

# MEMORIA TECNICA

## SISTEMA CONSTRUCTIVO M2

TECNOLOGÍA M2 - DURAPANEL

Sistema de construcción sismorresistente y aislante acústico y térmico



## ÍNDICE GENERAL

### 1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

### 2 ELEMENTOS COMPONENTES

### 3 PROCEDIMIENTOS BÁSICOS

### 4 LA DOSIFICACION DEL MORTERO ESTRUCTURAL M2

### 5 ENSAYOS MECÁNICOS Y DE HABITABILIDAD

#### 5.1 FLEXOCOMPRESIÓN

#### 5.2 FLEXIÓN SIMPLE

#### 5.3 FLEXIÓN EN EL PLANO DE LA PLACA

#### 5.4 CARGAS DINÁMICAS E IMPACTOS

### 6 CATALOGO DE ENSAYOS Y SUS NORMATIVAS

### 7 RESUMEN DE RESULTADOS SIGNIFICATIVOS DE ENSAYOS

#### 7.1 COMPRESIÓN CENTRADA Y EXCÉNTRICA

#### 7.2 FLEXIÓN SIMPLE

#### 7.3 ENSAYO DE CORTE (ESFUERZO DE CIZALLAMIENTO)

#### 7.4 ENSAYO DE CARGA HORIZONTAL CONTENIDA EN EL PLANO

#### 7.5 ENSAYO DE IMPACTO BLANDO

#### 7.6 ENSAYO DE IMPACTO DURO

#### 7.7 ENSAYO DE CARGA VERTICAL EXCÉNTRICA

#### 7.8 ENSAYOS SÍSMICOS

#### 7.9 ENSAYO DE SEPARACIÓN DE SOLDADURAS

#### 7.10 ENSAYO DE PERMEABILIDAD A LA INTEMPERIE

#### 7.11 ENSAYO A LA RESISTENCIA AL DESARROLLO DE HONGOS

#### 7.12 RESISTENCIA AL FUEGO

#### 7.13 IMPACTOS BALÍSTICOS

### 8 CARACTERÍSTICAS DE HABITABILIDAD Y CONFORT

#### 8.1 AISLAMIENTO TÉRMICO

#### 8.2 AISLAMIENTO ACÚSTICO

#### 8.3 RESISTENCIA AL FUEGO

#### 8.4 ESTABILIDAD FÍSICO QUÍMICA

#### 8.5 RESISTENCIA A LA DIFUSIÓN DE VAPOR DE AGUA

### 9 ASPECTOS DE M2 “DURAPANEL” - FRENTE A SISTEMAS TRADICIONALES

#### 9.1 ECONOMÍA – USO RACIONAL DE LOS RECURSOS

#### 9.2 ECONOMÍAS INDIRECTAS - EVALUACIÓN

##### 9.2.1 GASTOS GENERALES



- 9.2.2 AYUDA DE GREMIOS
- 9.2.3 APERTURA DE CANALIZACIONES
- 9.2.4 DIFERENCIA HORAS PAGADAS – HORAS TRABAJADAS
- 9.2.5 LIMPIEZA DE OBRA
- 9.2.6 MENOR SUPERFICIE TOTAL A IGUAL SUPERFICIE ÚTIL
- 9.3 FLEXIBILIDAD ARQUITECTÓNICA
- 9.4 MANTENIMIENTO GENERAL – ADAPTABILIDAD CON OTROS SISTEMAS

## 10 VERIFICACIÓN DE RESISTENCIAS MECÁNICAS

- 10.1 HIPÓTESIS GENERALES DE COMPORTAMIENTO
- 10.2 FLEXIÓN SIMPLE
  - 10.2.1 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO
  - 10.2.2 ESTADO I (HORMIGÓN SIN FISURAR)
  - 10.2.3 ESFUERZO CORTANTE
- 10.3 DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN
- 10.4 RESULTADOS DE ENSAYOS VOLCADOS EN DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN
- 10.5 OBSERVACIONES A ENSAYOS DE COMPRESIÓN
- 10.6 OBSERVACIONES A ENSAYOS DE FLEXIÓN
- 10.7 EJEMPLOS DE APLICACIÓN PRÁCTICA
  - 10.8.1 EJEMPLO 1 CASO EDIFICIO DE 8 ALTURAS
  - 10.8.2 EJEMPLO 2 CÁLCULO DE UN LOSA CON PANEL PSM 80
  - 10.8.3 EJEMPLO 3 FUNCIONAMIENTO COMO VIGA DE GRAN ALTURA
  - 10.8.4 EJEMPLO 4 FALLO DE LA CIMENTACIÓN
  - 10.8.5 EJEMPLO 5 VIGA RESUELTA CON SEGMENTO DE PANEL
  - 10.8.6 EJEMPLO 6 EFICACIA DE LA ARMADURA DE ESPERAS A CIMENTACIÓN

## 11 FIJACIONES A MUROS M2 – “DURAPANEL”

## 12 LOSAS BIDIRECCIONALES

- 12.1 PLACAS BIDIRECCIONALES COMO MUROS DE CERRAMIENTO

## 13 CRITERIOS DE CÁLCULO

- 13.1 CYPECAD
  - 13.1.1 ESQUEMATIZACIÓN ESTRUCTURAL - CRITERIOS CÁLCULO SOLICITACIONES
  - 13.1.2 VERIFICACIONES DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES
- 13.2 TABLAS APORTADAS POR EL FABRICANTE: LOSAS

## 14 RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA EN EL SISTEMA M2 – “DURAPANEL”

- 14.1 USO PARCIAL COMO CERRAMIENTO VERTICAL
- 14.2 USO TOTAL COMO CERRAMIENTO Y ESTRUCTURA

## 15 PROTOCOLO DE CONTROL DE OBRAS M2 “DURAPANEL”

- 15.1 VERIFICACIÓN DE LA HOMOLOGACIÓN DE LA EMPRESA EJECUTORA
- 15.2 CONFORMIDAD DE REPLANTEO
- 15.3 COLOCACIÓN DE ESPERAS
- 15.4 APLOMADO DE MUROS Y APUNTALAMIENTOS
- 15.5 COLOCACIÓN DE MALLAS ANGULARES Y PLANAS



- 15.6 REALIZACIÓN DE LOS ZUNCHOS DE ATADO
- 15.7 PREPARACIÓN DEL MORTERO INDUSTRIAL
- 15.8 APLICACIÓN DEL MORTERO INDUSTRIAL
- 15.9 HORMIGONADO DE LA CAPA DE COMPRESIÓN
- 15.10 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA
- 15.11 PARTES DE CONTROL DE OBRA

## 16 DETALLES CONSTRUCTIVOS

- 16.1 ENCUNTROS ENTRE MURO Y LOSA
- 16.2 ENCUENTRO ENTRE MURO Y CUBIERTA INCLINADA
- 16.3 SECCIÓN HORIZONTAL
- 16.4 HUECOS DE VENTANAS
- 16.5 PERSIANAS
- 16.6 UNIÓN A LA CIMENTACIÓN
- 16.7 CIMENTACIÓN CON CONTRAFUERTE
- 16.8 ANCLAJE ENTRE MURO Y CIMENTACIÓN
- 16.9 DETALLE CON MURO DE CONTENCIÓN DE HºAº ADOSADO
- 16.10 DETALLE DE JUNTA CONSTRUCTIVA
- 16.11 ENCUENTRO TIPO ESCALERA CON MURO
- 16.12 LOSA SUSPENDIDO DE MURO ACTUANDO COMO VIGA
- 16.13 PANEL SUSPENDIDO DE LOSA
- 16.14 FIJACIÓN DE PANEL A PILAR METÁLICO
- 16.15 PANEL PASANTE POR LOSA 1
- 16.16 PANEL PASANTE POR LOSA 2
- 16.17 TABIQUE QUE NACE DE LOSA
- 16.18 VOLADIZO EN MURO CON CONTINUIDAD
- 16.19 VIGA CARGADERO EN CUBIERTA INCLINADA
- 16.20 ENCUENTRO VIGA - MURO
- 16.21 ENCUENTRO VIGA - MURO 2
- 16.22 VIGA PLANA ARMADA A POSITIVOS
- 16.23 VIGA DE BORDE PLANA ARMADA A POSITIVOS
- 16.24 VIGA DE BORDE DE CANTO
- 16.25 VIGA DE CUMBRERA
- 16.26 VIGA EN DESNIVEL
- 16.27 VIGA INTERIOR DE CANTO



## 1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

La presente memoria constituye la presentación de la tecnología racionalizada de construcción denominada EMMEDUE. Esta tecnología de origen italiano tiene una antigüedad de más de 27 años, y es producida en 35 plantas industriales en diferentes países de todos los continentes, a saber:

España, Italia, Irlanda, Portugal, Rusia, Estados Unidos, México, Guatemala, Costa Rica, Panamá, Venezuela, Chile, Argentina, Egipto, Nigeria, Mozambique, Eritrea, Argelia, Arabia Saudita, Iran, Irak, Lybia, Turquía, Filipinas, Malasia y Australia.

Existen también un número muy importante de construcciones de diversa índole en países no mencionados más arriba como: Bolivia, Uruguay, Brasil, Perú, Bahamas, Alemania, Reino Unido, Hungría, Grecia, Sudáfrica, Senegal y Burkina - Faso. Incluso es de destacar la presencia de 4 viviendas de 100 m<sup>2</sup> de superficie cubierta en la base científica Esperanza en el Continente Antártico.

Entre las diferentes marcas bajo las cuales se conoce nuestra tecnología en todo el mundo se encuentran:

- EMMEDUE
- DURAPANEL
- MONOLITE
- CASSAFORMA
- EMEKADOS
- EMEDOS
- CONSNOLITE
- POLISUD
- TICARET
- FRIDULSA
- CONCASSAGE

M2 es el sistema constructivo que reúne en un solo elemento todas las funciones necesarias para realizar una obra de arquitectura, desde una vivienda familiar hasta un edificio de gran altura, abarcando con máxima eficiencia todo tipo de construcciones y destinos.

Las funciones contenidas en los elementos de nuestra tecnología constructiva son:

- 1- Aislamiento térmico continuo de alta capacidad;

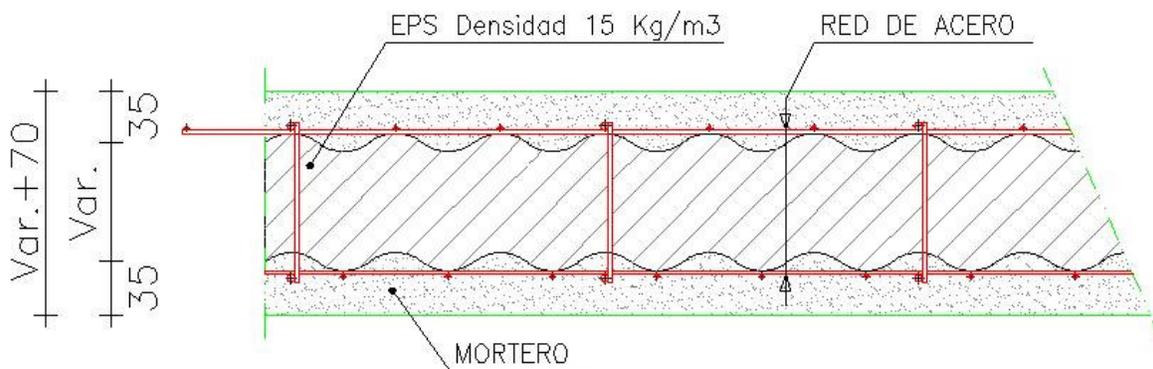




Diseño y producción de paneles para el sistema constructivo, producción de mallas electro soldadas y comercialización de maquinaria y equipamiento para la producción de paneles y redes electro soldadas.

Es dable mencionar que todas las plantas industriales instaladas en el mundo utilizan exactamente el mismo tipo de maquinaria y tecnología para la producción de los paneles, por lo que el Certificado ISO 9001 alcanza a la totalidad de fábricas operativas y naturalmente a las futuras a instalarse.

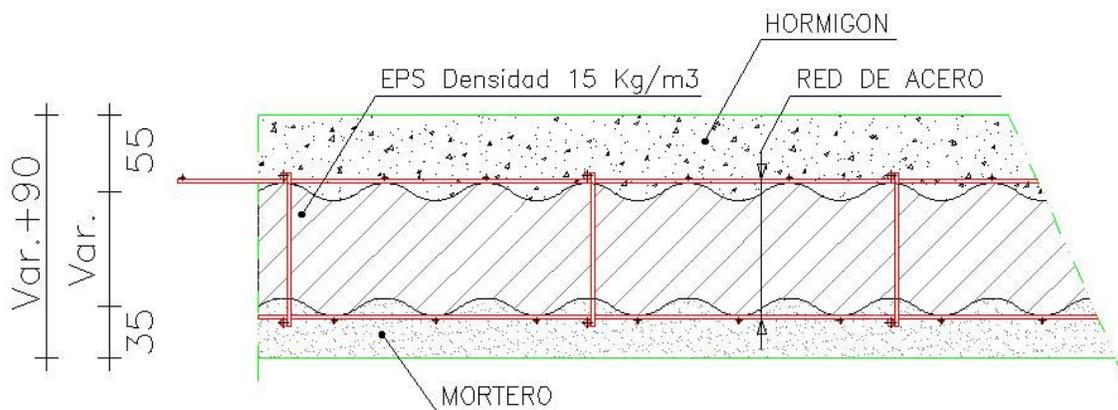
## TIPOLOGÍA GENERAL DE LOS PANELES PARA MUROS



El espesor del mortero puede variar desde 20 mm hasta 35 mm dependiendo de tipo de proyecto y los requerimientos.



## TIPOLOGÍA GENERAL DE LOS PANELES PARA LOSAS



El espesor del hormigón puede variar desde 40 mm hasta 70 mm y el espesor del mortero desde 25 mm hasta 40 mm dependiendo de tipo de proyecto y los requerimientos

### 3. PROCEDIMIENTOS BASICOS

La sucesión de paneles vinculados entre sí materializa todos los planos de cerramiento de la construcción: paredes exteriores, muros interiores, losas de entrepiso o losas y cubiertas de techo.

Mediante una simple operación de corte se abren los vanos correspondientes a las aberturas, con la holgura necesaria para la colocación de los marcos, cuyas grampas de fijación se atan de las mallas.

Es de fundamental importancia asegurarse de que los planos de cerramientos sean correctamente alineados y aplomados. Ello podrá ser realizado fácilmente mediante el empleo de tirantes, reglas metálicas, puntales telescópicos o cualquier otro elemento adecuado a ese fin.

Seguidamente, se ejecutan las canalizaciones en el poliestireno expandido deprimiendo el mismo mediante una pistola de aire caliente, en las que se alojarán los conductos correspondientes.

Una vez realizadas las operaciones descritas se procede a la proyección del mortero de cemento, la que puede realizarse con dispositivos de proyección neumática tipo "Hopper



gun” conectadas a un compresor de aire de la potencia adecuada ó con máquinas de proyección continua vía húmeda del tipo Turbosol, Puztmaister, Maltech o PFT. Los paneles M2 admiten también la proyección de morteros por la vía seca con gunitadoras convencionales.

Resultará muy conveniente utilizar morteros de tipo seco proyectables de marcas reconocidas que posean sello de calidad. de esa manera la resistencia característica mínima requerida quedará garantizada. Por otra parte, las maquinas de proyección continua garantizan una uniformidad en la mezcla ya que solo aportan el agua de amasado que resultará constante en cada aplicación.

Las proyectadotas manuales tipo Hopper gun tienen como vehículo para la impulsión de la mezcla fresca, una circulación de aire comprimido abastecida por un compresor que deberá operar a una presión de aire constante de 500 a 600 kPa. Estos compresores deberán aportar entre 300 y 350 litros de aire por minuto por cada uno de los dispositivos que se empleen. En el caso de utilizarse electro compresores, las potencias recomendadas son:

Potencia motor (HP)	Caudal de aire (Litros / min.)	Cantidad de aplicadoras
2 ½ a 4	350 a 400	1
5 a 6	600 a 700	2 a 3
8 a 10	900 a 1.000	3 a 4

La proyección del mortero convierte todos los cerramientos y losas conformados por paneles, así como a sus uniones, en elementos rígidos y monolíticos. La estructura así lograda posee un altísimo grado de hiperestaticidad por vínculos internos, a la par que una muy elevada ductilidad, por lo que su reserva de carga plástica es por demás significativa, aunque no se la tiene en cuenta a la hora de evaluar las capacidades resistentes.

La operación de proyección neumática del mortero se realiza en dos pasadas. La primera que cubre la malla de acero, y la segunda de terminación hasta alcanzar el espesor final necesario de 2 cm.( definido por el diseño ). Para ello se utilizan guías, a modo de fajas, que pueden ser simplemente caños de acero de sección cuadrada de 25 mm, contra los que se cortan los espesores de mortero de cemento proyectados. El enlucido será a elección del proyectista con materiales convencionales (revestimientos monocapa, pintura



sobre superficies maestreadas, yeso, salpicados plásticos, pintura elastomérica, o cualquier otra variante exigida por el proyectista).

En el caso de planos horizontales o inclinados, como losas o cubiertas de techo, una vez colocados y vinculados los paneles entre sí, se apuntalan y luego del primer proyectado de la cara inferior se procede al colado de la capa de compresión, de 4 cm de espesor de hormigón convencional (definido por el diseño), según criterio de condiciones estructurales.

En no menos de 14 días se desapuntala ( se puede acelerar el desapuntalamiento bajo condiciones de supervisión y de diseño previamente estipuladas ) y se procede al compleamiento de la cara inferior de la losa.

#### 4. LA DOSIFICACIÓN DEL MORTERO ESTRUCTURAL

La mezcla con que se realice la proyección neumática del mortero estructural debe cumplimentar los requisitos que se enumeran a continuación:

- FACILIDAD DE APLICACIÓN: Debe poder ser aplicado en capas de alrededor 2 cm sin que se produzcan desprendimientos, con fluidez y plasticidad.
- ALTA RESISTENCIA: Debe proveer la resistencia necesaria para satisfacer las funciones estructurales a las que será sometido.
- BAJA RETRACCIÓN DE FRAGUADO: Para evitar la fisuración provocada por la evaporación del exceso de agua de amasado.

Para satisfacer todas las condiciones descritas es necesario contar con una mezcla de bajo contenido de agua y con una relación cemento arena (en volumen) comprendida entre 3,5 y 4,5.

El contenido unitario de cemento Pórtland normal variará en función de la granulometría de la arena y de la relación árido-aglomerante elegida entre 350 kg/m<sup>3</sup> y 400 kg/m<sup>3</sup>.

La relación agua / cemento, en peso no debe superar 0,52 incluyendo la humedad libre de la arena.



En cuanto a los aditivos resulta necesario, en virtud de la baja trabajabilidad de las mezclas obtenidas con estas dosificaciones, agregar un reductor de agua de amasado / plastificante, en las proporciones que recomiende su proveedor.

Es conveniente utilizar fibra de polipropileno de 1,25 cm a razón de 0,90 kg por cada m<sup>3</sup> de mezcla. Su finalidad es proveer una red anti-retracción de fraguado aumentando al mismo tiempo la tenacidad del mortero de cemento.

El curado resulta de fundamental importancia, como en todos los hormigones de gran superficie y poco volumen debido a la acción de los agentes atmosféricos. Un correcto curado consiste en permitir que tenga lugar el proceso de hidratación del cemento, evitando la evaporación prematura del agua libre, para lo cual es necesario mantener la humedad superficial (rociado frecuente con agua), cuidando especialmente la exposición directa a la radiación solar y al viento durante las primeras 24 horas de colocado.

Resulta un factor importante para la calidad final del mortero de cemento elaborado a pié de obra, la enérgica compactación proporcionada por los medios neumáticos de aplicación y esto influye también sobre los altos valores de resistencia característica alcanzables.



## 4.1 MORTERO INDUSTRIAL

En el mercado suelen conseguirse morteros industriales (micro-hormigones). Los mismos deberán cumplir con las siguientes características mínimas:

- a) Garantizar una resistencia característica  $f_{ck} \geq 20 \text{ N/mm}^2$ .
- b) Ser proyectable en capas de alrededor de 2 cm de espesor.

La composición básica dichos morteros podrá ser la siguiente:

Áridos:

Calizo de machaqueo de granulometría controlada y humedad siempre inferior al 1,00 %

Cemento:

CEM II/B-M (V-L) 32.5 N o CEM II/A-M (V-L) 42.5 R

Aditivos:

La formulación que cumpla con holgura las disposiciones establecidas (cantidad mínima de cemento y relación agua/cemento máxima)

La puesta en obra que se recomienda para éste tipo de morteros es la siguiente:

Ajustar el sistema de la máquina de proyección que regula la presión de agua y su dosificación mediante el hidrómetro.

El agua de amasado (14% - 14,5% sobre muestra seca) conduce a un escurrimiento de  $175 \pm 5 \text{ mm}$  medidos en la mesa de sacudidas (Equivale aproximadamente a un asentamiento en el Cono de Abrams de 120 mm). La consistencia así obtenida es la adecuada para su proyección.

Antes de comenzar conocer perfectamente la superficie a aplicar puesto que el proyectado debe realizarse sin interrupciones siempre que sea posible.

La aplicación a 3 o 4 cm según sea necesario, deberá realizarse en 2 pasadas. En la primera pasada se debe cargar el producto hasta donde nos permita sin que se descuelgue, para lo que se recomienda utilizar un compresor de 400 litros por minuto de caudal de aire, para que "muerda" el poliestireno y el producto quede lo mas compactado posible. La segunda pasada hasta alcanzar el espesor deseado se realizará en un intervalo de tiempo no mayor de 48 horas.

De la maquinaria existente en el mercado, se recomiendan para la aplicación del producto, por sus características técnicas y de diseño las del tipo Maltech M5 y PFT G 54



entre las de pequeño caudal y Cayman 30 de PFT o Plasterjet de Maltech, Turbosol Uni 30 o Putzmaister P13.

