529	596	663	730	798	865	932	1 000	1 070	1 130	1 200	1 270
					i=	16,0	18,5	21,0	23,5	26,0	28,5	31,0	33,5	36,0	38,5	41,0	43,5	46,0	48,5
12	34,0	728	121	4,62	I=	8 680	11 600	14 940	18 700	22 890	27 470	32 550	38 010	43 910	50 220	56 960	64 130	71 720	79 730
					R=	496	580	664	748	833	916	1 000	1 090	1 170	1 260	1 340	1 430	1 510	1 590
					i=	16,0	18,5	21,0	23,5	25,9	28,4	30,9	33,4	35,9	38,4	40,9	43,4	45,9	48,4
14	40,8	1210	173	5,45	I=	10 250	13 710	17 690	22 180	27 180	32 690	38 700	45 230	52 270	59 820	67 880	76 440	85 520	95 110
					R=	585	686	786	887	988	1090	1 190	1 290	1 390	1 500	1 600	1 700	1 800	1 900
					i=	15,9	18,3	20,8	23,3	25,8	28,3	30,8	33,3	35,8	38,3	40,8	43,3	45,8	48,3
16	48,0	1850	232	6,21	I=	11 940	16 000	20 660	25 920	31 780	38 230	45 290	52 950	61 210	70 070	79 530	89 580	100 200	111 500
					R=	682	800	918	1 040	1 160	1 270	1 390	1 510	1 630	1 750	1 870	1 990	2 110	2 230
					i=	15,8	18,3	20,7	23,2	25,7	28,2	30,7	33,2	35,7	38,2	40,7	43,2	45,7	48,2
18	56,0	2700	300	6,95	I=	13 820	18 530	23 950	30 060	36 870	44 380	52 600	61 510	71 120	81 430	92 440	104 200	116 600	129 700
					R=	790	927	1 060	1 200	1 340	1480	1 620	1 760	1 900	2 040	2 170	2 320	2 450	2 590
					i=	15,7	18,2	20,7	23,2	25,7	28,2	30,6	33,1	35,6	38,1	40,6	43,1	45,6	48,1
20	64,4	3820	382	7,70	I=	15 750	21 140	27 320	34 330	42 140	50 750	60 160	70 380	81 410	93 240	105 900	119 300	133 600	148 600
					R=	900	1 060	1 210	1 370	1530	1690	1 850	2.010	2 170	2 330	2 490	2 650	2 810	2 970
					i=	15,6	18,1	20,6	23,1	25,6	28,1	30,6	33,1	35,6	38,1	40,6	43,0	45,5	48,0
22	74,8	5380	490	8,48	I=	18 040	24 250	31 400	39 480	48 500	58 450	69 340	81 160	93 920	107 600	122 200	137 800	154 300	171 700
					R=	1 030	1 210	1 400	1 580	1 760	1 950	2 130	2 320	2 500	2 690	2 880	3 060	3 250	3 440
					i=	15,5	18,0	20,5	23,0	25,5	28,0	30,4	32,9	35,4	37,9	40,4	42,9	45,4	47,9
25/8	85,0	7540	604	9,40	I=	20 520	27 580	35 710	44 890	55 140	66 450	78 820	92 250	106 750	122 310	138 930	156 610	175 370	195 170
					R=	1 170	1 380	1 580	1 790	2000	2 200	2 420	2 630	2 850	3 070	3 270	3 470	3 690	3 900
					i=	15,5	18,5	20,5	22,9	25,4	27,9	30,3	32,8	35,3	37,8	40,3	42,9	45,3	47,7
25/10	107	10360	828	9,80	I=	23 830	32 350	42 220	53 420	65 970	79 870	95 100	111 680	129 600	148 860	169 470	191 410	214 700	239 330
					R=	1360	1610	1870	2 130	2380	2660	2 920	3 190	3 400	3 720	3 980	4 250	4 520	4 780
					i=	14,9	17,3	19,8	22,3	24,7	27,2	29,7	32,2	34,7	37,1	39,6	42,2	44,6	47,1
30	121	14620	974	10,9	I=	29 130	39 410	51 020	64 130	78 770	94 920	112 590	131 780	152 480	175 920	198 440	223 700	250 480	278 770
					R=	1660	1970	2 260	2 560	2860	3 160	3 460	3 760	4 060	4 390	4 670	4 970	5 260	5 570
					i=	15,4	17,9	20,4	22,9	25,4	27,8	30,4	32,8	35,3	37,9	40,3	42,8	45,3	47,8