## 5. ENSAYOS MECÁNICOS Y DE HABITABILIDAD

Nos permitimos remarcar en esta instancia que los ensayos y pruebas reglamentarias necesarias para la obtención de los varios Certificados de Idoneidad con los que cuenta actualmente nuestra tecnología han sido realizados en Laboratorios e Instituciones tan prestigiosas como la Universidades de Melbourne y Deakin (Australia), las Universidades de Padova, Bologna, Perugia y el Instituto Giordano (Italia), el Instituto Mexicano del Mortero de cemento y el Cemento, el Instituto de investigaciones y Ensayos de Materiales (Chile), el Instituto del Cemento Pórtland Argentino, y el Instituto de Pesquisas Tecnológicas de San Pablo (Brasil), Instituto "Eduardo Torroja" (España)



**MUY IMPORTANTE**

El DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA constituye, por definición, una apreciación técnica favorable por parte del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, de la aptitud de empleo en construcción de materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales destinados a un uso determinado y específico. No tiene, por sí mismo, ningún efecto administrativo, ni representa autorización de uso, ni garantía.  
Antes de utilizar el material, sistema o procedimiento al que se refiere, es preciso el conocimiento íntegro del Documento, por lo que éste deberá ser suministrado, por el titular del mismo, en su totalidad.  
La modificación de las características de los productos o el no respetar las condiciones de utilización, así como las observaciones de la Comisión de Expertos, invalida la presente evaluación técnica.  
Cualquier reproducción de este Documento debe ser autorizada por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Este Documento consta de 22 páginas.

**DECISIÓN NÚM. 431**

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA,

- en virtud del Decreto nº 3.852/1963, de 28 de diciembre, de la Presidencia del Gobierno, por el que se faculta al Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, para extender el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA de los materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales de construcción utilizados en la edificación y obras públicas, y de la Orden nº 1.265/1968, de 23 de diciembre, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, por la que se regula su concesión,
- considerando la solicitud formulada por la Sociedad EMMEDUE, S.R.L., para la concesión de un DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA al Sistema portante EMMEDUE de paneles de hormigón armado con núcleo de E.P.S.,
- en virtud de los vigentes Estatutos de la Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction (UEATC),
- teniendo en cuenta los informes de visitas a obras realizadas por representantes del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, los informes de los ensayos realizados en el IETC, así como las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos, en sesión celebrada el día 2 de diciembre de 2003.

**DECIDE:**

Conceder el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA número 431 al Sistema portante EMMEDUE de paneles de hormigón armado con núcleo de E.P.S., bajo las siguientes condiciones:

**CERTIFICATO DI IDONEITÀ TECNICA DEL SISTEMA INDUSTRIALIZZATO A SETTI PORTANTI "MONOLITE"**

**DICHIARAZIONE DI IDONEITÀ**

IL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI

Vista la legge 2 febbraio 1974 n. 64;  
Vista la Circolare del Servizio Tecnico Centrale n. 6090 dell'11 agosto 1969;  
Vista la domanda presentata in data 4-1-1985 dalla Ditta Impres Costruzioni Cantiracci S.p.A., con sede in Fano afferente la richiesta di rilascio del certificato di idoneità tecnica del sistema di prefabbricazione MONOLITE;

Vista la documentazione tecnica presentata ad illustrazione del sistema;  
Visto il voto n. 24 espresso dalla 1ª Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, nell'adunanza del 24-1-1985;

**DICHIARA**

Le strutture portanti realizzate secondo il sistema di prefabbricazione MONOLITE definita, per quanto attiene alle loro caratteristiche tecniche, dalla descrizione che la parte integrante del presente certificato, sono considerate idonee ai fini della costruzione di edifici anche in zone sismiche, a condizione che siano rispettate le prescrizioni di cui riportate.  
Il presente certificato di idoneità è valido per tre anni a decorrere dalla data del suo rilascio. Nel periodo di validità del certificato dovranno eseguirsi, presso un laboratorio ufficiale o autorizzato, prove sui materiali ed elementi strutturali al fine di indagare sul loro comportamento in esercizio.

Roma, li 3 ottobre 1985



IL PRESIDENTE  
(Dott. Ing. Roberto Rivelli)

Registrato presso il 1° Ufficio del Registro Atti Privati di Roma il 4 ottobre 1985 al N° C/44687





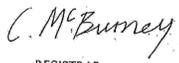
NUMBER: V90/12  
EXPIRY DATE: 31 DEC 1991

## CERTIFICATE OF ACCREDITATION

WHEREAS Monolite Construction Panels Pty. Ltd. of 129 Northern Road, West Heidelberg 3084 has applied to the Building Control Accreditation Authority for the accreditation of the Monolite 130mm thick sprayed reinforced concrete loadbearing external cladding or internal partitioning sandwich panel system

the Building Control Accreditation Authority appointed under Part V of the Building Control Act 1981 has examined the application and determines that the system may be used in buildings containing up to 2 storeys (maximum storey height of 4 metres) except those having special post-disaster functions as per AS 1170 Pt. 2 and complies with the requirements of Regulation(s) 40.1 (1), 43.1 (1) and 47.1 (2) of the Victoria Building Regulations 1983.

Conditions of use and identification details are provided in the ten (10) data sheet(s) attached.



DATE 7 DECEMBER 1990 REGISTRAR

## CERTIFICATE



Certificato Nr. 50 100 0605  
Si attesta che / This is to certify that  
IL SISTEMA QUALITÀ DI  
THE QUALITY SYSTEM OF  
**EMMEDUE SRL**  
VIA TREVES 7  
I-61030 BELLOCCHI DI FANO (PS)

È CONFORME AI REQUISITI DELLA NORMA  
HAS BEEN FOUND TO CONFORM TO THE REQUIREMENTS OF  
**UNI EN ISO 9001:1994**

Questo certificato è valido per il seguente campo di applicazione  
This certificate is valid for the following product or service ranges

**Progettazione e produzione di pannelli per sistema costruttivo Emmedue, produzione di reti elettrosaldate e commercializzazione di macchinari ed attrezzature per la produzione di pannelli e reti elettrosaldate**  
**Design and production of panels by Emmedue building system, production of electrowelded wire meshes and marketing of machinery and equipment for the manufacture of panels and electrowelded wire meshes**

Lunga e data  
Place and date  
Cinisello, 2000-05-11

Only in accordance  
Expiry date  
2003-04-17

Per l'Organismo di Certificazione  
For the Certifying Body  
**TUV Italia S.r.l.**  
Cinisello Balsato (MI)

Roberto Marzocchi  
Management Representative

**SINCERT**  
Inspector in Italy

Nico Manfellotto  
Approved Competent Representative

Los resultados de los ensayos y pruebas se resumen a continuación y arrojan sucintamente los siguientes resultados:

### 5.1 FLEXOCOMPRESION

Para la solicitud de flexo compresión la carga de rotura de un panel M2 de 10 cm de espesor conformado por 4 cm de poliestireno expandido y 3 cm de mortero de cemento en cada cara, cuyas medidas son de 1,125 m de ancho y de 2,60 m de altura, en ningún caso fue inferior a 650 kN por metro lineal.

La sustentación del ensayo es la siguiente:

- Articulado en el extremo inferior
- Apoyo de primera especie en el extremo superior
- Libre en los bordes verticales.



La carga, uniformemente distribuida, está ubicada en una línea paralela a las caras y a una distancia de un tercio del espesor de una de ellas (es decir, prácticamente sobre una de las capas de mortero de cemento).

## 5.2 FLEXION SIMPLE

Los resultados de los ensayos realizados a la flexión simple, variables según condiciones de vínculo y forma de aplicación de las cargas evidencian un comportamiento totalmente compatible con elementos homogéneos de hormigón armado macizo en todo su espesor, en virtud de que:

- el eje neutro de la sección solicitada permanece dentro de la capa de compresión;
- la cuantía de acero que resiste a la tracción es tal que el diagrama de deformación de la sección se encuentra comprendido en los dominios de "rotura dúctil";
- el estado de confinamiento del poliestireno expandido y la densidad de conectores permiten que tengan lugar los desvíos de las tensiones principales.

A modo de ejemplo, la capacidad última real observada para un panel de 7 cm de espesor de poliestireno expandido con una capa de compresión de 3 cm es de 12,2 kNm/m, mientras su capacidad última teórica es de 7.10 kNm/m. Es dable observar que tomando coeficiente de seguridad sobre las capacidades ultimas teóricas igual a 1.75 se esta teniendo un margen real sobre las capacidad última mayor que 3.

## 5.3 FLEXION EN EL PLANO DE LA PLACA

Ante las sollicitaciones que implican flexión coplanar con el panel, la estructura interna de los elementos construidos con nuestra tecnología permite equiparar su comportamiento a un elemento de hormigón armado homogéneo, de ancho eficaz igual a la suma de los espesores de mortero de cemento. En este caso es únicamente considerada la contribución estructural de dichas capas. Según sea la sustentación del elemento en cuestión, su comportamiento será equivalente al de una viga de gran altura o al de una pantalla de hormigón.



## 5.4 CARGAS DINAMICAS E IMPACTOS

El comportamiento de nuestros elementos bajo el efecto de cargas dinámicas es sobresaliente, gracias a la respuesta del conjunto poliestireno expandido - hormigón armado, que involucra una resiliencia y una ductilidad que además de haber sido confirmada por los ensayos de laboratorio, ha sido verificada en la realidad al haber soportado sin ningún tipo de daño sismos de intensidades tales que alcanzaron a destruir construcciones realizadas con sistema sismorresistentes tradicionales (por ejemplo: magnitud 6,8 Richter en la ciudad de Andacollo, Chile 1997). También es de destacar el comportamiento de las construcciones que fueron afectadas por fuertes sismos en las ciudades de: México, Rieti y Macerata (Italia) entre otros, siempre sin ninguna clase de daños.

Respecto de los choques e impactos dinámicos, los ensayos realizados en todo el mundo, demostraron una capacidad superior tanto para el impacto “blando” (masa de 50 Kg. Incidiendo pendularmente sobre un panel vertical desde distintas alturas), como para el impacto “duro” (masa de 1 Kg, de acero incidiendo en caída libre sobre un panel colocado horizontalmente). En ambos casos la holgura con la que superaron estas pruebas fue por demás significativa.

La reserva de carga de las estructuras resueltas mediante nuestra tecnología, conseguida gracias a las características de la combinación de materiales y a la hiperestaticidad propia de su vinculación se traduce en una importante capacidad para resistir todo tipo de cargas, aun las imprevisibles por el calculo, como cedimientos del terreno, o impactos de vehículos, de los cuales se han registrado numerosas experiencias, de las que poseemos registros gráficos.

## 6 CATALOGO DE ENSAYOS Y SUS NORMATIVAS

### ESPAÑA – INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCION EDUARDO TORROJA

RESISTENCIA A CHOQUE DE CUERPO BLANDO

ENSAYO DE COMPRESION

FUERZA HORIZONTAL LATERAL

ENSAYO DE FLEXION

ENSAYO DE FLEXION EN 3 PUNTOS

ENSAYO DE FLEXION EN 4 PUNTOS



E	ENSAYO SOBRE CONJUNTO DE 2 PANELES	
	ENSAYO DE RESISTENCIA A ESFUERZO CORTANTE EN LOS NUDOS	
	ENSAYO SOBRE EL SISTEMA EN SU CONJUNTO: PORTICO	
E	<u>ESPAÑA – CENTRO DE ENSAYOS E INVESTIGACION DEL FUEGO</u>	
	ESTABILIDAD AL FUEGO DE UN MURO BAJO CARGA	
	ESTABILIDAD AL FUEGO DE UN LOSA BAJO CARGA	
S	<u>MÉXICO – INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL MORTERO DE CEMENTO</u>	
	ENSAYO DE COMPRESIÓN	ASTM E72-80
	ENSAYO DE CORTE	ASTM E519-81
I	CARGA ESTATICA PARA RESISTENCIA AL CORTANTE DE MUROS PARA EDIFICIOS	ASTM E564-86
	CARACTERÍSTICAS DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	ASTM E84-87
	<u>CHILE – INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ENSAYOS DE MATERIALES</u>	
B	IMPACTO BLANDO	NCH 804 EOF 71
	COMPRESIÓN EXCÉNTRICA	NCH 801 EOF 71
	CARGA HORIZONTAL MONOTONICA Y CÍCLICA	NCH 802 EOF 71
	LOSA APOYADA EN CUATRO BORDES	
	RESISTENCIA AL FUEGO DE MURO	NCH 935/1
C	RESISTENCIA AL FUEGO DE LOSA	NCH 935/1
	<u>AUSTRALIA – DEAKIN UNIVERSITY</u>	
	WATER PERMEANCE TEST	
	(Permeabilidad al agua exposición a la intemperie)	ASTM E514-74
	ENSAYO DE FLEXION POR PRESION LATERAL	
E	AIR BAG	s/ AS 3600
	ENSAYO DE COMPRESIÓN	ASTM E72-80
	<u>AUSTRALIA – CONNELL WAGNER INSTITUTE</u>	
	ENSAYO DE FLEXION	s/ AS 3600
A	<u>AUSTRALIA – MELBOURNE UNIVERSITY – CIVIL ENGINEERING DEPT.</u>	
	COMPRESION CENTRADA Y EXCENTRICA	





sistemas constructivos avanzados  
**durapanel**

A  
d  
v  
e  
r  
s  
i  
t  
e  
s

AUSTRALIA – CSIRO DIVISIÓN OF BUILDING CONSTRUCTION AND ENGINEERING

RESISTENCIA AL FUEGO AS 1530

PHILLIPINES - UNIVERSITY OF THE PHILLIPINES – BUILDING RESEARCH SERVICE

ENSAYO DE COMPRESIÓN ASTM E72-80  
ENSAYO DE CORTE ASTM E519-81

ITALIA – UNIVERSITA DI PERUGIA – FACOLTA DI INGEGNERIA

ENSAYO DE COMPRESIÓN  
ENSAYO DE FLEXION  
ENSAYO DE CORTE  
ENSAYO SISMICO

ITALIA – UNIVERSITA DEGLI STUDI DI PADOVA – FACOLTA DI INGEGNERIA

ENSAYO DE COMPRESIÓN  
ENSAYO DE FLEXION  
ENSAYO DE CORTE  
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MALLAS ELECTROSOLDADAS  
ENSAYO DE SEPARACIÓN DE SOLDADURA DE MALLAS UNI ISO 10-287

ITALIA – INSTITUTO GIORDANO

ENSAYO DE TRANSMITANCIA TERMICA UNITARIA ASTM C 236  
ENSAYO DE CAPACIDAD FONOAISLANTE  
ENSAYO DE RESISTENCIA AL FUEGO CIRC. 91  
ENSAYO DE IMPACTO BLANDO ICITE 3.1.2.1.  
CARGA VERTICAL EXCENTRICA

BRASIL – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

RESISTENCIA A CARGAS HORIZONTALES ME 45/81  
ENSAYO DE IMPACTO BLANDO ME 43/81  
RESISTENCIA AL FUEGO  
CHOQUE TERMICO  
AISLAMIENTO SONORO  
RESISTENCIA AL DESARROLLO DE HONGOS



## 7 RESUMEN DE RESULTADOS SIGNIFICATIVOS DE ENSAYOS

### 7.1 COMPRESIÓN CENTRADA Y EXCENTRICA

Se realizó una enorme cantidad de ensayos sobre paneles de distintos espesores y alturas, y los resultados representativos de todos ellos son los que se consignan a continuación:

#### Compresión Centrada

Panel de 4 cm – Altura 240 cm – Carga lineal máxima = 760 kN/m

Panel de 6 cm – Altura 400 cm – Carga lineal máxima = 590 kN/m

Panel de 6 cm – Altura 300 cm – Carga lineal máxima = 1130 kN/m

Panel de 8 cm – Altura 270 cm – Carga lineal máxima = 1340 kN/m

#### Compresión Excéntrica (con excentricidad 1/3 espesor total)

Panel de 4 cm – Altura 240 cm - Carga lineal máxima = 566 kN/m

Panel de 6 cm – Altura 300 cm - Carga lineal máxima = 707 kN/m

Panel de 6 cm – Altura 400 cm - Carga lineal máxima = 360 kN/m

Panel de 8 cm – Altura 270 cm - Carga lineal máxima = 680 kN/m

### 7.2 FLEXION SIMPLE

Los ensayos de flexión han sido en general realizados en diversas configuraciones, por lo que se consignan los momentos últimos representativos de los paneles ensayados.

Panel de 4 cm: Capa de compresión de 3 cm – Momento último = 8,1 kNm/m

Panel de 7 cm: Capa de compresión de 3 cm – Momento último = 12,2 kNm/m

Con registro del esfuerzo último de corte = 13,6 kN/m

Panel de 8 cm: Capa de compresión de 3 cm – Momento último = 12 kNm/m

Flecha a la rotura = luz/100 (\*)

(\*) Tener en cuenta que la sustentación de la muestra es simplemente apoyada en los extremos, por lo que la deformación transversal no esta restringida y la deflexión no es la propia del comportamiento de las placas a flexión.



### **7.3 ENSAYO DE CORTE ( ESFUERZO DE CIZALLAMIENTO)**

La tensión de cizallamiento que evidencian los ensayos es, referida al espesor total del panel:

Panel de 4 cm (10 cm total) = 1.5 MPa

Panel de 8 cm (15 cm total) = 1.3 MPa

### **7.4 ENSAYO DE CARGA HORIZONTAL CONTENIDA EN EL PLANO**

La capacidad de los paneles es tal frente a esta sollicitación que los ensayos siempre se detienen por falla de los elementos de anclaje, si bien dichos valores son lo suficientemente altos como para acotar un comportamiento más que satisfactorio.

(50/100 kN a 2.40 m de altura – Panel de 4 cm)

En ensayos de carga horizontal cíclica alternada se han alcanzado valores de 350 kN (Panel de 4 cm).

### **7.5 ENSAYO DE IMPACTO BLANDO**

Paneles de 4 cm de espesor han recibido impactos de 1250 Joule (peso de 50 Kg con una altura de caída = 2,50 m) recuperando las flechas instantáneas y sin presentar daño alguno superando las exigencias reglamentarias.

### **7.6 ENSAYO DE IMPACTO DURO**

La caída de 2 m de la esfera de acero de 3,5 Kg impronta las superficies de mortero de cemento de manera imperceptible.

### **7.7 ENSAYO DE CARGA VERTICAL EXCÉNTRICA**

Paneles con núcleo de 4 cm de espesor de EPS han soportado, de acuerdo a normas, momentos flexores de 300 Nm durante 24 horas sin ningún tipo de consecuencia.

### **7.8 ENSAYOS SISMICOS**

Se ha sometido a un prototipo de vivienda construido íntegramente con paneles (paredes, losas, escalera y cubierta) a aceleraciones horizontales de 10 m/s<sup>2</sup>, con



frecuencias variables incluyendo la propia de la estructura, no registrándose absolutamente ningún tipo de daño o fisuración.

A titulo ilustrativo se consigna que un sismo de norma en una zona de alto riesgo implica aceleraciones horizontales de diseño del orden de los 3,5 m/s<sup>2</sup>.

#### **7.9 ENSAYO DE SEPARACIÓN DE SOLDADURAS**

Se verificó el cumplimiento de lo exigido por las normas UNI ISO 10-287 y concordantes para la resistencia de los puntos de soldadura. En todos los casos se halló que dicha resistencia supera 2,26 veces como mínimo la fuerza de comparación exigida por la norma.

Carga de separación mínima de la serie de ensayos = 1,66 kN

Carga de comparación = 0,74 kN

#### **7.10 ENSAYO DE PERMEABILIDAD A LA INTEMPERIE**

Los paneles han sido clasificados como E ( la mas alta ) luego de haber sido expuestos a lluvias de 140 mm/h con viento de 106 km/h durante 24 + secado + 72 horas.

#### **7.11 ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESARROLLO DE HONGOS**

Los resultados de estos ensayos evidencian un mejor comportamiento de los paramentos M2 frente a las alternativas tradicionales, al verificarse el **nivel 0** (sustratos libres de crecimiento de micro organismos) en los paramentos descritos, contra nivel 1 (Micro organismos dispersos) en las muestras sobre mampostería tradicional.

#### **7.12 RESISTENCIA AL FUEGO**

Diversos ensayos han arrojado resultados consistentes respecto de la capacidad ignifuga de la tecnología descrita y como significativos se citan:

- 60 minutos a 2500 °C sin desprendimiento de vapores ni producción de llama (Panel de 6 cm con 35 mm de mortero de cemento).
- Panel de 4 cm con 25 mm de mortero de cemento  
Fire Resistance Level:  
Structural Adequacy (Admisibilidad Estructural) = 241 min.  
Integrity (Integridad) = 241 min.  
Insulation (Capacidad Aislante) = 172 min.



- Ningún ensayo arrojó resultados inferiores a F90 (90 minutos de resistencia al fuego).

### 7.13 **IMPACTOS BALISTICOS**

En ningún caso los proyectiles provenientes de armas cortas han atravesado las placas de cualquier espesor, aun en calibres como .357 Magnum o .45 Auto. Lo mismo ocurre con proyectiles tipo Brenneke calibre 12 (arma: Franchi SPAS) Distancia de tiro = 5.50 m.

## 8 **CARACTERÍSTICAS DE HABITABILIDAD Y CONFORT**

### 8.1 **AISLAMIENTO TERMICO**

Para completar esta presentación de las características propias de esta tecnología mencionaremos en relación al aislamiento térmico, que aplicando el tratamiento de las normas para medir la transmitancia térmica total K de un muro de cerramiento se obtiene el valor de  $K = 0.879 \text{ W / m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$ , para un panel conformado por un espesor de 4 cm de poliestireno expandido de la Clase III (15 kg/m<sup>3</sup>) mas las capas de 2,5 cm de mortero de cemento aplicadas conformando un espesor total de muro de 10 cm.

En el caso de un muro realizado con panel de 8 cm de poliestireno expandido de la Clase III el valor calculado de la transmitancia térmica K alcanza a  $0.483 \text{ W / m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$ . El nivel de aislamiento térmico obtenido con nuestra tecnología supera el proporcionado por los muros de cerramiento en sistemas tradicionales.

Ilustramos a continuacion los valores obtenidos para estos dos tipos de paneles ejemplificando los parametros para un determinado tipo de clima:



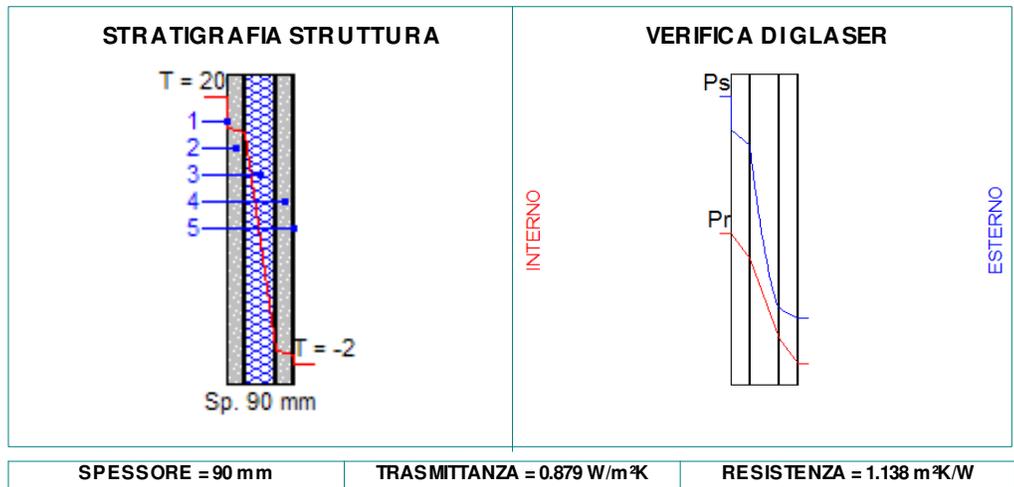
**CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI**

**Codice Struttura:** PSME 15 Kg/mc

**Descrizione Struttura:** Pannello singolo PSME40 EMMEDUE densità 15 Kg/mc

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.V. [Kg/m³]	P<50*10 <sup>12</sup> [Kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0.130
2	Intonaco di cemento e inerti	25	1.400	56.000	2 000	8.500	0.018
3	Polistirene espanso in lastre ricavate da blocchi - mv 15 - Conforme a UNI 7891	40	0.043	1.073	15	4.500	0.932
4	Intonaco di cemento e inerti	25	1.400	56.000	2 000	8.500	0.018
5	Adduttanza Esterna	0		25.000			0.040

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.V. = Massa Volumica; P<50\*10<sup>12</sup> = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati



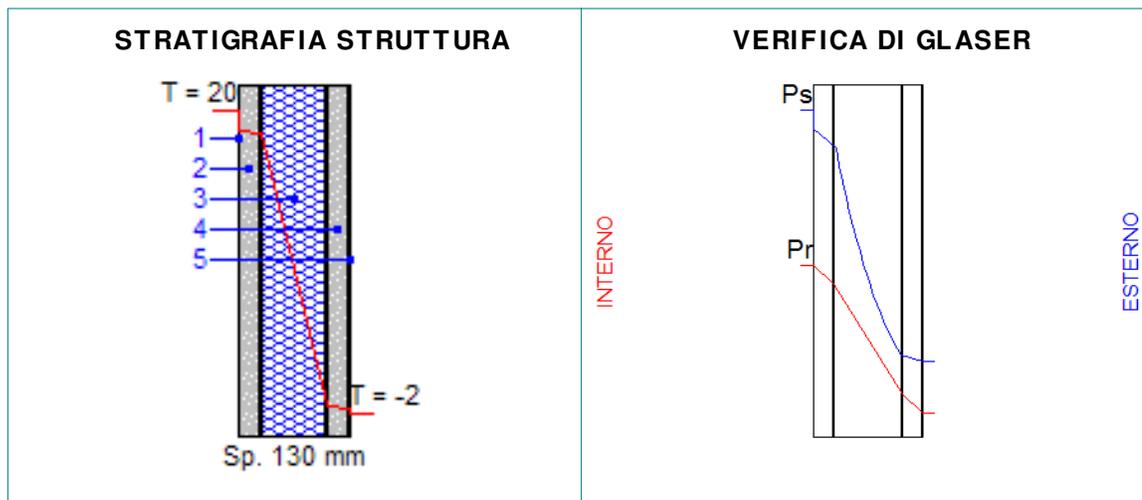
**CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI**

**Co dice Strutturata :** PSME 15 Kg/mc

**Descrizione e Strutturata :** Pannello singolo PSME80 EMMEDUE densità 15 Kg/mc

N	DESCRIZIONE STRATO (dal l'interno al l'esterno)	s [mm]	λ m bda [W/mK]	C [W/m²K]	M . V. [Kg/m³]	P<50* 10 <sup>12</sup> [Kg/m sPa]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0.130
2	Intonaco di cemento e inerti	25	1.400	56.000	2.000	8.500	0.018
3	Polistirene espanso in lastre ricavate da blocchi - mv 15 - Conforme a UN 7891	80	0.043	0.536	15	4.500	1.865
4	Intonaco di cemento e inerti	25	1.400	56.000	2.000	8.500	0.018
5	Adduttanza Esterna	0		25.000			0.040

s = Spessore dello strato; λ m bda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M . V. = Massa Volumica; P<50\* 10<sup>12</sup> = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati



<b>SPESORE</b> = 130 mm	<b>TRASMITTANZA</b> = 0.483 W/m²K	<b>RESISTENZA</b> = 2.070 m²K/W
-------------------------	-----------------------------------	---------------------------------



## 8.2 AISLAMIENTO ACUSTICO

El aislamiento acústico de los paneles M2 constituye una de las ventajas que el sistema presenta a los efectos de lograr un excelente nivel de confort de vida acorde a las más exigentes condiciones.

A continuación se consignan los resultados de los ensayos de aislamiento acústico realizados sobre paneles de las siguientes características:

- 1) Panel simple de 4 cm de espesor de poliestireno expandido de densidad 12 Kg/m<sup>3</sup>, revocado con mortero de cemento en ambas caras hasta un espesor final de 9,5 cm.
- 2) Panel simple de 8 cm de espesor de poliestireno expandido de densidad 12 Kg/m<sup>3</sup>, revocado con mortero de cemento en ambas caras hasta un espesor final de 14 cm.

Realizados en el Instituto de Pesquisas Tecnológicas – Sao Paulo-Brasil, y sin presentar revoques ó enlucidos de terminación de tipo alguno.

Los resultados de ensayos han sido evaluados de acuerdo a los métodos establecidos en DIN 4109, ISO 717 e IRAM 4043.

La aplicación del método descrito arroja los siguientes números únicos para las curvas obtenidas en los ensayos:

- Panel M2 PSM 04 de 4 cm de espesor de EPS 38dB
- Panel M2 PSM 08 de 8 cm de espesor de EPS 45dB

A modo de ejemplo: la norma IRAM 4044 aconseja los siguientes números únicos de aislamiento para ruidos aéreos en casos típicos:

- Tabiques internos de un departamento 37dB
- Muros privativos entre departamentos de un mismo edificio 44dB

La siguiente tabla especifica los números únicos, medidos en laboratorio, para materiales típicos utilizados para la construcción de paredes y tabiques.

- Ladrillos huecos 12/20/40 sin enfoscar 36dB
- Ladrillos huecos 11/17/31 enfoscado ambas caras (15cm) 38dB
- Ladrillos huecos 18/19/40 sin enfoscar 42dB
- Ladrillos huecos 18/19/40 enfoscado una cara (20 cm) 43dB
- Ladrillos comunes 12 sin revocar 40dB



Si comparamos la información vertida anteriormente llegamos a la conclusión de que desde el punto de vista acústico, un panel M2 de 4 cm de poliestireno completado en obra tiene igual aislamiento que un muro de ladrillos huecos de 15 cm y supera el requerimiento para tabiques interiores de la norma IRAM. Aplicando el panel de 8 cm de poliestireno, se supera el aislamiento acústico de una pared de 20 cm de ladrillos huecos revocada, además del requerimiento especificado por la norma para muros divisorios.

El caso de los aislamientos acústicos especiales se puede resolver mediante el uso de paneles especiales que llevan interpuesta en el poliestireno expandido una capa de lana mineral de espesor y densidad variables según la necesidad.

### 8.3 RESISTENCIA AL FUEGO

La resistencia al fuego propia de esta tipología, verificada en los ensayos realizados en diversos laboratorios, satisface los requisitos exigidos por las reglamentaciones más exigentes. A modo de ejemplo, una pared de 10 cm de espesor terminado, obtenida a partir de un muro obtenido a partir de un panel de 4 cm de espesor poliestireno expandido, posee una resistencia al fuego directo de 110 minutos (Instituto de Investigación y Ensayos de Materiales, Chile).

El poliestireno expandido es pobre como material inflamable y necesita grandes volúmenes de aire comburente (aproximadamente 150 veces su propio volumen) para que el fuego lo destruya completamente. Por lo tanto al estar confinado no puede quemarse. Además la calidad del poliestireno expandido utilizada por M2 es la del tipo F auto extingible según normas DIN 4102, de manera tal que el propio material evita la tendencia desde el inicio de la combustión.

La fracción componente de sus gases de combustión, relevante desde el punto de vista toxicológico es, como en el caso de la madera, el monóxido de Carbono, pero siempre en cantidad muy limitada. Según las normas DIN, la emisión de Oxido de Carbono durante la combustión de diferentes materiales es la siguiente:

- Fibra de madera: 69.000 ppm a 600 °C
- Madera: 15.000 ppm a 600 °C
- Corcho: 29.000 ppm a 600 °C
- Poliestireno expandido F: 1.000 ppm a 600 °C



Tal como se aprecia en la tabla anterior, la exhalación de monóxido de carbono está entre 15 y 69 veces menos que la madera y sus derivados como materiales de construcción.

#### 8.4 ESTABILIDAD FÍSICO QUÍMICA

Tanto el poliestireno como el mortero de cemento son materiales de una gran estabilidad química ya conocida, virtud que hereda por lógica nuestra tecnología, por ser ella resultante de la combinación de ambos materiales. Además, la ausencia de espacios vacíos y materiales biodegradables en el interior de los muros y losas de nuestro sistema, impiden el desarrollo de colonias de insectos de cualquier tipo.

La superior capacidad aislante hidrófuga se verifica gracias a la baja absorción de los materiales componentes. La del mortero de cemento conseguida merced a su dosificación, propia de capas aisladoras verticales y a la compactación que se obtiene por la proyección neumática del mismo; la del poliestireno, inherente a su propia estructura de celdas cerradas herméticas y que en el ensayo de inmersión total durante 28 días verifica una absorción de solo el 2 % en peso.

#### 8.5 RESISTENCIA A LA DIFUSIÓN DE VAPOR DE AGUA

La resistencia a la difusión de vapor de agua de los muros M2 es mucho mayor a la de la mayoría de los muros de construcción tradicional. Si a modo de ejemplo realizamos la comparación con un muro de bloques de hormigón vibrados de 0,20 m y calculamos la resistencia  $R_v$  según el lineamiento de la Norma IRAM 11625 resultan los siguientes valores sin considerar ningún elemento como barrera de vapor:

##### Permeabilidades de cálculo:

Poliestireno expandido:  $\delta = 0,003750 \text{ g / m h kPa}$

Mortero de cemento:  $\delta = 0,0150 \text{ g / m h kPa}$

Bloques huecos de hormigón:  $\delta = 0,0520 \text{ g / m h kPa}$

Ladrillo cerámico de 0,18 m:  $\delta = 0,1870 \text{ g / m h kPa}$

Revoque interior:  $\delta = 0,0600 \text{ g / m h kPa}$

Revoque exterior:  $\delta = 0,0487 \text{ g / m h kPa}$

Con los valores indicados resulta:

$$R_v \text{ muro } 0.20 \text{ H}^{\circ} = 3,801 \text{ m}^2 \text{ h kPa / g}$$



Rv M2 = 20 m<sup>2</sup> h kPa / g (para un muro con panel PSM 60)

El aumento de la resistencia a la difusión de vapor de agua proporcionado por M2 en este caso es igual a: **5,2 veces**

Esta resistencia a la difusión de vapor de los muros M2 está centralizada en el mortero de cemento armado que reviste cada una de las caras del panel y que por su metodología de aplicación neumática resulta sumamente compacto y de muy baja porosidad.

Las barreras de vapor son necesarias para minimizar los riesgos de condensación intersticial, que es la condensación del vapor de agua que se produce en el interior de las capas del muro ó techo debido a la disminución de su temperatura por debajo del punto de rocío. Por lo tanto, la función de una barrera de vapor consistirá en reducir la presión de vapor dentro de la pared ó techo en las partes en las que comienza a disminuir la temperatura. Cuando un muro reúne las dos condiciones de alta aislamiento térmico y alta resistencia a la difusión de vapor de agua, proporciona los elementos fundamentales para asegurar que no se produzca condensación, ya que la evolución de la temperatura a través del muro se mantiene por encima de la temperatura de rocío, la que a su vez cae vertiginosamente por la alta resistencia a la difusión de vapor de agua que tienen sus elementos componentes.

Continuando con los ejemplos, haremos la comparación con un muro de ladrillo cerámico de 20 cm de espesor.

Rv muro ladrillo cerámico 0,22 m = 1,707 m<sup>2</sup> h kPa / g

El aumento de la resistencia a la difusión de vapor de agua proporcionado por M2 en este caso es igual a casi **12 veces**

Esta condición sumada al hecho de la ausencia de fisuras y grietas en relación a las mamposterías tradicionales, brinda una muy superior protección contra el riesgo de condensación. Esto provee una mayor duración de los enlucidos y las pinturas, además de una mejora de las condiciones de salubridad de los paramentos construidos con el sistema.

## 9 ASPECTOS DEL SISTEMA M2 FRENTE A SISTEMAS TRADICIONALES





Es pues a todas luces racional someter al sistema M2 al juicio crítico bajo la luz de los conceptos que han sustentado la utilización de los sistemas hasta hoy llamados tradicionales, siendo necesariamente este análisis no solamente teórico, sino predominantemente práctico, ya que el número de construcciones realizadas en todo el mundo justifica sobradamente esa actitud: en todos los lugares en los que se utilizó, satisfizo todas las exigencias, resultando una mejor alternativa para la ejecución de viviendas, ya sea desde el punto de vista económico cuanto del técnico.

La principal consecuencia de las características que hacen a la racionalidad se traduce en una importante economía en todos los rubros en los que el sistema constructivo tiene ingerencia.

## 9.2 ECONOMIAS INDIRECTAS - EVALUACION

La reducción de costes totales que provoca el uso de la tecnología M2 respecto de los sistemas tradicionales de construcción, es claramente calculable por la comparación de costos directos de Mano de Obra y materiales.

Sin embargo, existen una serie de economías indirectas adicionales provocadas por nuestra tecnología, de muy importante peso relativo y que están agrupadas en los siguientes puntos:

9.2.1 Gastos generales: La reducción del plazo de ejecución de obra gris (cimentaciones-estructura-cerramientos verticales-cubierta-rozas de instalaciones) permite una reducción de los gastos administrativos, de energía para el movimiento de equipos, salarios de capataces, sobrestantes y apuntadores, amortización de maquinarias, andamiajes, reparaciones, camionetas y automóviles para la inspección y jefes de obra, así como los gastos de financiación y servicio de intereses. Esta reducción de plazo de obra gris que esta íntimamente relacionada con la mayor velocidad de ejecución posible normalmente alcanza al 50%. De esta manera y considerando que la obra gris represente entre el 40 y el 50% del plazo de obra total, resultaría posible reducir la duración de las obras en aproximadamente un 22%. Si consideramos que una empresa constructora tiene un gasto general ponderado en el 15% de la suma de Materiales y mano de Obra, la aplicación del sistema M2 le permitirá reducirlo al **11,70 %**.

9.2.2 Ayuda de gremios: Entendida como la prestación de Mano de obra y materiales para tapar las canalizaciones realizadas en los muros por los instaladores de electricidad, agua y gas, puede determinarse perfectamente



su participación en la disminución de los costes totales. A modo ilustrativo, para una unidad de 60 m<sup>2</sup> de superficie se requieren 1 jornal de oficial y 1 de ayudante para tapar todas las canalizaciones; esto conduce a una reducción del costos de **1,40 %**.

- 9.2.3 Apertura de canalizaciones: La apertura de canalizaciones que los instaladores deben hacer sobre muros tradicionales de ladrillo, tienen un consumo de mano de obra que resulta inexistente al emplear esta tecnología. Se puede considerar que para el ejemplo que estamos analizando se necesita 2 jornales de ayudante para la labor de apertura de canaletas y limpieza de zona de trabajo; esto en términos económicos provoca una reducción de **1,20 %**.
- 9.2.4 Diferencia horas pagadas-horas trabajadas: Como consecuencia de la sistematización de tareas, y en base a las experiencias de empresas constructoras que han reemplazado el sistema tradicional por la tecnología M2, es posible afirmar que el ahorro por mejor aprovechamiento de la jornada laboral es igual a 6,25%. Esto significa que se ha considerado un ahorro de ½ hora por día laborable en asignación de tareas durante el período correspondiente a la obra gris.  
Si consideramos que la participación de la mano de obra en el costo total de obra fuera del 45%, éste aspecto significará un ahorro de:  $0,0625 \times 45 \% \times 50\% = 1,40 \%$  sobre el coste total.
- 9.2.5 Limpieza de obra: Este rubro tiene una particular importancia dado que el sistema tiene una sola etapa húmeda que es la de aplicación del mortero de cemento, mientras que la elevación de muros es seca y con manipulación de elementos limpios que no producen escombros. Además, durante la etapa de las instalaciones, no hay apertura de canaletas y por ende tampoco hay generación de escombros con la consiguiente necesidad de su acopio y posterior retiro.  
El volumen de escombro que se produce en una obra realizada con fábrica de ladrillos es normalmente de 0,12 m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup> cubierto, y la mano de obra que debe emplearse en limpieza y acarreo es de 3 HH/m<sup>3</sup>.  
El costo del vertido en España es de aproximadamente 20 €/m<sup>3</sup> por lo que el coste total de este rubro representa una incidencia económica de más del **2,00 %**.
- 9.2.6 Menor superficie total a igual superficie útil: El uso de la tecnología M2 permite una importante disminución de los espesores de los muros



exteriores e interiores de una vivienda. A modo de ejemplo, consideremos el espesor de los muros exteriores de una vivienda tradicional de 28 cm (doble muro con cámara de aire) con una transmitancia térmica  $K = 1,90 \text{ W/m}^2\text{C}$  y muros interiores de 12 cm de espesor total, comparados con muros M2 exteriores de 15 cm de espesor total con  $K = 0,483 \text{ W/m}^2\text{K}$  y muros interiores de 10 cm de espesor total. En este caso, a igual superficie útil, una construcción realizada con M2 presenta una disminución de superficie total igual al **5,74 %**.

Sumando los puntos detallados anteriormente obtenemos que la economía indirecta que adicionalmente a la disminución de costos directos puede considerarse supere el **15 %** y es el motivo por el cual, la tecnología M2 también puede ser utilizada en reemplazo de los sistemas tradicionales de construcción en aquellos países donde el coste de la mano de obra sea muy bajo.

### **9.3 FLEXIBILIDAD ARQUITECTONICA**

Este aspecto, si bien secundario, cobra importancia en cierta categoría de viviendas, en las que las variables arquitectónicas desempeñan un rol preponderante. Esto es así dado que las necesidades funcionales en lo referido a la habitabilidad diaria de la casa son por demás variables con las costumbres, composición familiar y otras características propias de cada comitente.

Por estas razones debe considerarse como una autentica e importante virtud la posibilidad que brinde un sistema constructivo de lograr una amplia gama de estilos arquitectónicos, como en el caso de M2, cuyas posibilidades a este respecto son prácticamente ilimitadas, a la vez que simples.

Con el sistema M2 pueden lograrse las arquitecturas más diversas, y prueba de ello es que en todo el mundo se han realizado construcciones que representan las más dispares culturas, desde viviendas de arquitectura tradicional y moderna, hasta templos e iglesias de estilos arquitectónicos variados así como construcciones industriales.

### **9.4 MANTENIMIENTO GENERAL - ADAPTABILIDAD CON OTROS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS**



Las construcciones realizadas con M2 requieren una vez terminadas un mantenimiento sensiblemente menor que el usual. Esto es porque posee una superior capacidad aislante hidrófuga que se traduce en la mayor duración de los enlucidos y pinturas. Ayuda también a esta potencia la mayor resistencia mecánica, que implica la ausencia de fisuras en las construcciones.

En lo referente a la adaptabilidad a su combinación con otros sistemas constructivos, la experiencia ha demostrado que su capacidad es no solamente amplia sino de fácil ejecución, adaptándose a las soluciones más racionales para cualquier tipo de uniones y combinaciones.

## 10 VERIFICACIÓN DE RESISTENCIAS MECANICAS

A continuación se brinda el marco técnico estricto de bases sólidas para la verificación y el dimensionamiento de las estructuras realizadas con nuestro material, con márgenes de confiabilidad seguros bajo cualquier análisis.

Se hará uso de los conocimientos estructurales y de resistencia de materiales básicos conocidos, a efectos de mantener los conceptos vertidos dentro del campo utilizado para las estructuras tradicionales de hormigón armado y no recurrir a teorías especiales que, si bien en algunos casos, pueden arrojar resultados mas ajustados a la realidad, carecen de utilidad practica por no tener la difusión necesaria para su aplicación general. Al respecto se pone de manifiesto que las diferencias entre las modelizaciones teóricas y los casos prácticos dejan a estos sistemáticamente del lado de la seguridad.