Los valores de I en **negrita** corresponden a una separación $s'' = s'$, para los cuales $I_y \leqq I_x + 10\%$

Los valores de I en ***negrita cursiva*** corresponden a valores de s'' para los cuales la separación entre los ejes y — y de cada perfil es aproximadamente igual a la altura h del perfil.

ANEJO 5.3 REPORTAJES FOTOGRÁFICOS



FOTO 1: CATA EN PILAR P17 EN PLANA PRIMERA JUNTO A BALCON DE FACHADA PRINCIPAL



FOTO 2: CATA EN PILAR P17 EN PLANA PRIMERA



FOTO 3: CARA DE FACHADA DE P17 CON INICIO DE CORROSIÓN, PROVOCA PEQUEÑAS FISURACIONES EN FACHADA, PERO ESCASAS PÉRDIDAS DE SECCIÑON.



FOTO 4: SITUACIÓN SIMILAR EN PILAR ADYACENTE, P18



FOTO 5: CATA ANTERIOR. MUESTRA DE HOJA INTERIOR DE LA FACHADA, CAMARA DE AIRE Y EMBARRADO EN HOJA EXTERIOR



FOTO 6: CATA EN PILAR 120 DE SOTANO, REVESTIMIENTO DE HORMIGÓN. CORROSIÓN AVANZADA



FOTO 7: CATA EN P 122 , REVESTIDO CON MURETES DE FÁBRICA, DELAMINACIONES POR CORROSIÓN EN ALMA Y ALAS DE UPN



FOTO 8: DELAMINACIÓNES DE OXIDO DE HIERRO QUE SE ARRANCAN FACILMENTE DEL PILAR



FOTO 9: DELAMINACIONES DE OXIDO DE GRAN SUPERFICIE. P122



FOTO 10: FORJADO DE VIGUETAS IPN-140.CORROSIÓN AVANZADA, ZONA BAJO PATIO EN ÁMBITO DE PILARES 174-173-144-145,



FOTO 11: BAJANTE EN ZONA DE FORJADO FOTO 10. MUESTRA FILTRACIONES



FOTO 12: TRAMO DE VIGUETAS ADYACENTES AL PAÑO ANTERIOR. CORROSIÓN LEVE



FOTO 13. ESTRUCTURA METÁLICA BAJO RAMPA DE ACCESO A PATIO. FILTRACIONES Y CORROSIÓN



FOTO 14. INDICIOS DE CORROSIÓN EN VIGUETAS DE RAMPA ACCESO PLANTA BAJA. FOTO DESDE SÓTANO. SALA DE DEPÓSITOS



FOTOS 15. CATA EN PILAR P111, ZONA DE ESCALERA OBJETO DE REMOLEDALIÓN. ACCESO A MEDICINA LEGAL



FOTO 16. PILAR P112 FRENTE A P111 , CAMARA DE AIRE JUNTO A HUECO ESCALERA. NO EXISTE VIGA DE UNIÓN ENTRE FORJADOS A COTA DE FORJADO



FOTO 17. PILAR 111, NUDO DE UNIÓN VIGA PERFIL IPN 320 QUE APOYA DE FORMA CONTINUA (ATRAVIESA EL HUECO FORMADO POR EL PILAR EN CAJÓN ENTRE PERFILES), EN PLETINAS SOLDADAS EN PRESILLAS. VIGA APOYA EN OTRO EXTREMO P119. OXIDACIÓN LEVE PUNTUAL