Se analizará el comportamiento de las secciones bajo carga sin detallar sobre el origen y determinación de la misma, ya que ese tema es propio del análisis estructural que no corresponde al alcance de la presente memoria y como tal debe ser realizado por profesionales que interpreten cabalmente el comportamiento de una tipología estructural realizada con placas continuas con uniones rígidas y altos grados de indeterminación estática por vínculos internos.

Así es que se refieren valores característicos para cada caso, tomados de la gran cantidad de ensayos realizados en todo el mundo y con ellos se elaboran patrones de comportamiento frente a las distintas sollicitaciones, que se vuelcan en diagramas de interacción de lectura directa. Luego se hará referencia a casos particulares tomados de





1. El eje neutro en las secciones M2 se encuentra totalmente dentro de la capa de compresión de hormigón, por lo que las compresiones son absorbidas completamente por dicho material.
2. Los esfuerzos de tracción son absorbidos, al igual que en los losas normales, por las armaduras activas, que en este caso son de cuantías similares a las comunes, pero de mejor distribución, al ser de menor diámetro y menor separación, lo que asegura un mejor comportamiento.

## 10.2 FLEXIÓN SIMPLE

El cálculo de las secciones compuestas puede realizarse de acuerdo a la teoría de los estados límites según las hipótesis enunciadas anteriormente o bien en Estado I considerando que el eje neutro de la sección sea baricéntrico y el volumen de las tensiones de tracción sean absorbidas por el hormigón de la capa inferior.

Naturalmente que siempre se contará con la armadura del panel que debe tener cuantía suficiente para absorber la resultante de éstas tensiones de tracción.

Por cualquiera de estos caminos, obtendremos valores similares para la verificación de las secciones resistentes.

### 10.2.1 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO

Se considera alcanzado el agotamiento de la sección cuando la deformación del acero haya alcanzado el valor de 10‰, mientras que la fibra mas comprimida alcanza el 2‰.

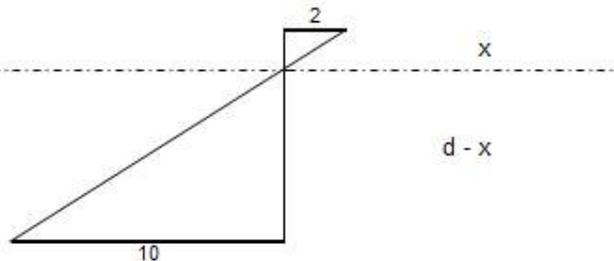
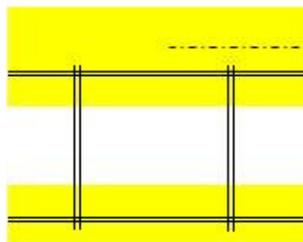
La situación en el panel M2 de menor espesor resulta:





### PSM 40

CC	5,00 cm
d	10,70 cm
x	1,78 cm
$z$	10,11 cm



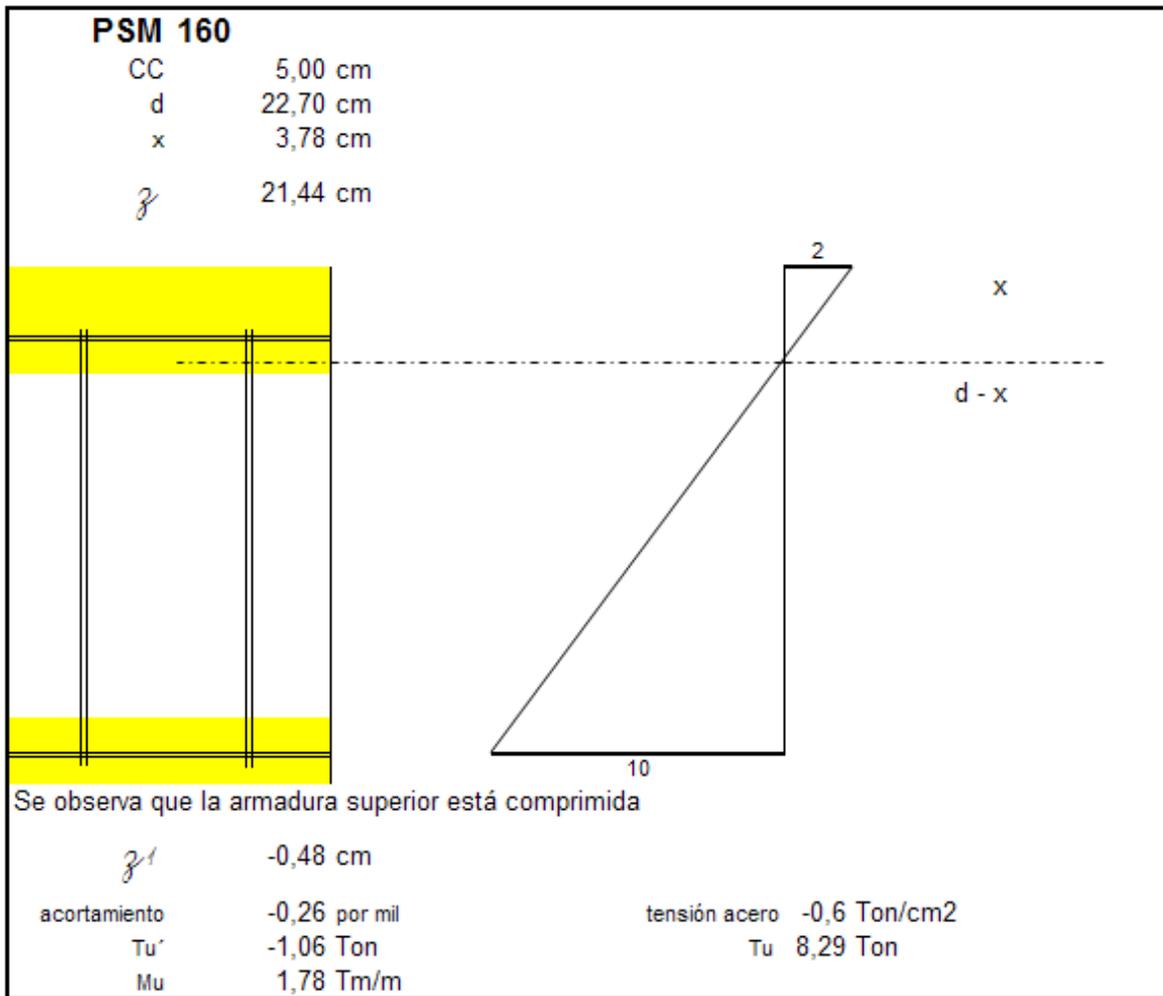
Se observa que la armadura superior también está traccionada

$z'$	1,52 cm
alargamiento	1,70 por mil
Tu'	8,29 Ton
Mu	0,96 Tm/m

tensión acero	5,00 Ton/cm <sup>2</sup>
Tu	8,29 Ton

y para un panel PSM 160 resulta:





el término  $z'$  representa la distancia del eje neutro a la armadura superior y según su signo positivo o negativo, indicará que la armadura superior está traccionada o comprimida respectivamente.

El valor del Momento último obtenido de ésta manera es el correspondiente al Estado Límite último de agotamiento de la sección por tracción de armaduras, y supone una rotura de tipo dúctil, con gran preanuncio por acusar la pieza importantes deformaciones.





sistemas constructivos avanzados  
**durapanel**

Advanced Building System

Esta situación se verifica perfectamente al efectuarse los ensayos de flexión, obteniéndose una muy buena correlación entre el modelo propuesto y los resultados experimentales.

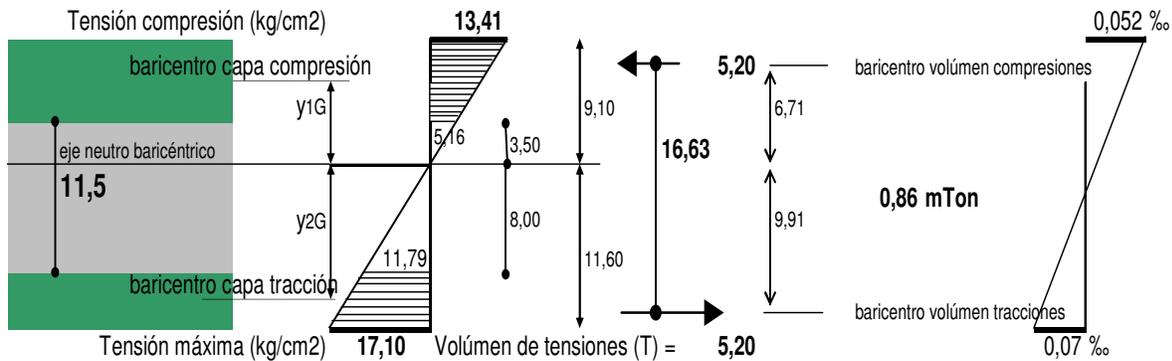
Extendido el concepto para toda la serie de paneles M2 se obtiene la siguiente tabla de Momentos últimos  $M_u$  donde los  $M_d$  son los valores de diseño, es decir reducido el  $M_u$  por los coeficientes de seguridad del acero y del hormigón (1,15 y 1,5 respectivamente):

PANEL TIPO	esp. EPS	capa - cm	capa + cm	ancho cm	Estado II	
					$M_u$ Tm/m	$M_d$ Tm/m
sección sólida						
PSM40	4	5,6	3,6	100	0,44	0,26
PSM50	5	5,6	3,6	100	0,48	0,28
PSM60	6	5,6	3,6	100	0,52	0,30
PSM70	7	5,6	3,6	100	0,56	0,33
PSM80	8	5,6	3,6	100	0,61	0,35
PSM90	9	5,6	3,6	100	0,65	0,38
PSM100	10	5,6	3,6	100	0,69	0,40
PSM110	11	5,6	3,6	100	0,73	0,42
PSM120	12	5,6	3,6	100	0,77	0,45
PSM130	13	5,6	3,6	100	0,81	0,47
PSM140	14	5,6	3,6	100	0,85	0,49
PSM150	15	5,6	3,6	100	0,89	0,52
PSM160	16	5,6	3,6	100	0,94	0,54
PSM170	17	5,6	3,6	100	0,98	0,57
PSM180	18	5,6	3,6	100	1,02	0,59



### 10.2.2 ESTADO I (HORMIGÓN SIN FISURAR)

Se considera a la sección compuesta como un sólido continuo donde las tensiones de compresión y de tracción son absorbidas por el mortero. El Momento de diseño  $M_d$  se calculará entonces como el producto de las resultantes de los volúmenes de tensiones multiplicados por la distancia entre ambos, respondiendo al siguiente esquema desarrollado por ejemplo en un panel PSM 110



														Estado I	
PANEL TIPO	esp. EPS cm	capa - cm	capa + cm	ancho cm	y1G+y2G cm	y1G cm	y2G cm	I cm <sup>4</sup>	I sólido cm <sup>4</sup>	I / I sólido %	E x I Kg cm <sup>2</sup>	W min cm <sup>3</sup>	M adm Tm/m		
sección sólida															
PSM40	4	5,6	3,6	100	8,6	3,37	5,23	18.059	19.166	0,942	5,42,E+08	2567	0,44		
PSM50	5	5,6	3,6	100	9,6	3,76	5,84	22.047	23.861	0,924	6,61,E+08	2884	0,49		
PSM60	6	5,6	3,6	100	10,6	4,15	6,45	26.474	29.265	0,905	7,94,E+08	3208	0,55		
PSM70	7	5,6	3,6	100	11,6	4,54	7,06	31.338	35.429	0,885	9,40,E+08	3537	0,60		
PSM80	8	5,6	3,6	100	12,6	4,93	7,67	36.641	42.404	0,864	1,10,E+09	3869	0,66		
PSM90	9	5,6	3,6	100	13,6	5,32	8,28	42.383	50.238	0,844	1,27,E+09	4205	0,72		
PSM100	10	5,6	3,6	100	14,6	5,71	8,89	48.562	58.982	0,823	1,46,E+09	4544	0,78		
PSM110	11	5,6	3,6	100	15,6	6,10	9,50	55.180	68.687	0,803	1,66,E+09	4885	0,84		
PSM120	12	5,6	3,6	100	16,6	6,50	10,10	62.236	79.401	0,784	1,87,E+09	5228	0,89		
PSM130	13	5,6	3,6	100	17,6	6,89	10,71	69.730	91.175	0,765	2,09,E+09	5573	0,95		
PSM140	14	5,6	3,6	100	18,6	7,28	11,32	77.663	104.060	0,746	2,33,E+09	5919	1,01		
PSM150	15	5,6	3,6	100	19,6	7,67	11,93	86.033	118.104	0,728	2,58,E+09	6266	1,07		
PSM160	16	5,6	3,6	100	20,6	8,06	12,54	94.842	133.358	0,711	2,85,E+09	6614	1,13		
PSM170	17	5,6	3,6	100	21,6	8,45	13,15	104.090	149.873	0,695	3,12,E+09	6964	1,19		
PSM180	18	5,6	3,6	100	22,6	8,84	13,76	113.775	167.697	0,678	3,41,E+09	7314	1,25		



Si comparamos los resultados de calcular los momentos de diseño a partir de las consideraciones teóricas de los métodos descritos anteriormente se obtiene el siguiente cuadro:

PANEL TIPO	esp. EPS	capa - cm	capa + cm	ancho cm	Estado II		Estado I
					Mu Tm/m	M d Tm/m	M adm Tm/m
sección sólida							
PSM40	4	5,6	3,6	100	0,44	0,26	0,44
PSM50	5	5,6	3,6	100	0,48	0,28	0,49
PSM60	6	5,6	3,6	100	0,52	0,30	0,55
PSM70	7	5,6	3,6	100	0,56	0,33	0,60
PSM80	8	5,6	3,6	100	0,61	0,35	0,66
PSM90	9	5,6	3,6	100	0,65	0,38	0,72
PSM100	10	5,6	3,6	100	0,69	0,40	0,78
PSM110	11	5,6	3,6	100	0,73	0,42	0,84
PSM120	12	5,6	3,6	100	0,77	0,45	0,89
PSM130	13	5,6	3,6	100	0,81	0,47	0,95
PSM140	14	5,6	3,6	100	0,85	0,49	1,01
PSM150	15	5,6	3,6	100	0,89	0,52	1,07
PSM160	16	5,6	3,6	100	0,94	0,54	1,13
PSM170	17	5,6	3,6	100	0,98	0,57	1,19
PSM180	18	5,6	3,6	100	1,02	0,59	1,25

De la observación del cuadro anterior se desprende que el método de cálculo de las secciones por estado límite último o por estado de hormigón sin fisurar arroja valores del Momento flexor de diseño muy similares en la gama de paneles de espesores de EPS comprendidos entre 4 y 8 cm.

En ambos casos los valores de Momento flexor de servicio obtenidos por medio de los ensayos mecánicos conducen a valores significativamente mayores, motivo por el cual, sea cual fuere el método elegido, los valores quedan siempre del lado de la seguridad



### 10.2.3 ESFUERZO CORTANTE

El comportamiento al esfuerzo cortante es similar, si bien en placas moderadamente delgadas, del tipo al que responden las de hormigón, la sollicitación de corte es prácticamente despreciable. En este caso las tensiones principales son absorbidas sin inconvenientes al aproximarse a las zonas de descarga por el conjunto formado por los materiales componentes.

Para un número fijo de conectores: 80 de  $\Phi$  3 mm se tabulan los valores para el dimensionamiento de los paneles frente a esfuerzo cortante siendo  $V_{rd}$  el valor más desfavorable obtenido de las inequaciones (1) y (2):

$$V_{rd} \leq V_{u1} \quad (1)$$

$$V_{rd} \leq V_{u2} \quad (2)$$

Siguiendo el criterio de cálculo del artículo 44<sup>º</sup> de EHE resulta para los paneles utilizados como muros, donde la sección de mortero es simétrica de 30 mm sobre la onda del EPS por cada cara:

$b_0$	$f_{cd}$	$f_{ck}$	$f_{y90,d}$	$A_{90}$	$A_s$
mm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup> /mm	mm <sup>2</sup>
1125	16,67	25	608,70	0,636	186,532

En el caso de los losas, el recubrimiento de los paneles es asimétrico con un espesor de 5 cm de capa de compresión y 2 cm de recubrimiento inferior, siempre medidos desde la cresta del núcleo de EPS.

Para cargas contenidas en el plano del panel, que lo solicitan a flexión como viga de gran altura, la verificación se realiza bajo la misma hipótesis, tomando los valores de referencia del hormigón armado, es decir, los valores de la tensión tangencial de comparación  $\tau_{02}$  correspondiente para la sección neta de hormigón armado.

### 10.3 DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN





A  
d  
v  
a  
n  
c  
e  
d  
  
B  
u  
i  
l  
d  
i  
n  
g  
  
S  
y  
s  
t  
e  
m

Siguiendo los lineamientos del cálculo de una sección rectangular con armadura doble simétrica, se pueden construir diagramas de interacción de lectura directa que facilitan enormemente la lectura del comportamiento de los paneles M2 en los casos de Flexión Compuesta desde los Dominios 2 a 5.





# sistemas constructivos avanzados durapanel

Advanced Building System

$$N u = 0,85 \times b \times h \times f_{cd} + A_s \times f_{yd}$$

$$x_{\text{lim}} = 0,259 \times d$$

$f_{ck} =$	250,00 Kg/cm <sup>2</sup>
$f_{yk} =$	5000,00 Kg/cm <sup>2</sup>

$f_{cd} =$	166,67 Kg/cm <sup>2</sup>
$f_{yd} =$	4347,83 Kg/cm <sup>2</sup>

$$A_s = 1,66 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\delta = d' / h$$

$$A_{\text{total}} = 3,32 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{rec efectivo} = 3,50 \text{ cm}$$

$$\text{rec calculo} = 3,50 \text{ cm}$$

$$d' = 2,4 \text{ cm}$$

**Coefficientes de seguridad adoptados para éste análisis:**

$$\gamma_G = 1$$

$$\gamma_C = 1,5 \quad 1,5 \quad 1,6$$

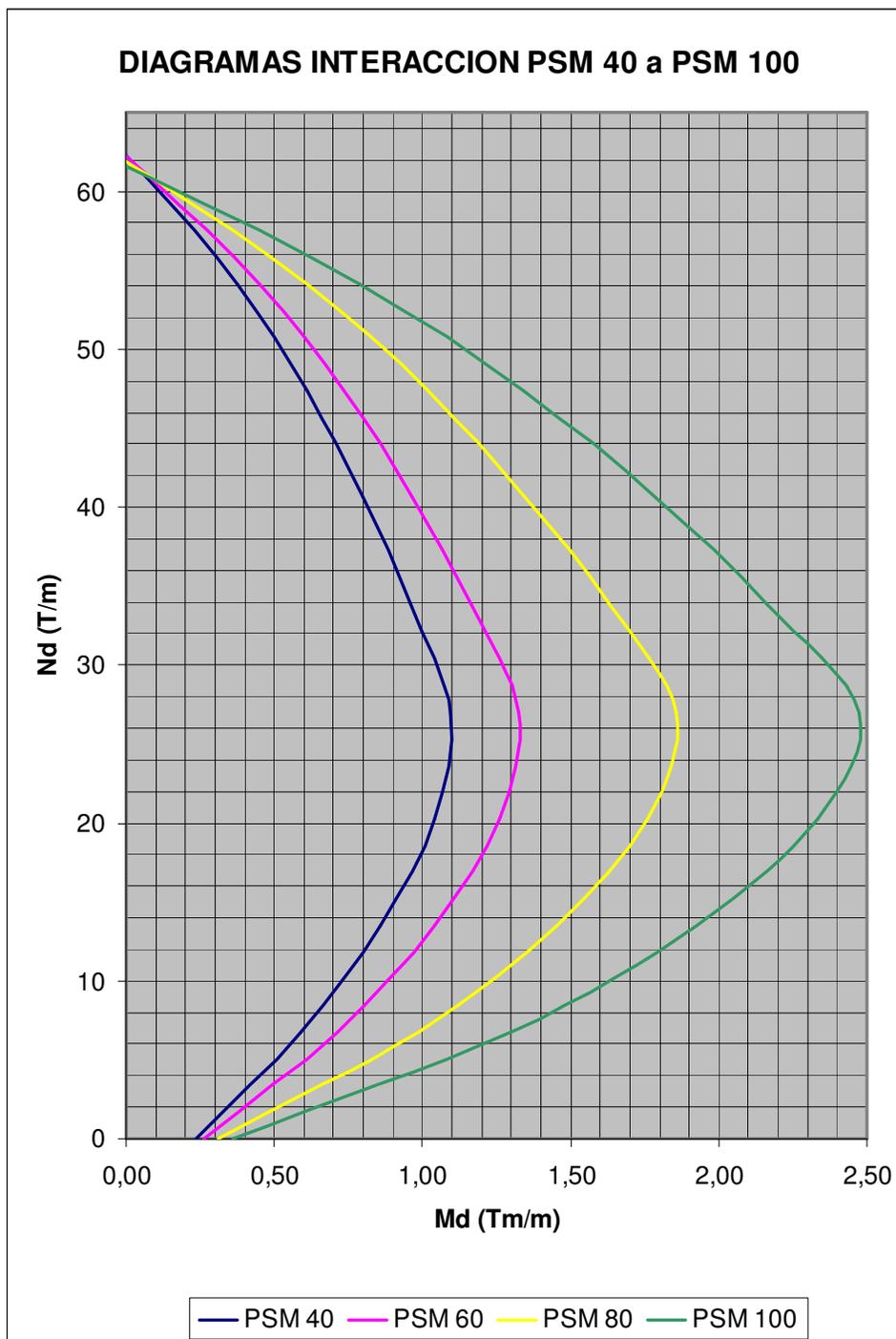
$$\gamma_S = 1,15$$

$\gamma_{\text{tot}} =$	1,725
-------------------------	-------

AXIL v	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$
0,10	-0,09	2,01	2,00
0,20	-0,15	1,99	2,06
0,30	-0,19	2,00	2,00
0,40	-0,20	1,96	2,19
0,50	-0,18	2,05	2,17
0,60	-0,15	2,15	2,03
0,70	-0,11	2,26	1,89
0,80	-0,05	2,30	1,76
0,90	0,03	2,31	1,62
1,00	0,12	2,31	1,49
1,10	0,21	2,32	1,38
1,20	0,30	2,32	1,27
1,30	0,39	2,33	1,18
1,40	0,48	2,33	1,10
1,50	0,58	2,33	1,03

PANEL TIPO	eps cm	rec cm	b cm	h cm	d cm	$\delta$	$\omega$
PSM 40	4	3,50	100	11	8,60	0,22	0,079
PSM 50	5	3,50	100	12	9,60	0,20	0,072
PSM 60	6	3,50	100	13	10,60	0,18	0,067
PSM 70	7	3,50	100	14	11,60	0,17	0,062
PSM 80	8	3,50	100	15	12,60	0,16	0,058
PSM 90	9	3,50	100	16	13,60	0,15	0,054
PSM 100	10	3,50	100	17	14,60	0,14	0,051
PSM 110	11	3,50	100	18	15,60	0,13	0,048
PSM 120	12	3,50	100	19	16,60	0,13	0,046
PSM 130	13	3,50	100	20	17,60	0,12	0,043
PSM 140	14	3,50	100	21	18,60	0,11	0,041
PSM 150	15	3,50	100	22	19,60	0,11	0,039
PSM 160	16	3,50	100	23	20,60	0,10	0,038
PSM 170	17	3,50	100	24	21,60	0,10	0,036
PSM 180	18	3,50	100	25	22,60	0,10	0,035





Las curvas obtenidas son homotéticas de la ordenada ala origen (Compresión centrada) pues se corresponde con la resistencia de la sección sólida de mortero y acero presentes en toda la serie de paneles.

Las absisas al origen se corresponden con la capacidad a flexión simple de cada panel y tal como se ha desarrollado en los puntos anteriores, varía según el espesor del núcleo de EPS de cada tipo de panel.

Puede entrarse en éstos diagramas con los valores de la máxima sollicitación del elemento estructural de un edificio, mayoradas por los coeficientes de seguridad. Si el punto obtenido se encuentra dentro del diagrama de interacción significa que el elemento verifica con la seguridad adecuada las sollicitaciones que soporta.

#### 10.4 RESULTADOS SIGNIFICATIVOS DE ENSAYOS VOLCADOS EN DIAGRAMAS DE INTERACCION

Se han volcado en los diagramas de interacción de lectura directa los resultados de los siguientes ensayos, representativos de las resistencias mínimas correspondientes a cada tipo de panel. Ver estudio del Estado Límite último de cada panel.

##### **Ensayo Torroja (Compresión excéntrica)**

Altura = 280 cm  
Panel PR40  
Espesor total = 11 cm  
Carga última = 560 kN/m

##### **Ensayo Melbourne 1 (Compresión centrada)**

Altura = 300 cm  
Panel PSM 60  
Espesor total = 13 cm  
Carga última = 1.134 kN/m

##### **Ensayo Melbourne 2 (Compresión excéntrica)**

Altura = 300 cm  
Panel PSM 60  
Espesor total = 13 cm





sistemas constructivos avanzados  
**durapanel**

Advanced Building Systems m

Carga última = 707 kN/m (excentricidad inicial 3,5 cm)

**Ensayo Padova 1 (Compresión centrada)**

Altura = 55 cm

Panel PSM 40

Espesor EPS = 11 cm

Carga última = 903 kN/m

Menor valor obtenido de una serie de 6 pruebas. El valor mayor alcanzó 1.460 kN

**Ensayo Padova 2 (Compresión centrada)**

Altura = 55cm

Panel PSM 80

Espesor total = 15 cm

Carga última = 1.019 kN/m

Menor valor obtenido de una serie de 6 pruebas. El valor mayor alcanzó 1.337 kN

**Ensayo Padova 3 (Compresión excéntrica)**

Altura = 275 cm

Panel PSM 80

Espesor total = 15 cm

Carga última = 830 kN/m (excentricidad inicial 3,5 cm)

**Ensayo Chile 1 (Compresión excéntrica)**

Altura = 240 cm

Panel PSM 40

Espesor total = 10 cm

Carga última = 566 kN/m (excentricidad inicial 3,5 cm)

**Ensayo Argentina 1 (Flexión)**

Panel PSM 40

Espesor total = 12 cm

Luz = 270 cm

Carga en los cuartos de la luz

Carga máxima = 24 kN

**Ensayo Connell Wagner 1 (Flexión)**

Panel PSM 60

Espesor total = 14 cm

Luz = 360 cm

Carga en los tercios de la luz



EMMEDUE S.r.l. Via Treves, 7 - 61030 FANO Z.I. (PU) ITALY - Tel. ++39/0721 855650/1 - Fax ++39/0721 854030

Capitale sociale L. 198.000.000 i.v. - Iscr. Trib. 13334 Reg. Soc. C.C.I.A.A. Pesaro 123367 - Cod. Fisc./P.IVA/VAT (IT) 01326180419

w w w . m d u e . i t - i n f o @ m d u e . i t

Carga máxima = 8 kN (con esfuerzo de corte máximo de 14 kN/m)

### Ensayo Perugia 1 (Flexión)

Panel PSM 80

Espesor total = 16 cm

Luz = 360 cm

Carga en los tercios de la luz

Carga máxima = 21 kN

## 10.5 OBSERVACIONES A ENSAYOS DE COMPRESIÓN

El ensayo básico de evaluación de las capacidades resistentes a flexo-compresión se realiza sobre muestras de paneles, proyectadas in situ, de alturas variables entre 2,50 m y 4,00 m, si bien existen ensayos realizados sobre muestras cortas, en las que los efectos de segundo orden pierden significación.

La sustentación de las muestras utilizadas en los ensayos es siempre articulada en el extremo inferior (libre rotación) y simplemente apoyada en el superior (rotaciones y desplazamientos verticales libres) y la carga se aplica en forma distribuida, sobre una línea paralela a las caras. Los bordes verticales de las muestras permanecen libres durante todos los ensayos. Esta configuración implica, frente a las sollicitaciones de segundo orden, esbelteces que no se condicen con las correspondientes a las placas en los casos reales.

Las razones de las diferencias son, brevemente: la propia sustentación, que en los casos reales, ya sea por vinculación a la cimentación o por continuidad con las placas de pisos contiguos, es mas asimilable a empotramientos elásticos y no a simples articulaciones con giros libres y por otra parte, la situación de los bordes verticales libres, que raramente se encuentra en la practica y que cambia sustancialmente la naturaleza de las sollicitaciones de segundo orden a ser verificadas en la placa, que son, en definitiva, las determinantes.

El comportamiento de una pared a la compresión se corresponde con mayor ajuste al de una placa rígida sostenida por sus cuatro bordes. Y al respecto nos limitamos a mencionar que las cargas críticas de tal configuración superan como mínimo por **más del doble** a las correspondientes al mismo elemento sollicitado como barra, como es el caso de los ensayos utilizados.



No hay que dejar de tener en cuenta, en los casos reales, la existencia de paredes perpendiculares que contribuyen sobremanera a aumentar la rigidez, y por lo tanto la capacidad de carga global.

## 10.6 OBSERVACIONES A ENSAYOS DE FLEXION

Los ensayos referidos utilizan sustentaciones propias de vigas para analizar la capacidad a flexión de los elementos y al respecto es necesario resaltar que las deformaciones transversales no están impedidas en ellos, por lo que las configuraciones de desplazamientos verticales deben ser afectadas de las reducciones correspondientes para asimilarlos al comportamiento de una placa apoyada en sus cuatro bordes.

Otra característica de fundamental importancia a la hora de evaluar los resultados de los ensayos de flexión es que en todos los casos el panel conservó una enorme capacidad de recuperación elástica, aun en estado último o de agotamiento. Incluso cuando la sección plastificada no estaba en condiciones de absorber más carga, al retirar ésta se verificaba consistentemente que la mayor parte de energía absorbida por la sección era almacenada como energía elástica de deformación, tendiendo la pieza a volver a su posición de equilibrio original, en forma más que significativa (40 a 50 %).

## 10.7 EJEMPLOS DE APLICACIÓN PRÁCTICA

### 10.7.1 Ejemplo 1: Caso de edificio de 8 alturas

En primer lugar se verifica en forma simple un edificio de ocho pisos de 2,80 m por piso (altura total 22,40 m) bajo la acción de sus cargas permanentes, sobrecargas reglamentarias y un sismo de extrema severidad con una aceleración máxima de 0,3 g.

Los parámetros y conceptos de cálculo son los siguientes:

Planta del edificio rectangular de 30 m por 10 m con arquitectura normal.

Peso propio de paredes = 1,20 kN/m<sup>2</sup> (no se descuenta la incidencia de aberturas).

Losas de 4 m de luz promedio entre apoyo, con peso propio de 1,80 kN/m<sup>2</sup>, sobrecarga permanente de 1,20 kN/m<sup>2</sup> y sobrecarga accidental de 2,00 kN/m<sup>2</sup>.

Se considera la acción sísmica sobre la totalidad de las cargas permanentes y sobre el 30% de las accidentales.



Se desprecia la colaboración estructural de toda la tabiquería interior para la absorción de cargas horizontales la que debe ser debidamente tenida en cuenta en un caso real. Esto al único efecto de mayorar las sollicitaciones sobre los tabiques exteriores. Solo se considera que absorben sollicitaciones verticales originadas en el momento total debido al sismo las paredes medianeras longitudinales de 30 m. Con estas desfavorables y conservadoras hipótesis, la carga permanente sobre dichas paredes es de 107 kN/m.

La máxima sollicitación, incluida la acción del sismo alcanza a 205 kN/m, respecto de la cual el panel simple M2 PSM 04 de 4 cm de espesor de poliestireno expandido y 3 cm de mortero de cemento en cada cara tiene, respecto de los valores de ensayo un coeficiente de seguridad de **4,5**.

#### **10.7.2 Ejemplo 2: Cálculo de un losa con panel PSM 80.**

Se verifica una losa rectangular (3 m x 4 m) simplemente apoyada en sus cuatro bordes, sometida a carga vertical uniformemente distribuida. La carga de calculo es de 5 kN / m<sup>2</sup> total que provoca un momento flexor principal igual a 308 kNm / m.

La capacidad teórica es de 1061,7 kNm / m (coeficiente de seguridad teórico 3,44). La capacidad alcanzada por ensayo es de 1200 kNm / m (coeficiente de seguridad **3,9**)

La capacidad teórica se halla de la siguiente manera:

Resultante de tracción de la armadura existente es:

Sección de una barra  $\varnothing$  5 (0,196 cm<sup>2</sup>) por la cantidad de barras por metro de panel (5,33) mas la sección de una barra  $\varnothing$  2,5 (0,049 cm<sup>2</sup>) por la cantidad de barras por metro de panel (12,44) multiplicado por la tensión última establecida (500 MPa) y por el brazo de palanca formado por el espesor del panel mas 2/3 del espesor de la capa de compresión y mas 1,5 cm (12,83 cm) que arroja el valor consignado en el párrafo anterior. A este respecto cabe mencionar que la hipótesis de ubicación de la resultante de tensiones de compresión a 2/3 de la altura de la capa de compresión es por demás conservadora, ya que las tensiones en dicho material son tan bajas para los momentos de rotura que dicha resultante se ubica en realidad en el cuarto superior.

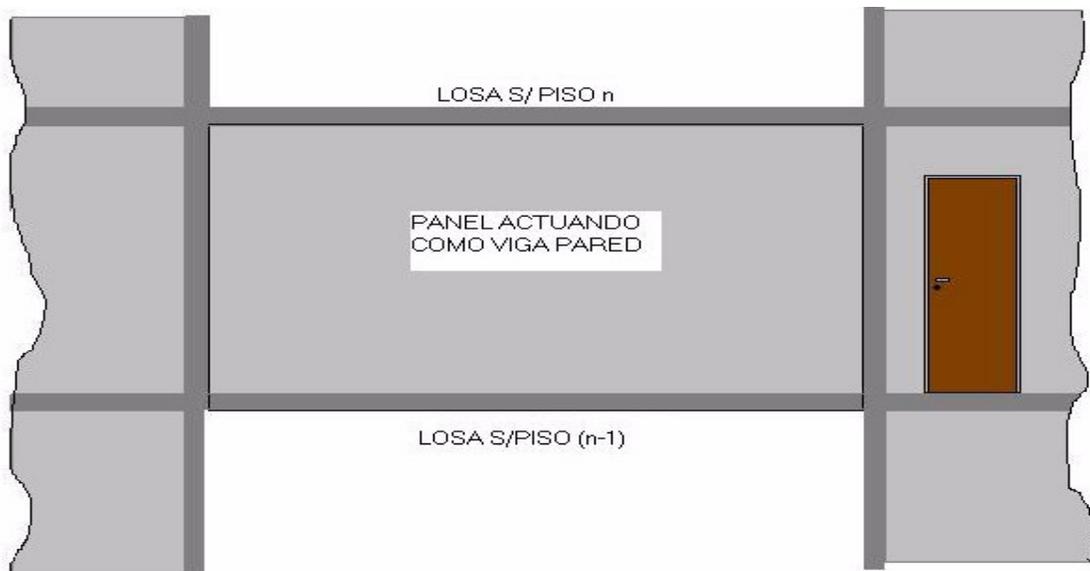
Tal hipótesis es refrendada por los cuadros de fisuración observados en los ensayos y por las magnitudes de los momentos últimos reales obtenidos en los mismos.

Si bien el corte en placas no es determinante, se consigna que para el caso calculado su valor máximo alcanza 5,74 kN/m.



En importante mencionar la posibilidad de reforzar las armaduras a flexión con el agregado de mallas adicionales, en virtud de la predominancia de la flexión y la excelente adherencia provista por las mallas, conseguidas por la racional distribución lograda gracias la abertura de mallas y a los diámetros reducidos de las armaduras.

### 10.7.3 Ejemplo 3: Funcionamiento como viga de gran altura.



Se verificarán los esfuerzos en una viga pared ubicada en una hipotética planta alta de un edificio, y que sostiene en su parte inferior al entrepiso de los ambientes que divide.

Parámetros:

Altura	=	2,80 m
Longitud	=	5,00 m
Área de las losas que soporta la viga pared	=	20 m <sup>2</sup> .
Carga total sobre las losas	=	5,00 kN/m <sup>2</sup>
Carga total sobre la viga pared	=	24,00 kN/m
Momento flexor equivalente	=	75,00 kNm
Brazo interno (supuesto 0,7 h)	=	1,96 m
Resultante de compresión / tracción total	=	40,00 kN

El valor de compresión resultante debe compararse con la capacidad a la compresión centrada ya que tal es la sollicitación sobre el panel en este caso. Respecto del valor a tracción, se menciona simplemente que es absorbido por ocho barras de armadura, ubicadas en 30 cm (  $h/9$  ) de altura, lo que resulta especialmente adecuado visto la distribución de tensiones que se verifica en este tipo de elementos estructurales.

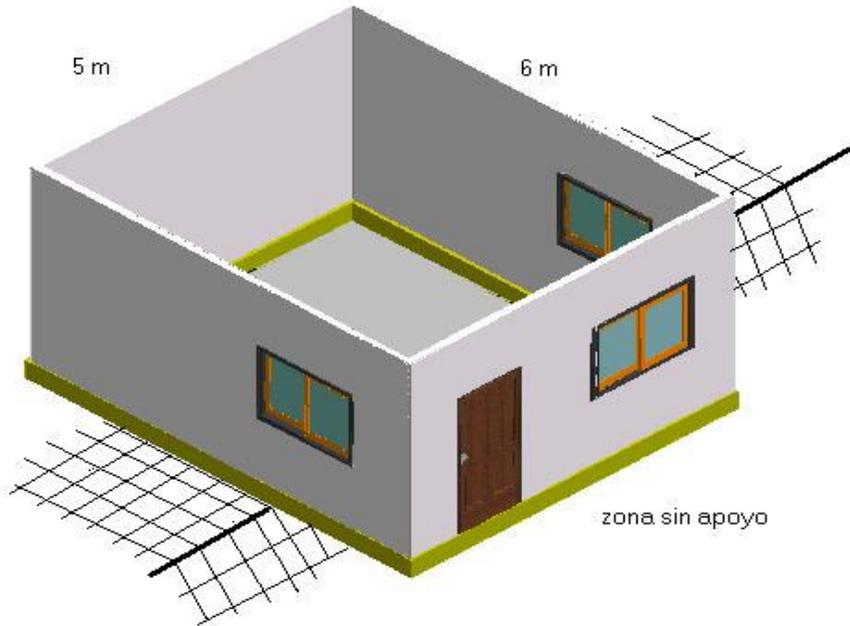
También resulta de utilidad para verificar la capacidad frente a esta carga el resultado de los ensayos a carga contenida en el plano, en los que se alcanzaron valores de 350 kN en paneles de 2,40 m de altura, que se comparan con la mitad de la carga total del caso bajo estudio, es decir, 60 kN (coeficiente de seguridad 6).

En los cálculos anteriores no se ha tenido en cuenta la colaboración en la inercia del conjunto de las losas que inciden sobre la viga, que la transforman en un perfil conformado por elementos M2, debido a la finalidad didáctica y ejemplificadota del caso analizado.

#### 10.7.4 Ejemplo 4: Fallo de la cimentación

Se verifica el descalce total de la cimentación de una construcción de una sola planta de dimensiones 5,00 m x 6,00 m y altura 3,00 m), de modo tal que toda un área de 2,00 m por 5,00 m quedara sin sustentación de terreno. Se verifica que la acción de las paredes como viga de gran altura sostiene el peso de todos los elementos vinculados a ellas, cimentación y cubierta incluidas.



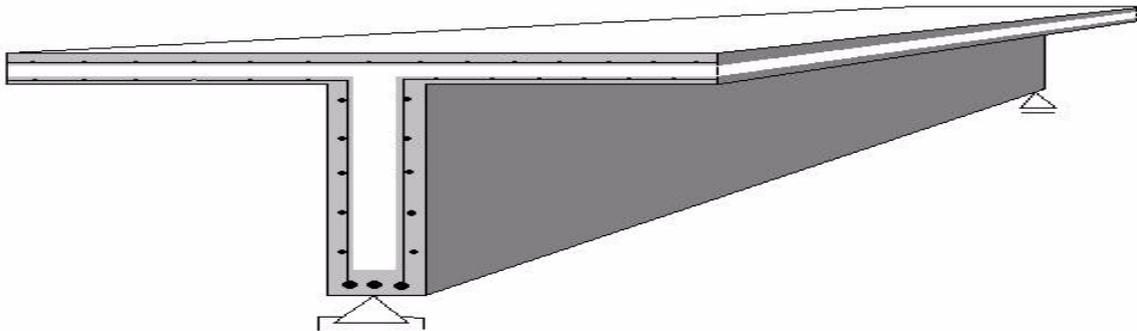


Peso por m <sup>2</sup> de la losa de cimentación	= 3,60 kN / m <sup>2</sup>
Peso de las paredes	= 1,20 kN / m <sup>2</sup>
Sobrecarga de piso	= 2,00 kN / m <sup>2</sup>
Peso de la cubierta	= 1 kN / m <sup>2</sup>
Cortante vertical en pared	= 48 kN (menor a 350 kN / m)
Momento flexor actuante sobre pared	= 50 kNm
Ver caso anterior verificado a un Momento flexor de 75 kNm	

**10.7.5 Ejemplo 5: Viga resuelta con segmento de panel**

Viga simplemente apoyada de 7,00 m de longitud de panel colocado en forma vertical utilizado como nervadura de losa.





Ancho de influencia	= 2,50 m
Carga total	= 5,00 kN / m <sup>2</sup>
Carga uniforme sobre nervio	= 12,50 kN / m
Momento máximo	= 76 kNm
Brazo elástico (0,85 h)	= 60 cm
Tracción a absorber	= 126 kN (3,30 cm <sup>2</sup> de f <sub>yk</sub> = 440 MPa ; 3 Ø 12)
Corte máximo	= 41kN
Tensión corte de comparación	= 1,1 MPa (para obtenerla se divide el esfuerzo máximo de corte por el brazo elástico y por la suma de los espesores de mortero de cemento, es decir, 6 cm).

Esta tensión se compara con la correspondiente para el hormigón convencional ( $\tau_{02}$  = 1,8 MPa) y se prosigue con la verificación utilizando las mallas de refuerzo como estribos, considerando que una malla absorbe una tensión igual a:

para la dirección principal  $\tau = (0,093 \text{ cm}^2 \times 500 \text{ MPa} \times 2) / (0,06 \text{ m} \times 0,059 \text{ m}) = 2,63 \text{ MPa}$

para la dirección secundaria (evaluada en los ensayos al corte realizados)

$\tau = (0,049 \text{ cm}^2 \times 500 \text{ MPa} \times 2) / (0,06 \text{ m} \times 0,065 \text{ m}) = 1,26 \text{ MPa}$

Resultado mínimo obtenido en ensayos = 1,50 MPa

**10.7.6 Ejemplo 6: Verificación de la eficacia de la armadura de esperas entre placas M2 y una cimentación continua.**

La vinculación entre una cimentación continua tipo zapata corrida y los elementos componentes del sistema M2 se realiza a través de hierros del diámetro adecuado empotrados en la zapata.



La longitud emergente de dichos hierros se ata a las mallas de los paneles verticales y queda luego empotrada en el mortero de cemento con el que se realiza la proyección neumática.

Dicha unión será verificada al arrancamiento verificando que soporte el peso de la zapata con un coeficiente de seguridad de 1,75.

La presente memoria de cálculo deberá ser adaptada a las condiciones adecuadas en relación a cada obra, y constituye un modelo en el que para las distintas hipótesis se adoptaron los casos más desfavorables.

#### Armadura de vinculación

Se consideran en el cálculo barras de acero de diámetro 6 mm.

El acero se considera con tensión de fluencia 420 MPa y 500 MPa a la rotura.