FOTO 18. DETALLE DE CAMBIO DE SECCIÓN DE PILAR P111, VIGUETA DE BORDE DE FORJADO IPN 160 QUE APOYA SUPERIORMENTE EN VIGA IPN. CORROSIÓN MODERADA EN CABEZA DE VIGUETAS



FOTO 19. PILAR P111. DOBLE UPN -220 EMPRESILLADO



FOTO 20. APOYO SUPERIOR DE VIGUETAS DE FORJADO, CORROSION DE CABEZA DE VIGUETAS EN CAMARA DE AIRE EN INTERIOR DE CERRAMIENTO DE HUECO DE ESCALERA



FOTO 21. ARQUETA DE ENTRADA A FORJADO SANITARIO. PASILLO DE CAFETERIA



FOTO 22. PERFIL IPN 320 QUE UNE PILARES P55-57 CON CORROSIÓN AVANZADA



FOTO 23. VIGUETAS DE FORJADO IPN 140 CON CORROSIÓN AVANZADA



FOTO 24. ESTADO DE ESCOMBROS Y RESTOS DE BOVEDILLAS DESPRENDIDAS



FOTO 25. NUDO EN PILAR P56 CON MUESTRAS DE CORROSIÓN AVANZADA



FOTO 26. CORROSIÓN MUY AVANZADA EN INFERIOR DE VIGUETAS Y VIGA



FOTO 27. VISTA DE PERFIL IPN-240 Y APOYO EN PILAR P58



FOTO 28. PERFIL IPN-240 E INFERIOR DE VIGUETAS CON CORROSIÓN. TUBERIAS COLGADAS DEL FORJADO



FOTO 29. ESTADO INTRANSITABLE DE LA CAMARA BAJO FORJADO, POR INSTALACIONES Y RESTOS DE ESCOMBROS DE BOVEDILLAS DESPRENDIDAS POR PROCESOS DE CORROSIÓN DE VIGUETAS



FOTO 30. ARQUETA DE ENTRADA EN ZONA IZQUIERDA DE ENTRADA. JUNTO A SALA DE REUNONES



FOTO 31. BROCHAL DE IPN.180 EN VIGA DE CARGA IPN 260 (240 SEGÚN INFORME BV 2003). CORROSIÓN APRECIABLE



FOTO 32. PERFIL ANTERIOR IPN-260 QUE APOYA EN MURO DE FÁBRICA DE LADRILLO, CORROSIÓN MUY AVANZADA SOBRETODO EN ALA INFERIOR, PERDIDAS COMPLETAS DE SECCIÓN



FOTO 33. PERFIL IPN-260 , PERDIDAS COMPLETAS DE SECCIÓN EN ALA INFERIOR



FOTO 34. APOYO DE PERFIL IPN-240 EN PILAR P.50, CORROSIÓN MUY AVANZADA PILAR Y VIGA



FOTO 35. CORROSIÓN AVANZADA EN VIGUETAS. IPN 140 DESPRENDIMIENTO DE BOVEDILLAS CERÁMICAS



FOTO 36. VISTA DE VIGUETAS DE FORJADO .CORROSIÓN EN ALA INFERIOR



FOTO 37. PERFIL IPN-180, APOYO EN PILAR P65, ESTADO INTRASITABLE POR INSTALACIONES. ESCOMBROS DE BOVEDILLAS DESPRENDIDAS. MAL OLOR POR FUGAS EN SANEAMIENTO