#### Tensión de adherencia

Se siguen los lineamientos de la Norma DIN 1045 y concordantes.

En función de la relación agua cemento del mortero de cemento con el que se realiza la proyección neumática (0,52) se estima en forma conservadora una resistencia característica de 21 MPa. Las barras en cuestión, al encontrarse en posición vertical deben considerarse, según la clasificación de la citada norma como en posición 1 (zona favorable de adherencia).

La tensión admisible de adherencia para el caso descrito es de 1,80 MPa

$$\tau_{adm} = 1,8 \text{ MPa}$$

*Nota: la tensión admisible de adherencia esta referida en DIN 1045 a un valor último convencional correspondiente al corrimiento de 0,1 mm de una barra anclada en un ensayo normalizado. El coeficiente de seguridad de la tensión descrita es de 3. Respecto de la tensión última real o de falla el coeficiente de seguridad es 5.*

#### Estimación del peso de la cimentación

Se tomará en consideración un terreno con una capacidad admisible de 0,10 MPa como mínimo y una construcción de planta baja y dos pisos altos

#### Cálculo de las cargas

Altura total	= 7,80 m
Peso propio de paredes (a 1,20 kN / m <sup>2</sup> )	= 9,36 kN / m
Descarga de losas contiguas con sobrecarga (a 5 kN/m <sup>2</sup> )	= 15,00 kN / m



(Ancho de influencia 1,50 m)  
 Acción vertical debida a carga horizontal  $\frac{\quad}{\quad} = 1,00 \text{ kN / m}$

**Total adoptada = 25,36 kN / m**

Calculo del ancho de la zapata

$$A = 25,36 \text{ kN / m} / 0,10 \text{ MPa} = 25 \text{ cm}$$

b adoptado = 25 cm

Cálculo del peso propio de la zapata

$$G = 1,39 \text{ kN / m}$$

Acción de calculo para el arrancamiento (1,75 veces el peso)

$$G \text{ calc} = 2,44 \text{ kN / m}$$

Nota: el coeficiente de seguridad global, teniendo en cuenta el mencionado en tensión de adherencia, asciende a 5 respecto del valor convencional de referencia y a alrededor de 9 respecto del valor de rotura.

Cálculo de la longitud necesaria para soportar G calc

Considerando, en función de  $T_{adm}$ , que un centímetro de longitud de una barra de 6 mm resiste por adherencia lateral una fuerza de 0,34 kN, o sea:

$$F = 3,14 \times 0,60 \text{ cm} \times 1,8 \text{ MPa}$$

$$f = 0,34 \text{ kN / cm}$$

Y considerando que se colocan dos barras por metro lineal de cimentación, cada barra deberá absorber:

$$F = G \text{ calc} / 2 = 1,22 \text{ kN}$$

Entonces la longitud necesaria para absorberla, ya sea anclada en la cimentación como en el mortero de cemento proyectado es igual a:

$$\text{Long} = F / f = 3,60 \text{ cm}$$

Conclusión:

Se adopta y recomienda colocar una armadura de vinculación mínima consistente en barras rectas de diámetro 6 mm separados 50 cm empotrados en la zapata, que sobresaldrán 20 cm y serán atados a la malla propia del panel.

Verificación a esfuerzos horizontales o desplazamiento horizontal relativo



La capacidad de una barra de 6 mm resulta:

$$\text{Sección} \times \text{tensión admisible} = 0,28 \text{ cm}^2 \times (\sigma_{\text{fluencia}} / 4) = 2,94 \text{ kN} / \text{barra}$$

$$\text{Por lo tanto para un metro de unión, con dos barras} = 5,88 \text{ KN} / \text{m}$$

Es de destacar que este anclaje mínimo recomendado es capaz de absorber un esfuerzo de corte en la base equivalente al 23 % de la carga vertical total.

Para mayores esfuerzos se disminuirá adecuadamente la separación.

## 11 FIJACIONES A MUROS M2

Desde el punto de vista de resistencia estructural, los muros M2 están diseñados para resistir cargas en compresión dominante que están representadas en los diagramas de interacción M-N característicos de cada tipo de panel según su espesor de EPS.

Para los casos de cargas concentradas en puntos aislados, el criterio de cálculo es el de la verificación de la presión de contacto entre perno y paredes, de manera tal de no superar la tensión de cálculo del Hormigón, que para  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$  le corresponde un valor de  $f_{cd} = 0,85 \times f_{ck} = 14,2 \text{ N/mm}^2$

Esto es exactamente igual que para la verificación de una fijación en un muro de Hormigón armado tradicional.

La capacidad de carga del perno anclado con brocas se limitará al espesor de la capa de hormigón de la zona de inclusión.

Para fijaciones a una cara la capacidad máxima de cada una estará dada por el siguiente cuadro:

DIAMETRO FIJACIÓN mm	N adm Kg
8	102,00
10	127,50
12	153,00
14	178,50
16	204,00
18	229,50
20	255,00
22	280,50
25	318,75
30	382,50



La fórmula empleada es:  $N = fcd \times e \times \Phi / 4$  que corresponde a la compresión sobre la proyección del área del perno sobre la cara de hormigón mas el par de traslación de ese cortante al baricentro de la sección.

Si las cargas fuesen accidentales los valores admisibles podrán incrementarse hasta alcanzar una máxima tensión en el borde igual a la resistencia de diseño del hormigón; en ese caso la tabla correspondiente será:

DIAMETRO FIJACIÓN mm	N adm Kg
8	120,00
10	150,00
12	180,00
14	210,00
16	240,00
18	270,00
20	300,00
22	330,00
25	375,00
30	450,00

Para cargas concentradas más importantes se puede recurrir al perno pasante que se puede diseñar hasta comprimir uniformemente la sección de cada cara a la tensión de cálculo, en ese caso la tabla de capacidades de fijación se transforma, por ejemplo para un espesor de EPS de 90 mm (PSM 90) en:

DIAMETRO FIJACIÓN mm	N adm Kg
10	390,92
12	469,11
14	547,29
16	625,48
18	703,66
20	781,85
22	860,03
25	977,31
30	1172,77

Análogamente al caso de la fijación en una sola cara, la expresión de la capacidad de carga surge de considerar la combinación del cortante, como una tensión normal en la sección del perno, mas la tensión originada por el par de traslación de la fuerza de



cortante al baricentro, en éste caso, del muro en su conjunto, es decir con su espesor total.

Para mayores niveles de esfuerzo localizado podrán macizarse las zonas en coincidencia con la fijación, de manera tal de poder aumentar la capacidad de cortante de los pernos limitando la presión de contacto a los valores indicados. También y de manera similar a lo dicho en las fijaciones a una cara, que para cargas extraordinarias o accidentales podrán incrementarse los valores calculados en la relación  $1 / 0,85 = 1,176$ , es decir un 17,6%.

## 12 LOSAS BIDIRECCIONALES

Cuando las placas M2 se encuentran apoyadas en sus cuatro bordes y la relación entre el lado menor y el lado mayor está comprendido entre 0,5 y 2, constituyen placas que actúan como láminas delgadas bidireccionales que transmiten las reacciones de vínculo al perímetro de apoyo y que por lo tanto generan momentos flexores en las dos direcciones x e y. Pueden resolverse aplicando la teoría de elasticidad por la ecuación de las láminas delgadas para las condiciones de contorno que corresponden a las condiciones de vínculo externo; o también por medio de los métodos simplificados que de ella se derivan.

El criterio de utilización es el de disponer la misma sección de barras que se tiene en la dirección principal, para la dirección secundaria.

$$\begin{aligned} Fe_x \text{ (cm}^2\text{/m)} &= 0,84 \text{ cm}^2\text{/m} \\ Fe_y \text{ (cm}^2\text{/m)} &= 0,84 \text{ cm}^2\text{/m} \end{aligned}$$

### 12.1 PLACAS BIDIRECCIONALES COMO MURO DE CERRAMIENTO

Si en el cálculo de la carga útil, se considera el Momento admisible de la sección doble simétrica de 3,5 cm de espesor de mortero y no se descuenta el peso propio de la placa dado que el elemento estructural se encuentra dispuesto verticalmente, se obtienen las cargas horizontales admisibles para los elementos M2 empleados como muros de cerramiento que llevan considerados los coeficientes de seguridad.

Análogamente al caso anterior sólo se limita la deformación instantánea al valor  $L / 250$ .



### 13 CRITERIOS DE CÁLCULO

Para la obtención de las sollicitaciones y dimensionado de los elementos estructurales, se dispone del programa informático de ordenador CYPECAD.

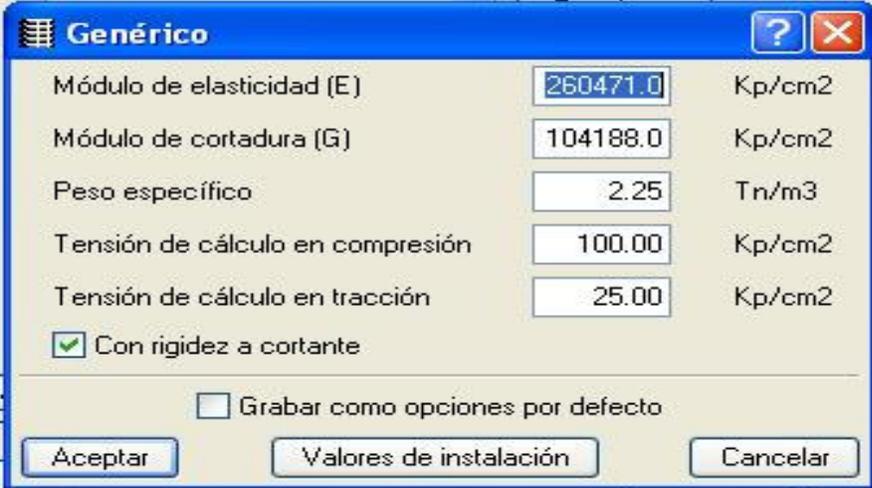
El cálculo de los **muros portantes M2** ha sido asimilado al comportamiento que tiene un muro de carga del programa CYPECAD que, como define el manual: “Son elementos verticales de sección transversal cualquiera, formada por rectángulos entre cada planta, y definidos por un nivel inicial y un nivel final. La dimensión de cada lado puede ser diferente en cada planta, y se puede disminuir su espesor en cada planta. [...]. Tanto vigas como losas y pilares se unen a las paredes del muro a lo largo de sus lados en cualquier posición y dirección. El espesor considerado para el cálculo es el efectivo de hormigón, que en nuestros muros resulta de 5 cm (2,5 cm en cada cara).

Todo nudo generado corresponde con algún nodo de los triángulos.

La discretización efectuada es por elementos finitos tipo lámina gruesa tridimensional, que considera la deformación por cortante. Están formados por seis nodos, en los vértices y en los puntos medios de los lados, con seis grados de libertad cada uno. Su forma es triangular y se realiza un mallado del muro en función de las dimensiones, geometría, huecos, generándose un mallado con refinamiento en zonas críticas, lo que reduce el tamaño de los elementos en las proximidades de los ángulos, bordes y singularidades.”

CYPECAD admite la modificación de los parámetros mecánicos de los muros de fábrica de tal modo que éstos son introducidos de acuerdo con los valores de los Paneles M2 tal y como se muestra a continuación.





Los **losas con paneles simples M2** se asimilan al elemento “losa maciza” del programa CYPECAD con espesores que equivalen a la cantidad de mortero y hormigón incluida en el panel, con el objeto de que la losa cuente con un peso similar al del panel M2 en el proceso de cálculo.

**Esta asimilación tiene por objeto el considerar los losas como elementos que transmiten las distintas cargas a los muros que constituyen el entramado estructural y no el dimensionarlos o el calcular sus armaduras y deformaciones.**

Según el programa “la discretización de los paños de losa maciza se realiza en mallas de elementos tipo barra de tamaño máximo de 25 cm y se efectúa una condensación estática (método exacto) de todos los grados de libertad. Se tiene en cuenta la deformación por cortante y se mantiene la hipótesis de diafragma rígido. Se considera la rigidez a torsión de los elementos.”

Tal y como se prescribe en el texto del Documento de Idoneidad Técnica, los losas soportan las acciones descritas por las tablas facilitadas por el fabricante.

### 13.1 CYPECAD

Con respecto a Cypecad diremos que es un programa de cálculo estructural que analiza las solicitaciones mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales de rigidez, formando todos los elementos que definen la estructura: pilares, pantallas H.A., muros, vigas y losas y que ha sido seleccionado por su gran



difusión en la comunidad profesional de España. En él se establece la compatibilidad de deformaciones en todos los nudos, considerando 6 grados de libertad, y se crea la hipótesis de indeformabilidad del plano de cada planta, para simular el comportamiento crítico del losa, impidiendo los desplazamientos relativos entre nudos del mismo (diafragma rígido). Por lo tanto cada planta solo podrá girar y desplazarse en su conjunto (3 grados de libertad).

La consideración de diafragma rígido para cada zona independiente de una planta se mantiene aunque se introduzcan vigas, y no losas, en la planta.

Cuando en una misma planta existan zonas independientes, se considerará cada una de éstas como una parte distinta de cara a la indeformabilidad de esa zona y no se tendrá en cuenta en su conjunto. Por tanto, las plantas se comportarán como planos indeformables independientes. Un pilar no conectado se considera zona independiente.

Para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático (excepto cuando se consideran acciones dinámicas por sismo, en cuyo caso se emplea el análisis modal espectral) y se supone un comportamiento lineal de los materiales y, por tanto, un cálculo de primer orden, de cara a la obtención de desplazamientos y esfuerzos.

### **13.1.1 Esquematización estructural y criterios de cálculo de las solicitaciones**

El programa esquematiza la estructura desde la cimentación, admitiendo distintos planos de apoyo, placas de cimentaciones, también con nervios, zapatas y vigas de cimentación sobre firme elástico considerado "a la Winkler", de elementos verticales, columnas y paredes en hormigón armado también con orificios, de placas de piso constituidas por losas horizontales e inclinadas (cubiertas a dos aguas) con vigas de piso; se puede también insertar elementos prismáticos en hormigón armado de entrepiso con posibilidad de conexión en plano inclinado a losas puestas a cotas distintas.

Independientemente del algoritmo de cálculo utilizado, los nudos estructurales pueden ser conectados solo a vigas, columnas y paredes, simulando así losas infinitamente deformables en el plano, o a elementos placa con espesor escogido por el usuario, simulando así losas de rigidez finita.

Si se utiliza SAP80, SAP90 y el SOLUCIONADOR INTERNO los nudos que estaban sobre las losas horizontales pueden ser conectados rígidamente a un nudo principal que estaba en el plano de la losa y que coincide de norma con el centro de masas; ésta opción, permite de reducir los tiempos de elaboración y elimina las



aproximaciones numéricas que hay en el uso de elementos placa cuando se selecciona el análisis con plano infinitamente rígido.

Para las cargas, en la fase de entrada de datos, el usuario elige las situaciones de sobrecargas y peso propio del edificio que combinadas con las acciones sísmicas, de viento y variaciones térmicas, aplicando los respectivos coeficientes de mayoración de carga y minoración de resistencias, se obtienen las verificaciones necesarias.

El efecto de excentricidad de las fuerzas horizontales, por Norma o por presencia de torsor al plano por construcciones en zona de riesgo sísmico, es simulado introduciendo estados de carga que provienen de la introducción de excentricidades y que se añaden a los anteriores y se combina con el resto según los criterios del punto anterior.

Se puede insertar sobre vigas y paredes cargas verticales uniformemente distribuidas y cargas trapezoidales; en los nudos de intersección de los elementos "viga" son también definibles componentes de fuerzas y pares concentradas con cualquier sentido en el espacio. Se puede insertar distribuciones de temperatura, con intensidad escogida por el usuario, también sobre partes de la estructura.

El cálculo de las sollicitaciones diseñado por Cypecad está basado en las siguientes hipótesis y tipos:

- las vigas de cimentación sobre suelo elástico a la Winkler son divididas en tramos (4 como mínimo). Los nudos son conectados al suelo con resortes que tienen rigidez a la translación vertical;
- las zapatas sobre suelo elástico constituyen, estructuralmente, elementos de puntos con resortes que tienen rigidez a la translación vertical y rotación alrededor los ejes horizontales de referencia globales;
- las placas de cimentación son discretizadas en un número finito de elementos placa en donde los nudos son conectados al suelo con resortes que tienen rigidez a la translación vertical.

El cálculo de los efectos del sismo es resuelto mediante el METODO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE o con METODO DE ANALISIS DINAMICO ELASTICO según NSR '98 y con el control del porcentaje de las masas excitadas que, en el caso de firmes declarados rígidos son concentradas en el nudo principal de terreno (master joint); en el caso de terreno declarado flexible las masas son consideradas con difusión en los nudos que estaban sobre el mismo terreno.



En el caso de análisis sísmico son controlados también los desplazamientos de entrepiso.

El usuario puede escoger también el sismo con Norma Americana según UBC '94.

### 13.1.2 Verificaciones de los Elementos Estructurales

Las paredes son siempre diseñadas a flexocompresión esviada. Las zapatas son diseñadas con el esquema estático de voladizos con empotramientos en la cara de la columna o en el eje de la columna. Para las verificaciones de las placas de cimentación se puede insertar los momentos de cálculo modificados en base a las Normas de Eurocódigo, Apéndice A.2.8.

Los anclajes de los elementos estructurales en hormigón armado son diseñados considerando la tensión normal efectiva que cada varilla tiene en la sección de verificación dividiendo las zonas de anclaje en zonas de buena o mala adherencia. En particular el programa evalúa la tensión normal que cada varilla puede absorber en una sección desarrollando la adherencia su la superficie cilíndrica puesta a la izquierda o a la derecha de la sección considerada; si en una sección una varilla asume por efecto de la adherencia una tensión normal inferior a la admisible, su contribución al área total es reducida por el programa por la relación entre la tensión normal que la varilla puede absorber por efecto de la adherencia y la admisible.

Las verificaciones son hechas a partir de las áreas de acero equivalentes así diseñadas que son evidenciadas en la memoria de calculo.

Las verificaciones de los elementos estructurales en acero (solo para usuarios CYPECAD ACERO) son hechas según el Código Italianos CNR 10011 y CNR 10022, el código Europeo Eurocódigo EC3 o según la Norma Americana AISC ASD/LRFD. Se pueden hacer verificaciones de resistencia e inestabilidad.

Las verificaciones distinguen entre condiciones de carga normales y excepcionales (I Y II) o según los diversos Códigos escogidos.

El programa hace las verificaciones de los elementos de conexión como brida-escuadra-chapa de base cubrejunta o reticular.

Se pondrá especial atención a las zonas de ejecución de puertas y ventanas. Estos se evitaran en esquinas de cerramiento (salvo cálculo justificativo al respecto) y su dimensión máxima estará limitada al cálculo reforzándose convenientemente estas zonas mediante la disposición de armadura adicional.



### 13.2 TABLAS APORTADAS POR EL FABRICANTE: LOSAS.

Los losas son calculados como un sólido continuo de Hormigón armado donde la sección en estado límite último ó de agotamiento ha alcanzado una deformación de la fibra mas comprimida del hormigón un valor igual al 2‰ y el acero ha alcanzado la deformación correspondiente a su límite último del 10‰. Por lo tanto la sección presenta una rotura por tracción de armaduras y con una gran deformación.

A los efectos de controlar esa deformación, se considera en el cálculo que el Módulo de elasticidad longitudinal de la sección compuesta es igual a 3000 Mpa, aunque la realidad arroja un valor superior que naturalmente aumenta al aumentar el índice de solidez de las placas compuestas hasta valores cercanos a 8000 MPa.

El momento último se corresponde con la resultante de la tracción de armaduras multiplicada por el brazo elástico z de la sección. Los valores correspondientes a los momentos de agotamiento de cada tipo de panel están perfectamente indicados en las tablas.

Las tablas del fabricante permiten conocer en cada tipo de panel y para cada caso de luz entre apoyos y forma del vano, los valores de la máxima carga total que verifica las condiciones de deformación impuestas por la EHE, los valores de la tensión de cortante, la carga total admisible, e incluso los valores de la tensión normal de tracción y compresión en las fibras mas alejadas del eje neutro, tanto en casos de losas con un comportamiento **unidireccional** como en el caso de losas con un comportamiento **bidireccional** (Se podrán disponer refuerzos con barras corrugadas de 6 mm en la dirección secundaria a los fines de obtener placas bidireccionales que se podrán verificar en las tablas pertinentes).

El espesor de la capa de compresión será como mínimo de 4 cm y podrá variarse en función de las necesidades de cálculo.

### 14 RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN EL SISTEMA M2

Los rendimientos de la mano de obra en el sistema M2 se ajustan muy bien al siguiente esquema en el que se han desagregado las sub tareas componentes de cada actividad.

Las hemos dividido en dos tipos básicos que son el uso como simple cerramiento vertical dentro de estructuras realizadas en sistema tradicional o prefabricados, o el uso integral



como sistema portante comprendiendo los elementos resistentes tanto verticales como horizontales.

Estos rendimientos son muy aproximados a la realidad y suficientes a los efectos de la planificación de obra. Naturalmente que en obras de carácter repetitivo, la mano de obra tenderá a especializarse y los rendimientos indicados pueden disminuir de un 30 a un 40%, aunque siempre deberá estudiarse en detalle las características particulares de cada tipo de obra.

Es muy importante tener en cuenta es el volumen de obra respecto a los plazos de obra. Lo más conveniente es ordenar los operarios en grupos de funcionamiento en forma de módulos que se incrementaran en medida proporcional al plan de trabajos.

Estos equipos serán fijos (dentro de lo posible y de su desempeño y rendimiento), logrando de esta manera se logra la automatización a partir de la repetición de las tareas.

El uso parcial como elemento de simple cerramiento, arroja un rendimiento de 0,208 hh/m<sup>2</sup> o su inversa 4,8 m<sup>2</sup>/hh. Cuando el cerramiento es en muros ciegos continuos de alturas hasta 12 m, como es el caso de la división de naves industriales, los rendimientos aumentan a valores de hasta 0,10 hh/m<sup>2</sup> o sea 10 m<sup>2</sup>/hh.