FOTO 38. CORROSIÓN MUY AVANZADA EN ARRANQUE DE PILAR P50



FOTO 39. NUDO DE UNIÓN VIGA IPN-260 PILAR P50, CORROSIÓN AVANZADA



FOTO 40. ZONA DE CATA EN SALA DE BIBLIOTECA. OBSERVAR DESDE INTERIOR VIGA P18-P9 EN FORJADO PLANTA PRIMERA, DONDE PREVÉ ACOMETER TRAMO NUEVA ESCALERA



FOTO 41. VIGUETAS DE FORJADO METÁLICAS IPN 160 Y VIGAS DE CARGA IPN EN PERFECTO ESTADO DE CONSERVACIÓN MANTIENEN PINTURA DE PROTECCIÓN



FOTO 42. VEGA IPN DE FACHADA, EMPARCHADO INTERIOR DEL PILAR P9, PILAR DE FACHADA QUE "SOBRESALE" POR EXTERIOR. VER FOTO 43



FOTO 43. FACHADA EXTERIOR. PILAR P9



FOTO 44. CATA DESDE INTERIOR. PILAR P18 UPN 250 EN DOBLE CAJON EMPRESILLADO, VIGA IPN 220. . PERFECTO ESTADO DE CONSERVACIÓN



FOTO 45. PERFIL IPN 220, APOYO PEFIL DIAGONAL



FOTO 46. DETALLE DE PERFIL IPN 320 APOYO TRASPASANDO HUECO DE PILAR EN CAJON EMPRESILLADO. PERFIL DIAGONAL DE ARRIOSTRAMIENTO U OTRA FUNCIÓN DESCONOCIDA



FOTO 47. DETALLE DE APOYO ANTERIOR. APOYO EN PLACA SOBRE PRESILLAS



FOTO 48. APOYO DE VIGA DE CARGA EN PILAR P27- VIGUETAS Y VIGA BUEN ESTADO CONSERVACIÓN, MANTIENEN PINTURA DE PROTECCIÓN



FOTO 49. ESTADO DE CATA MOSTRADA EN FOTO 1. UNA VEZ REPUESTA Y ENLUCIDA

FOTOGRAFIAS APORTADAS POR OPERARIOS DE MANTENIMEINTO DE LA FACULTAD, FORJADO SANITARIO EN ZONA BAJO VESTIBULO Y ESCALERAS DE ENTRADA A LA FACULTAD, ZONAS NO COMPROBADAS POR BV A FECHA DE 21_01_16



FOTO 50 . CONFIGURACIÓN USUAL ENCONTRADA EN LA OBRA. SOPORTE DOBLE UPN EMPRESILLADO EN CAJON. VIGA DE CARGA PASANTE IPN, ARRANQUE PROTEGIDO CON "DADO" DE HORMIGÓN EN MASA.

ESTRUCTURA APARENTEMENTE PRESENTA UN ESTADO DE CONSERVACIÓN SORPRENDENTENTE BUENO



FOTO 51 . SOPORTES CON DOBLE ACOMETIDA DE VIGAS. ESTRUCTURA EN BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN



FOTO 52. VIGUETAS CON ENREVIGADO DE ARCOS DE FÁBRICA, BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN



FOTO 53. VIGUETAS , SOPORTE Y VIGAS EN BUEN ESTADO



FOTO 54. VIGUETAS , SOPORTE Y VIGAS EN BUEN ESTADO

ANEJO 5.3.2 REPORTAJES FOTOGRÁFICOS_25-01



FOTO 55: ARQUETA DE ENTRADA A SANITARIO. EN PASILLO PERIMETRAL JUNTO A VESTIBILO DE ENTRADA. JUNTO A P53.