Quando se emplea el sistema M2 de manera integral, se reducen los rendimientos de montaje indicados anteriormente dada la necesidad de arriostrar y apuntalar en mayor grado por la falta de los elementos de la estructura existente.

Es sumamente importante el perfecto replanteo de muros y debe tenerse muy en cuenta que los elementos de apuntalamiento y alineación deben estar correctamente fijados a tierra y diseñados para soportar adecuadamente las fuerzas de montaje y viento.





## 14 MANO DE OBRA

Estimada para montaje y proyección neumática de morteros

### 14.01 Replanteo

Personal necesario	1 oficial 1 ayudantes
Rendimiento	1485 m <sup>2</sup> /día <b>0,011 hh/m<sup>2</sup></b>

### 14.02 Corte de Paneles

Personal necesario	1 oficial 2 ayudantes
Rendimiento	240 m <sup>2</sup> /día <b>0,100 hh/m<sup>2</sup></b>

### 14.03 Montaje de paneles verticales

Personal necesario	1 oficial 7 ayudantes
Rendimiento	160 m <sup>2</sup> /día <b>0,400 hh/m<sup>2</sup></b>

### 14.04 Aplomado, Alineación y

Colocación de mallas de refuerzo	
Personal necesario	1 oficial 4 ayudantes
Rendimiento	180 m <sup>2</sup> /día <b>0,222 hh/m<sup>2</sup></b>

### 14.05 Montaje de losa

Personal necesario	1 oficial 4 ayudante
Rendimiento	260 m <sup>2</sup> /día <b>0,154 hh/m<sup>2</sup></b>

### 14.06 Apuntalamiento de losa

Personal necesario	1 oficial 2 ayudante
Rendimiento	260 m <sup>2</sup> /día <b>0,092 hh/m<sup>2</sup></b>

### 14.07 Proyección mortero y raseado de superficies

Personal necesario	1 oficial 2 ayudante
Rendimiento	100 m <sup>2</sup> /día <b>0,240 hh/m<sup>2</sup></b> con maquina continua

### 14.08 Proyección mortero cara inferior forjados - 1ra. Capa

Personal necesario	1 oficial 2 ayudante
Rendimiento	100 m <sup>2</sup> /día <b>0,240 hh/m<sup>2</sup></b>

### 14.09 Vaciado Hormigón capa de compresión

Personal necesario	1 oficial 5 ayudante
Rendimiento	520 m <sup>2</sup> /día <b>0,092 hh/m<sup>2</sup></b>

### 14.10 Proyección mortero cara inferior forjados - 2da. Capa

Personal necesario	1 oficial 2 ayudante
Rendimiento	75 m <sup>2</sup> /día <b>0,320 hh/m<sup>2</sup></b>

Rendimiento general promedio: **1,871 hh/m<sup>2</sup>**

## 15 PROTOCOLO DE CONTROL DE OBRAS M2

### 15.1 CONFORMIDAD DE REPLANTEO



El espesor final de los muros estructurales será igual al espesor del núcleo de poliestireno expandido (EPS) del panel más la medida de las guías y más 2,5 mm que es el diámetro de la armadura transversal de la malla.

Con guías de 25 mm el muro tendrá un espesor promedio de recubrimiento total igual a 33,5 mm por cada cara mientras que con guías de 30 mm el espesor promedio por cara será de 38,5 mm. De ésta forma el espesor final de los muros será:

Guía 25 mm:      **ESPESOR TOTAL MURO = EPS + 67 mm**

Guía 30 mm:      **ESPESOR TOTAL MURO = EPS + 77 mm**

## 15.2 COLOCACIÓN DE ESPERAS

Las esperas se colocarán de manera tal que queden por delante de las malla de cada cara.

La separación longitudinal entre esperas no es fija y la comprobación de cálculo que se recomienda es la de absorber el máximo cortante en la base a través de las mismas considerando una resistencia de cálculo del acero  $f_{yc} = 100$  MPa. En la mayoría de los casos se puede adoptar 40 cm con disposición en zig-zag pues el cortante absorbido por ésta sección superaría siempre la condición expresada. La penetración en la cimentación será de 10 cm y deben sobresalir 40 cm para ser atadas a los paneles. (la separación del anclaje con varilla ó con platina será determinado por el diseño, de acuerdo a los requerimientos y tipo de proyecto)



### 15.3 APLOMADO DE MUROS Y APUNTALAMIENTO

Es conveniente para dar alineación longitudinal, colocar un larguero de adecuada rigidez en función de la longitud del muro, y apuntalar a tierra ese larguero. Se recomiendan los tubos de acero de sección cuadrada los que antes de colocarse en su posición serán verificados de su correcta línea.

Los largueros permitirán la colocación de las mallas de refuerzo dispuestas a 45° en las aristas de los huecos.



Los largueros deben atarse siempre de las zonas donde se encuentran los dobles conectores, y en caso de no poder hacerse esto, se deberá atravesar el panel con la atadura para sujetar el larguero desde la malla de la cara opuesta. Verificar siempre que los puntales estén clavados al suelo, para resistir la carga de viento.

Los paneles podrán montarse en el suelo en grupos de 3, 4 o 5 unidades y previo atado de los solapes de mallas y cortado de los vanos correspondientes a los huecos de ventanas, podrán colocarse en su sitio





#### 15.4 COLOCACIÓN MALLAS ANGULARES Y PLANAS DE CONTINUIDAD Y REFUERZO DE MONTAJE

Las mallas auxiliares son tramos de superficies de mallazos, construidas en el mismo acero que los mallazos de los paneles, con un diámetro de barras de 2,0 mm. Estas piezas son utilizadas para conseguir la necesaria continuidad de la armadura envolvente del EPS, donde la misma se encuentre interrumpida por corte o cambio de dirección.

Se elaboran con acero trellado y galvanizado de alta resistencia:



Límite de fluencia > 600 MPa  
Tensión de rotura > 680 MPa

Una vez alineados y aplomados todos los muros se podrán colocar las mallas de continuidad angular abarcando todas las aristas horizontales y verticales de los diedros formados.

Debe tomarse en cuenta que una vez colocadas las mallas de refuerzo angular ya no podrán corregirse las alineaciones y los aplomados de los muros, dada la rigidez que los paneles transversales aportan al sistema, aún en la etapa previa de montaje.





Las mallas angulares para las placas de losas podrán dejarse en espera. De igual modo las mallas para la continuación de muros vertical de fachada también pueden dejarse en espera.



## 15.5 REALIZACIÓN DE LOS ZUNCHOS DE ATADO

Es de fundamental importancia respetar la continuidad vertical de las capas de hormigón aplicadas en los muros, piso a piso, a través de los denominados “zunchos” que serán resueltos según detalle,, figuras 5 y 6 de la página 19 y figuras 6 y 7 de la página 19.



No se autorizará al hormigonado de la capa de compresión si no se verifica la correcta ejecución de tales “zunchos”, con las armaduras de refuerzo que en los detalles citados se indican.



La fotografía muestra el espacio libre para rellenar de hormigón en la unión entre el panel vertical y el losa. Sólo falta colocar la armadura pasante de 1  $\Phi$  6 separados según cálculo del cortante en la unión.



El espacio libre deberá ser de cómo mínimo de 60 mm y es recomendable que se lo realice con una holgura mayor (entre 80 y 100 mm) para asegurar que no se interrumpa la cara de carga en el EPS.

Puede sustituirse la malla angular de vinculación de la capa de compresión con el muro del piso superior mediante barras rectas pasantes desde el piso inferior, tal como se advierte en la fotografía anterior con una cuantía geométrica equivalente a la sección de acero del mallazo angular.



## 15.6 PREPARACIÓN DEL MORTERO INDUSTRIAL

Antes de proceder a la aplicación del mortero estructural deberá realizarse un chequeo final que compruebe la correcta colocación de todos y cada uno de los paneles verificando la alineación y aplomado de los mismos y la completa colocación de todos los refuerzos de mallas planas, angulares y varillas de acero corrugadas de refuerzo, según lo expresado en los puntos anteriores.

Es de gran importancia asegurar que las instalaciones embutidas ya hallan sido colocadas de manera tal de no necesitar apertura de rozas posteriores a la aplicación.

El primer punto a tratar es la verificación del mortero industrial.

Este debe proceder de fábricas que estén en posesión de un sello de calidad oficialmente reconocida.

Se exigirá al proveedor del mortero industrial, la entrega de la curva de endurecimiento del material, el que deberá presentar una resistencia a la rotura a los 28 días, mayor a 20 MPa, y un testificado de inspección del material que comprenda los ensayos de



calidad correspondientes al mes en curso. El testificado de inspección comprenderá la curva granulométrica de los agregados, los ensayos de compresión sobre probeta prismática reglamentaria de 40 x 40 x 160 mm y los ensayos de flexotracción.

Una vez aprobado el material, se procederá a la calibración de la máquina de proyección de acuerdo a las características del mortero industrial con el que se cuente en obra. Esa calibración consiste en la regulación del contenido de agua que la máquina aplica por unidad de tiempo, y dependerá de las siguientes características:

- 1- caudal de la máquina
- 2- peso aparente del mortero seco
- 3- contenido de agua recomendado por el fabricante
- 4- en caso de utilizarse máquinas de doble amasado, se deberá considerar la cantidad de mortero que pueda arrastrar el eje dosificador de la misma.

Para las máquinas de doble amasado con eje dosificador de:

Caudal	Agua
35 litros/minuto	420 litros/hora
50 litros/minuto	600 litros/hora

Para las máquinas de simple amasado

Caudal	Agua
18 litros/minuto	215 litros/hora
20 litros/minuto	240 litros/hora
22 litros/minuto	264 litros/hora

En las máquinas de simple amasado, tipo PFT modelo G54 se respetará estrictamente la indicación con una tolerancia de  $\pm 5\%$ . Es conveniente medir el caudal en obra con un cubo de capacidad conocida a los fines de obtener el caudal expresado en litros por minuto que una vez multiplicado por la constante permitirán obtener el caudal en litros por hora al que habrá que ajustar el hidrómetro de la máquina.

Una vez regulado, deberá ser verificado en forma permanente. Toda visita de control debe forzosamente controlar el estricto cumplimiento de la regulación establecida.

De esa manera, el material aplicado tendrá las características similares a las teóricas del material producido en central.

Es normal que al cambiar la altura manométrica del lugar de aplicación frente a la posición de la máquina, se modifique en más o en menos el caudal de mortero



amasado, y que por lo tanto se requiera de una nueva regulación que siempre deberá ser realizada en presencia del técnico autorizado.  
El mortero así amasado tendrá un escurrimiento en mesa de sacudidas de  $175 \pm 5$  mm

## 15.7 APLICACIÓN DEL MORTERO INDUSTRIAL

Para garantizar el recubrimiento de las armaduras se procede a colocar en obra unas maestras metálicas de medidas acordes al recubrimiento necesario a aplicar. Estas maestras son normalmente tubos de acero de sección cuadrada cuyos cantos van desde 20 hasta 40 mm según la Clase de Exposición ambiental correspondiente al lugar donde la obra se encuentre.

Dado que la tecnología M2 es un sistema pre-industrializado ya que la totalidad de los paneles que se emplean en obra son producidos en planta de producción bajo intensos controles de elaboración y donde sólo es "in situ" la aplicación del mortero, podemos considerar la Tabla 37.2.4 de la EHE (Instrucción de Hormigón Estructural) que fija claramente los recubrimientos necesarios:

Margen de recubrimiento:	5 mm
Recubrimiento mínimo en Clase de Exposición I:	15 mm
Ídem en Clase de Exposición IIa:	20 mm
Ídem en Clase de Exposición IIb:	25 mm
Ídem en Clase de Exposición IIIa:	30 mm

y así sucesivamente según el orden de la Tabla.

Luego, el recubrimiento nominal será igual a la suma del recubrimiento mínimo más el margen:

Clase I	20 mm
Clase IIa	25 mm
Clase IIb	30 mm
Clase IIIa	35 mm
Clase IIIb	35 mm
Clase IIIc	40 mm
Clase IV	35 mm
Clase Qa	40 mm

Entonces y tomando en cuenta los espesores que se aplican sobre la onda del panel resulta que para los casos normales, y empleándose maestras de 25 mm de canto



apoyadas en el mallazo base transversal (perpendicular a la onda) el recubrimiento de la armadura principal de 5 mm de diámetro es igual a 20 mm, apto hasta Clase de Exposición I.

Para la Clase Ila se emplean maestras de 30 mm de canto, y así sucesivamente según cada caso.

De esta manera queda garantizado el espesor de micro-hormigón a aplicar pues el operario rellena hasta cortar contra la maestra (maestreado) con un procedimiento de trabajo completamente habitual para cualquier operario, aún no especializado.



En la fotografía se aprecia la huella dejada por la maestra y los espesores de primera capa a la derecha y de segunda capa terminada por la izquierda.

En la siguiente fotografía se observa un muro preparado con maestras de tubo de acero de sección cuadrada:



El procedimiento de aplicación una vez colocadas las maestras es el siguiente:

- 1- Antes de comenzar conocer perfectamente la superficie a aplicar puesto que el proyectado debe realizarse sin interrupciones siempre que sea posible.
- 2- La aplicación a 3 o 4 cm. deberá realizarse en 2 pasadas.
- 3- En la primera pasada se debe cargar el producto hasta donde nos permita sin que se descuelgue, para lo que se recomienda utilizar un compresor de 400 litros de caudal para que el producto quede lo mas compactado posible.
- 4- La segunda pasada hasta alcanzar el espesor deseado se realizará en un intervalo de tiempo no mayor de 48 horas. En caso de pasar más de 48 horas deberá aplicarse un puente de adherencia.

De la maquinaria existente en el mercado, se recomiendan para la aplicación del producto, por sus características técnicas y de diseño las Plasterjet de MALTECH o las Cayman 30 de PFT, Turbosol Uni 30 o Puztmaister P13.

De gran importancia, como en todos los hormigones, resulta el proceso de curado al que deben ser sometidas las superficies de los muros. Un correcto curado consiste en permitir que tenga lugar el proceso de hidratación de los granos de cemento, evitando la evaporación del agua sobrante, para lo cual es necesario mantener la humedad superficial mediante regado con agua, particularmente durante las primeras 24 horas después de aplicada la segunda y definitiva capa de micro hormigón y especialmente en aquellas zonas de mayor exposición.



Puede aplicarse el mortero por caras completas, es decir las dos capas de la misma cara sin estar aplicado el mortero por la cara opuesta, hasta una altura máxima de 5,50 metros.

En casos de muros de mayor altura que no se encuentren arriostrados a elementos de rigidez, deberá procederse por caras de hasta 5,50 m a los efectos de ir auto equilibrando las cargas de peso propio. En tiempo caluroso, y dada la mayor velocidad de fraguado, podrá aumentarse la altura de aplicación de cada cara según criterio fijado por el monitor de M2.

En los losas se apuntalará mediante sopandas apoyadas en puntales, que estarán separadas entre sí una distancia máxima de 1,20 m.

Antes de apuntalar se aplicará un salpicado de mortero por la cara inferior a modo de mordente.

El apuntalamiento procurará una contraflecha del 2% de la luz libre entre apoyos.

Una vez apuntalado se procede a aplicar la 1ra. capa de mortero de la cara inferior la que deberá ser suficiente para cubrir las armaduras con un espesor medio de 20 mm.

Una vez realizada ésta tarea podrá entonces hormigonarse la capa de compresión que deberá curarse siguiendo los lineamientos indicados en los párrafos anteriores para el curado de muros.

En función de la curva de endurecimiento del hormigón o mortero aplicado, y previa verificación estructural se procederá al desapuntalado de los losas para completar la 2da. capa de recubrimiento inferior de acuerdo a las especificaciones de recubrimiento necesarias. A los fines solamente indicativos y para luces moderadas puede desapuntalarse a los 14 días.

No se autorizará el inicio de la aplicación de mortero con una temperatura ambiente menor de 5º C o cuando a juicio del responsable de M2 haya riesgo de congelación. No se podrá emplear líquidos anticongelantes y en general ninguna clase de aditivos sin la aprobación expresa del fabricante del mortero industrial, dado el riesgo de que se produzca una reacción química con alguno de los aditivos componentes del mismo.





No debe olvidarse que los losas durante su etapa de montaje, pueden estar sometidos a fuerzas de succión del viento y que por lo tanto deberán fijarse correctamente al suelo, atando adecuadamente las sopandas a los mismos. A los fines de calcular ésta fijación se considerará una carga de succión uniformemente distribuida de 40 Kg/m<sup>2</sup>.

### 15.8 HORMIGONADO DE LA CAPA DE COMPRESIÓN DE LOSAS

La capa de compresión de los losas podrá ser realizada en el mismo mortero industrial que el aplicado en los muros, o con hormigón tradicional proveniente de planta, la cual deberá estar en posesión de sello de calidad oficialmente reconocida, con ripio cuyo diámetro no supere los 15 mm.

Deberá ser de un espesor mínimo de 40 mm por sobre la onda del EPS. Para garantizar éste espesor se colocarán reglas guías de ésta medida durante el proceso de hormigonado.





## 15.9 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA

Los hormigones, tanto los realizados en obra como los suministrados desde una central que deberá poseer sello de calidad correspondiente, se controlarán según los criterios establecidos para el control estadístico. En la recepción del hormigón y mortero se solicitará el correspondiente albarán, debiendo ser realizados los ensayos por un Laboratorio externo acreditado. Para la realización del control se establecen los siguientes parámetros:

- Lote: Hormigón suministrado o realizado en obra en una semana.
- Extensión del lote: 50 m<sup>3</sup>
- Número de amasadas a controlar: 2 amasadas por lote.
- Número de probetas por amasada:
  - 3 probetas para rotura a 24 horas.
  - 3 probetas para rotura a 7 días.
  - 3 probetas para rotura a 28 días.

Las probetas deberán ser moldeadas en obra. No se admitirá el transporte de hormigón o mortero fresco a laboratorio externo, sino que obligatoriamente deberán tomarse las muestras en obra moldeando las probetas cilíndricas de 15 x 30 o prismáticas de 4 x 4 x 16 cm según corresponda a hormigón o mortero respectivamente, la que deberán ser cuidadosamente curadas y conservadas hasta su rotura. Esto es a los efectos de que no se segreguen los componentes ni se inicie el fraguado durante el traslado de la amasada al laboratorio de ensayos mecánicos.



Los moldes de probetas, particularmente los prismáticos, deberán ser verificados dimensionalmente y serán de marcas que posean sello de calidad a los efectos que las muestras moldeadas sean representativas.

Cuando el hormigón sea suministrado desde una planta que esté en posesión de Sello de Calidad oficialmente reconocida no será necesario realizar el control de recepción en obra de sus materiales componentes. En caso contrario se verificará:

- ARENA

Se comprobará al menos una vez durante la ejecución de la obra o cuando varíen las condiciones de suministro:

Granulometría

Tamaño máximo de los granos

Contenido de finos

Contenido de Materia Orgánica

Otras impurezas.

- AGUA

El agua de amasado deberá cumplir las prescripciones

- CEMENTO

Los cementos seguirán la normativa para la recepción de cemento y además estarán certificados por una marca de calidad.

Las probetas para ensayo del mortero serán normalizadas de 40 x 40 x 160.

La consistencia podrá medirse en Cono de Abrams o indistintamente en mesa de sacudidas.

Las barras de acero corrugadas a colocar en obra se controlarán según los criterios establecidos para el control a nivel normal. En la recepción del acero se solicitará el correspondiente Certificado de Garantía del fabricante, debiendo ser realizados los ensayos por un Laboratorio externo acreditado. Para la realización del control se establecen los siguientes parámetros:

- Partida:

Material suministrado a obra de una sola vez, de la misma designación y procedencia.

- Lote.

20 toneladas de acero de diámetro 6 mm

- Extensión del lote:



20 toneladas

En cada lote se realizarán los siguientes ensayos:

Dos comprobaciones de sección equivalente

Dos comprobaciones de características geométricas de los resaltos

Dos comprobaciones de doblado-desdoblado

En el transcurso de la obra se determinará al menos en dos ocasiones en una probeta de cada suministro:

Límite elástico

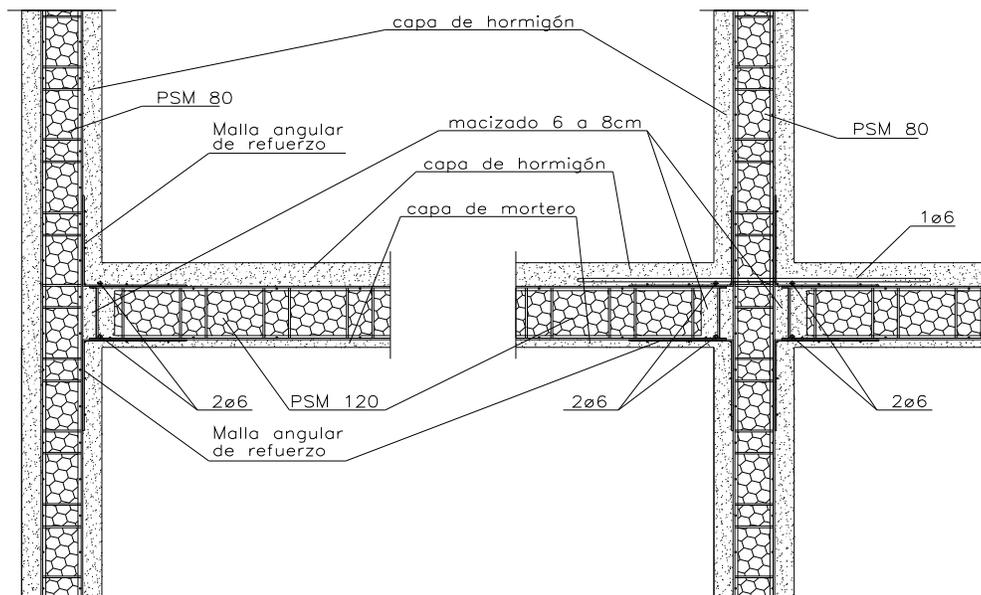
Carga de rotura

Alargamiento de rotura.