FOTO 56: VIGUETA IPN 140, DELAMINACIONES EN ALAS Y ALMA, CORROSIÓN AVANZADA. JUNTO APOYO A PILAR P53



FOTO 57: UNIÓN PASANTE DE IPN 280 CON PILAR P53. CORROSIÓN AVANZADA. LAJAS DE 30mm



FOTO 58: HUECO EN MURO DE CARGA, PERFIL IPN CON GRANDES PÉRDIDAS EN ALA INFERIOR EN TRAMO ENTRE P53 Y P54



FOTO 59: PAÑO TRASPASADO EL HUECO ANTEIOR. PILAR P53 (DESDE EL OTRO LADO) DOBLE UPN 250/8. PERFIL QUE LE ACOMETE SIN CORROSIÓN



FOTO 60: PERFIL DE CARGA Y VIGUETAS DE FORJADO EN BUEN ESTADO, DADO INTERMEDIO DE APOYO PARA VIGA ENTRE P53 Y BROCHAL JUNTO A P40



FOTO 61: VIGUETAS Y VIGA DE CARGA EN MUY BUEN ESTADO



FOTO 62: GRAN PERFIL, PROBABLEMENTE IPN 500, ENTRE P54 Y 41. UNIÓN CON P54 POR CARA BAJO ESCALERA DE VESTÍBULO. BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN



FOTO 63: VIGUETA EN BUEN ESTADO



FOTO 64: DOBLE VIGA EN AMBITO P53. VIGAS Y VIGUETAS EN BUEN ESTADO. ARMADURAS PROBABLEMENTE DE ARRANQUE DE ESCALERA DEL VESTÍBULO



FOTO 65: PERFIL DE PILAR P53, CARA INTERIOR, APOYO DE IPN EN ANGULAR SOLDADO, CORROSIÓN LEVE

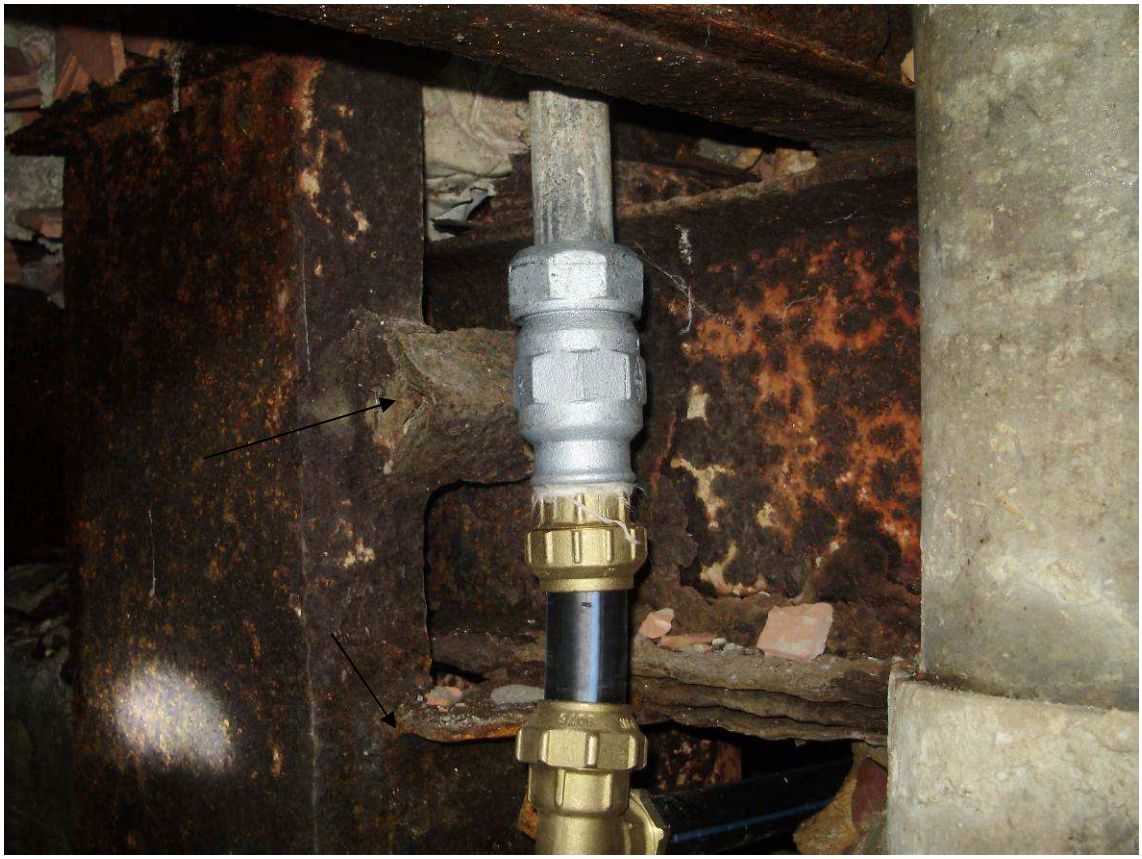


FOTO 66: MISMO PILAR P53 EN CARA BAJO PASILLO, PERFIL IPN PASANTE APOYADO EN ANGULAR SOLDADO A DOBLE UPN Y SUPERIOR AL ALMA. CORROSIÓN AVANZDA



FOTO 67. APOYO DE FORJADO A DEMOLER EN MURO DE CARGA FACHADA DE PATIO CENTRAL. PILAR P158. APARENTEMENTE NO MUY DAÑADOS REVESTIMIENTOS



FOTO 68. FORJADO Y MURO DE PATIO. VIGUETAS CON CORROSIÓN



FOTOS 69. MURO DE CARGA DE PERIMERO DE PATIO, REVESTIMIENTO DEL PILAR P156. SIN APARENTES FISURACIONES



FOTO 70. PILARITO INTERMEDIO ENTRE P52 Y P53 UNICAMENTE PARA ESTE FORJADO, DOBLE UPN 80 SEPARADOS 60mm. CORROSIÓN AVANZADA EN UNIÓN CON DADO DE HORMIGÓN



FOTO 71. UNIÓN DE IPN PASANTE EN PILAR P52.DOBLE UPN 25/8. CORROSIÓN ALGO MENOR QUE EN P53



FOTO 72. ARRANQUE DE P52 CORROSIÓN MODERADA



FOTO 73. VIGUETA CON CORROSIÓN Y REVESTIMIENTO DE PILAR P158 SIN DAÑOS APARENTENTES



FOTO 74. ENTRADA EN ARQUETA POR ALMACEN JUNTO A SALON DE GRADOS. P207 DE PERIMETRO DE PATIO. CORROSIÓN AVANZADA EN ARRANQUE DADO DE HM. VIGUETAS DE FORJADO DE HORMIGÓN PREBABRICADO. BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN. ALTISIMO CONTENIDO DE HUMEDAD, ALTA CONDESANCIÓN EN VIGUETAS



FOTO 75. VIGUETAS DE FORJADO DE HORMIGÓN PREBABRICADO. BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN. ALTISIMO CONTENIDO DE HUMEDAD, ALTA CONDESANCIÓN EN TODAS LAS VIGUETAS



FOTO 76. ESTRUCTURA METÁLICA EN TECHO DE BAJA. ZONA ANTERIOR, SIN CORROSIÓN



FOTO 77. ARQUETA LATERAL IZQUIERDO DE PASILLO PERIMETRAL DEL PATIO CENTRAL. JUNTO A AULA DE GRADAS. P98



FOTO 78. VIGUETAS DE HORMIGÓN EN BUEN ESTADO, FORJADO INTRANSITABLE



FOTO 79. CORROSIÓN AVANZADA EN ARRANQUE P98. ANCHO 200mm, PARECEN LAS ALAS DE 2 UPN SOLDADAS A TOPE, CORRESPONDEN A 2 UPN 25/10



FOTO 80. FORJADO DE VIGUETAS DE HORMIGÓN EN BUEN ESTADO BAJO GRADERIO DE AULA. ENTRADA POR DESPACHO DE MANTENIMIENTO



FOTO 81. PERFIL IPN-340 .VIGA DE CIERRE DE FORJADO DE GRADERIO.



FOTO 82. APOYO DE VIGA ANTERIOR EN DADO DE HORMIGÓN



FOTO 83. PILAR DE FACHADA. SIN SEGURIDAD AL 100% ESTIMAMOS QUE ES EL P128. ZONAS SIN CORROSIÓN. DOBLE UPN 180. SEPARACIÓN 150mm



FOTO 84. PILAR ANTERIOR. OXIDACIÑON SUPERIOR EN PERFIL CERCANOA EXERIOR Y EN CONTACTO CON CERRAMIENTO. VIGUETA METÁLICA CON CORROSIÓN



FOTO 85. FORJADO DE VIGUETAS DE HORMIGÓN EXCEPTO VIGUETA DE BORDE



FOTO 86. PERFIL IPN ANTERIOR, CORROSIÓN EN CONTACTO CON CERRAMIENTO



FOTO 87. PILAR P128.CORROSIÓN MODERADA EN ARRANQUE DE DADO Y UNIÓN CON FACHADA



FOTO 88. ANGULAR OXIDADA, APOYO DE VIGUETA PASANTE

ANEJO 5.3.3 REPORTAJES FOTOGRÁFICOS_27-01



FOTO 89: EJECUCIÓN HUECO EN FORJADO SANITARIO EN SALA DE LECTURA.



FOTO 90: ARQUETA DE OBRA IMPIDE VER PILAR P12. VIGA IPN 200 Y VIGUETA IPN140 CORROSIÓN MODERADA QUE AUMENTA EN LAS CERCANIAS DE LA FACHADA Y ARQUETA



FOTO 91: PILARITO A, EMBUTIDO EN HORMIGÓN EN MASA. APOYO SANITARIO, OXIDACIÓN SUPERFICIAL EN EL NUDO DE UNIÓN. VIGAS IPN 200



FOTO 92: DETALLE UNIÓN, VIGA PASANTE Y VIGA ANCLADA EN ANGULAR. OXIDACIÓN SUPERFICIAL



FOTO 93: PILARITO B, APOYO SANITARIO, CORROSIÓN EN INICIO. VIGA EN BUEN ESTADO



FOTO 94: PILARTIO B, EN INTERFASE UNIÓN DADO HM, CORROSION AVANZADA



FOTO 95: VIGAS DE CARGA ZONA FORJADO EN BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN, VIGUETAS OXIDACIÓN SUPERFICIAL

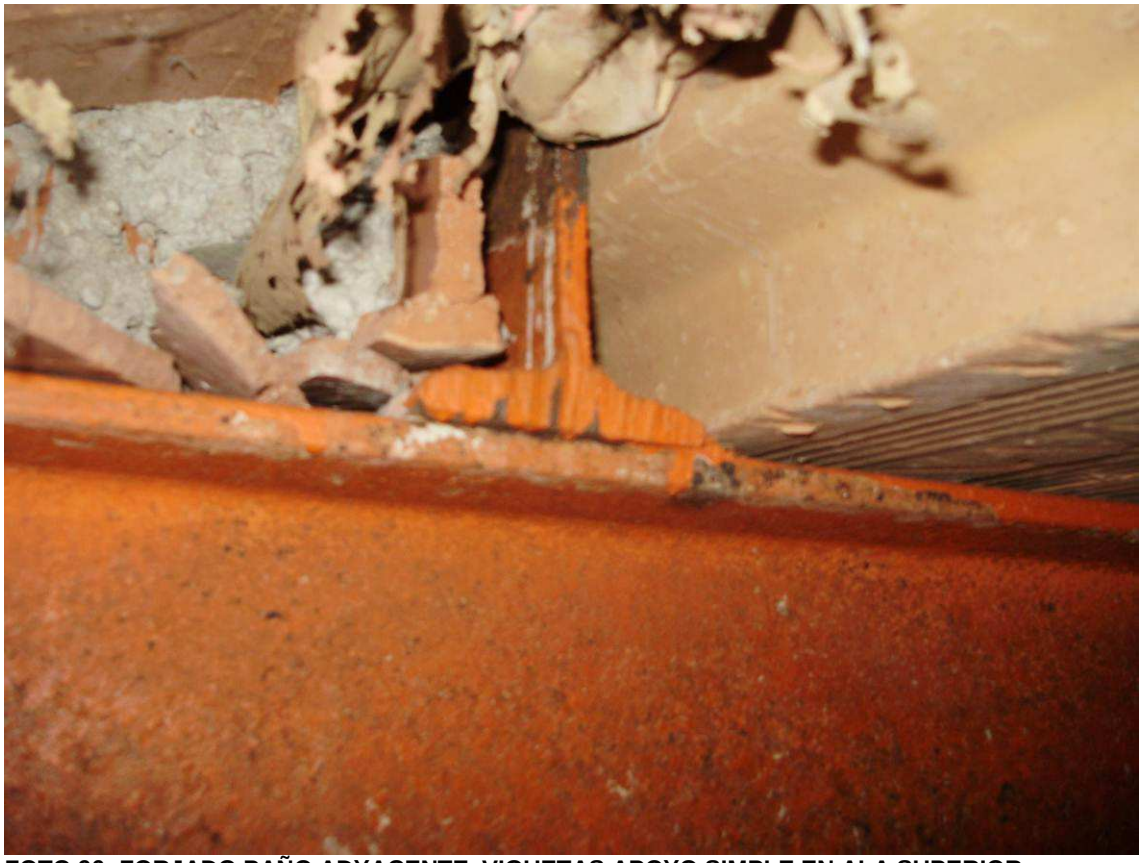


FOTO 96: FORJADO PAÑO ADYACENTE. VIGUETAS APOYO SIMPLE EN ALA SUPERIOR



FOTO 97: ARQUETA JUNTO A P12, VIGA Y VIGUETA BUEN ESTADO AVANZANDO CORROSIÓN HACIA EXTREMO EN FACHADA



FOTO 98: APOYO DE VIGUETAS EN FACHADA.



FOTO 99: PILAR P29, DOBLE UPN,VIGA P29-44, IPN 220, VIGA 29-30, IPN 180. CORROSIÓN EN NUDO



FOTO 100: CORROSIÓN AVANZADA EN UNIÓN PILAR 29.DADO HM, EXPANSIÓN FRACTURA EL DADO HM



FOTO 101. INSTALACIONES SANEAMIENTO FIBROCEMENTO. VIGAS BUEN ESTADO



FOTO 102. VISTA JUNTO A P30. PILARES CON CORROSIÓN EN ARRANQUE



FOTOS 103. PILAR P30. DOBLE UPN 250/10. CORROSIÓN AVANZADA EN ARRAQUE. DADO FRACTURADO

.



FOTO 104. PILAR 44.CORROSIÓN AVANZADA EN ARRAQUE



FOTO 105. HUECO EN FORJADO EN SALA DE ESTUDIANTES



FOTO 106. UNIÓN EN P45. CORROSIÓN EN NUDO. DADO HM CON GRIETA VERTICAL



FOTO 107. SANEAMIENTOS DE FIBROCEMENTO, ARQUETAS DE OBRA. BOVEDILLAS CERÁMICAS DESPRENDIDAS



FOTO 108. VIGUETA CON CORROSIÓN QUE AUMENTA EN APOYO EN MURO DE FACHADA



FOTO 109. BUEN ESTADO DE VIGAS Y VIGUETAS



FOTO 110. VISTA DE ZONA ENTRE P45 Y P21



FOTO 111. ARQUETA INSTALADA EN HUECO EN SALA DE LECTURA



FOTO 112. ARQUETA INSTALADA EN HUECO EN SALA DE ESTUDIANTES