## 16 DETALLES CONSTRUCTIVOS GENERALES

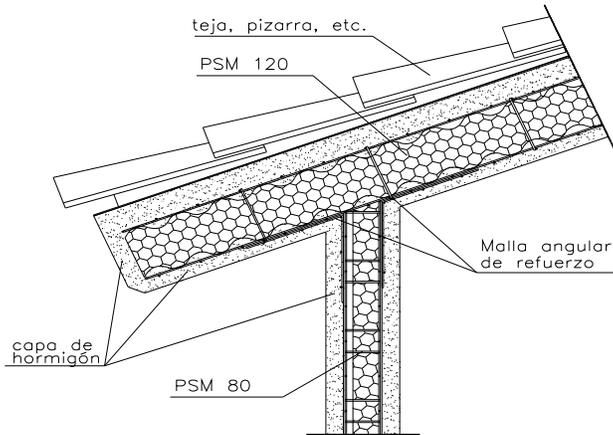
### 16.1 ENCUENTROS ENTRE MURO Y LOSAS

El tipo de panel representado en dibujo en meramente indicativo

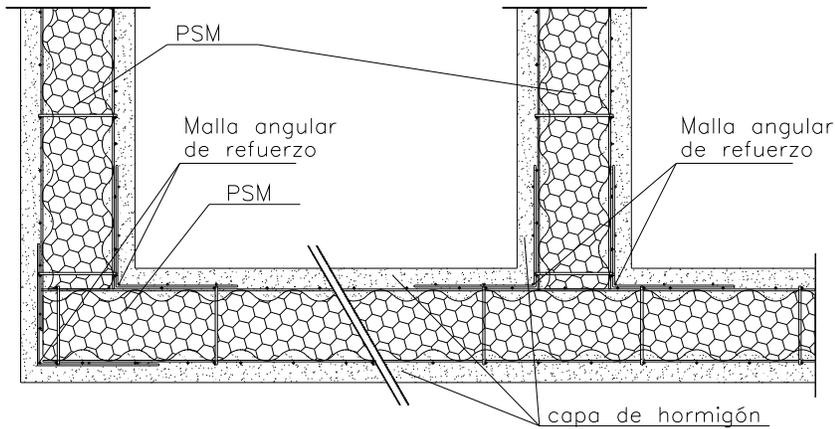




**16.2 ENCUESTRO ENTRE MURO Y CUBIERTA INCLINADA**

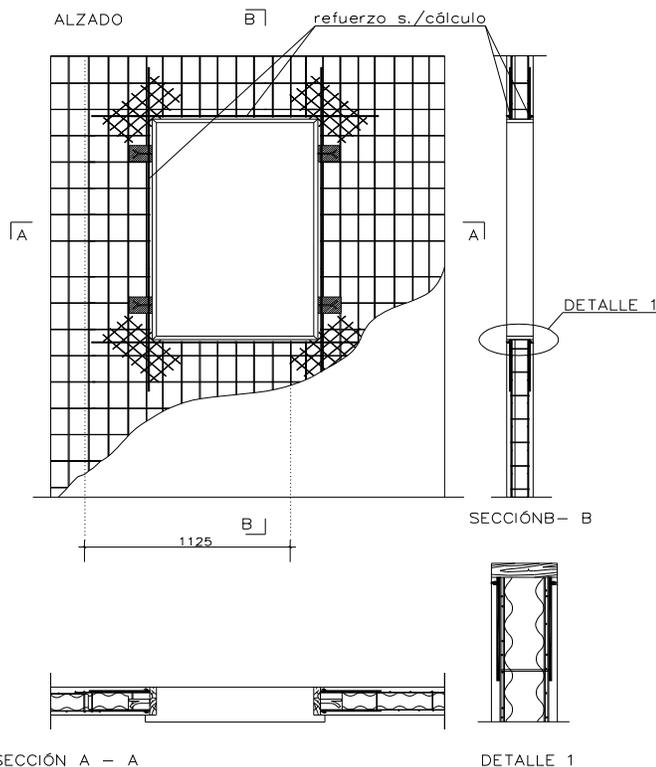


**16.3 SECCIÓN HORIZONTAL**



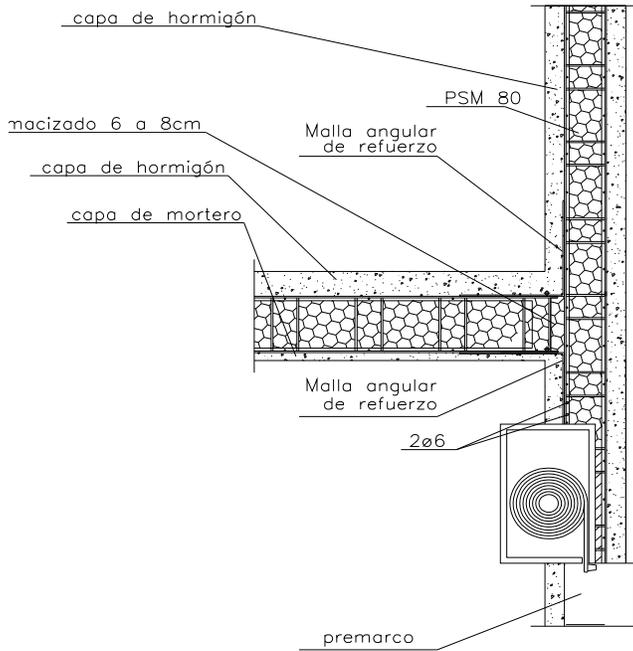
**16.4 HUECOS DE VENTANAS**



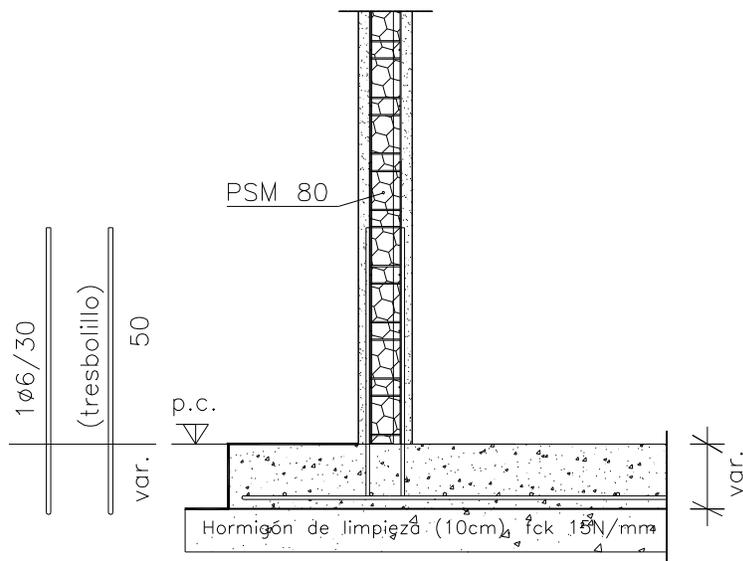


**16.5 PERSIANAS**

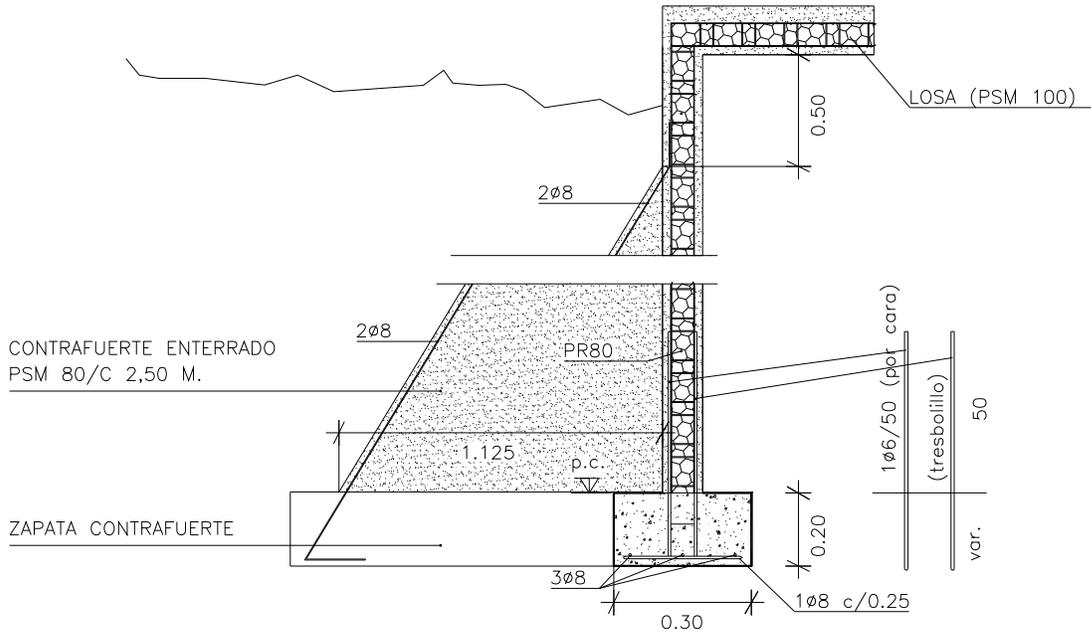




**16.6 UNIÓN A LA CIMENTACIÓN**

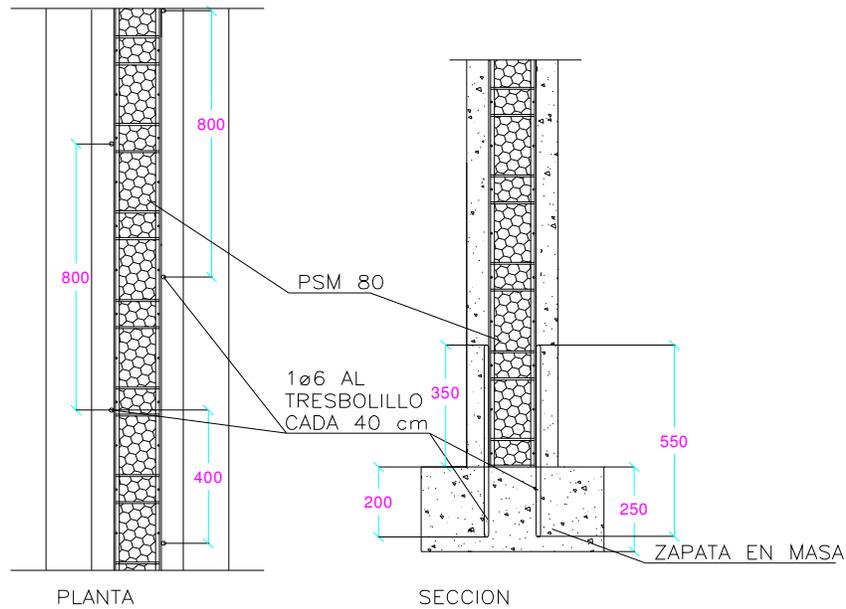


**16.7 CIMENTACIÓN CON CONTRAFUERTE**

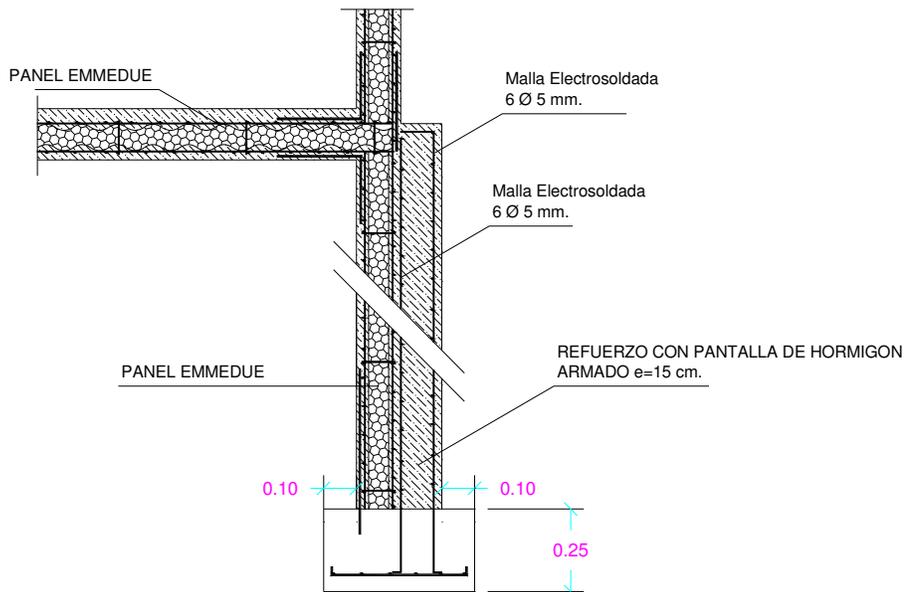


**16.8 ANCLAJE ENTRE MURO Y CIMENTACIÓN**



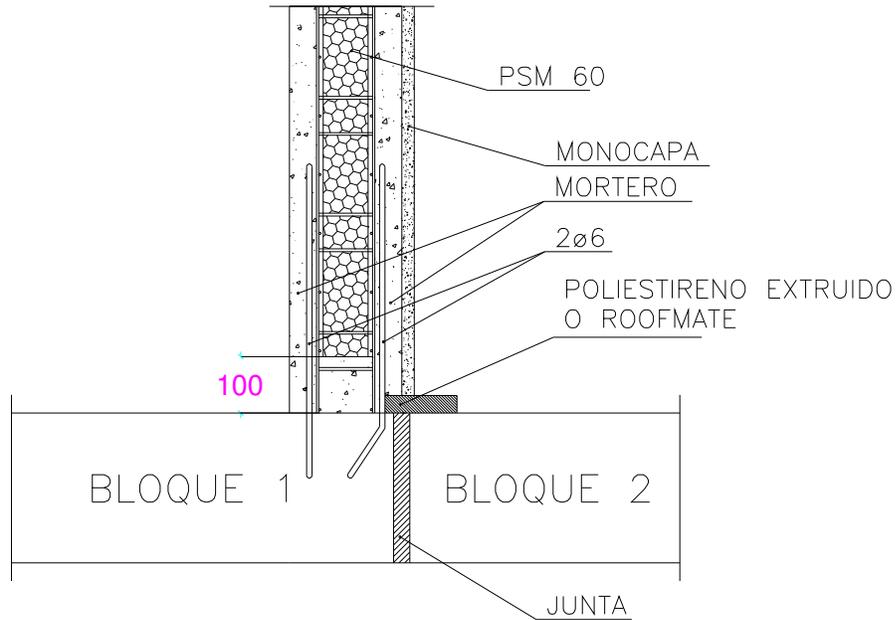


## 16.9 DETALLE CON MURO DE CONTENCIÓN DE HºAº ADOSADO

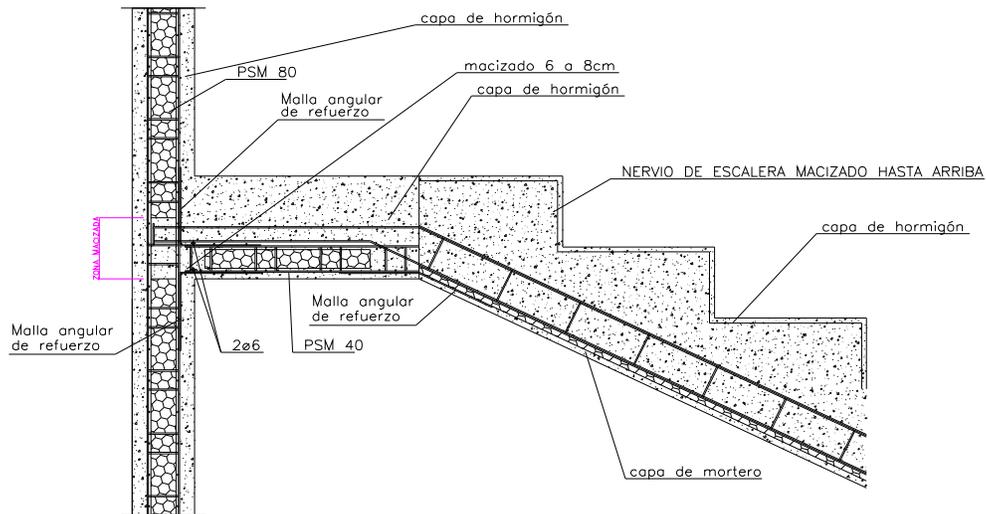




**16.10 DETALLE DE JUNTA CONSTRUCTIVA**



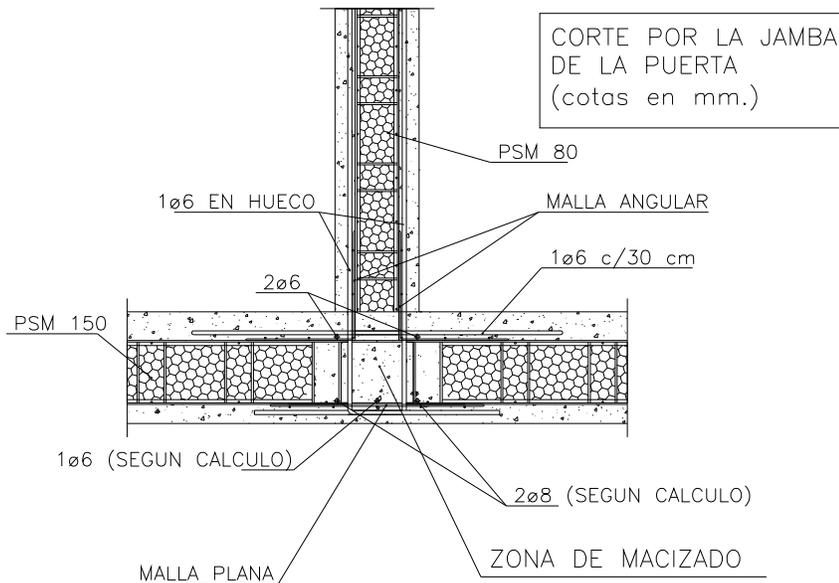
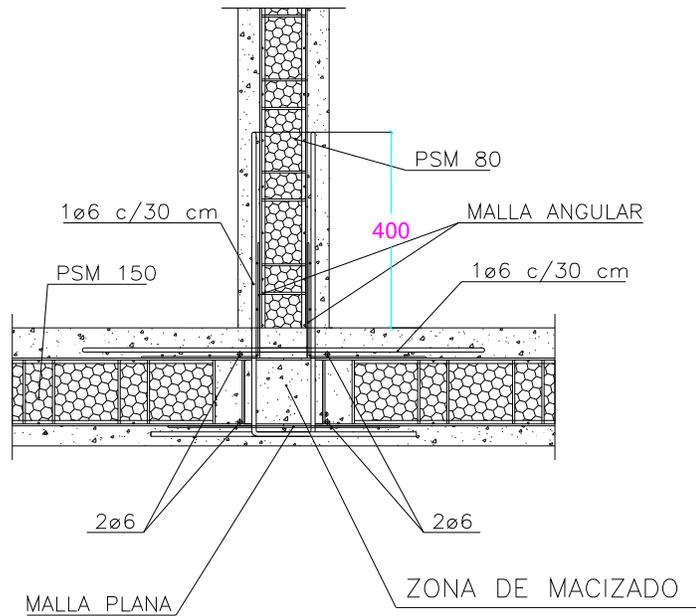
**16.11 ENCUENTRO TIPO ESCALERA CON MURO**



SECCION POR NERVIO DE ESCALERA

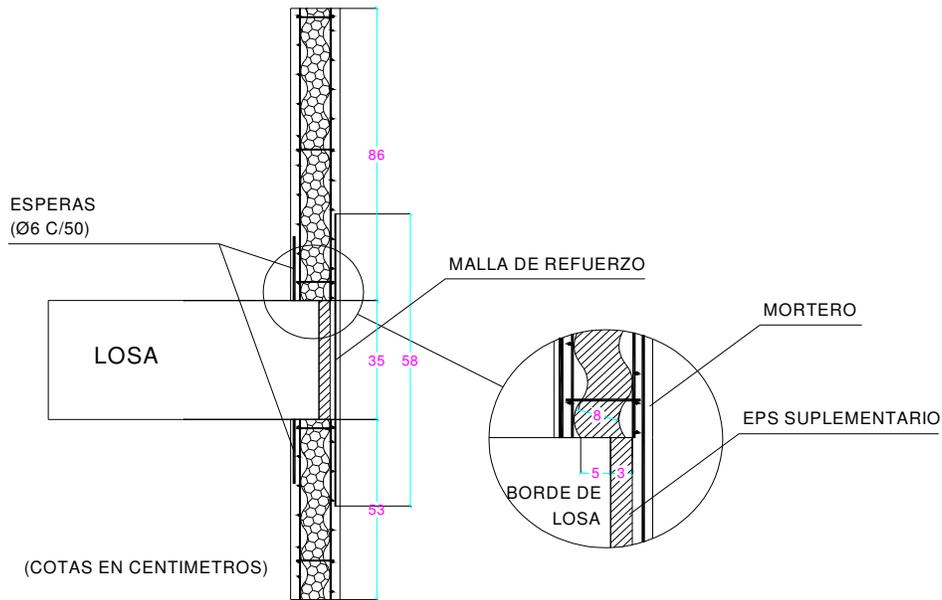
**16.12 LOSA SUSPENDIDO DE MURO ACTUANDO COMO VIGA**



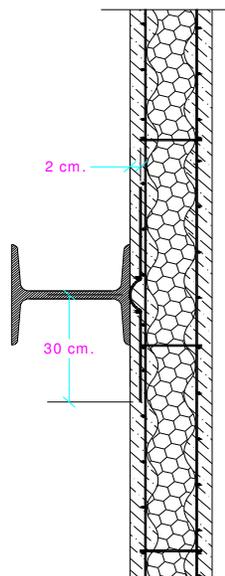


**16.13 PANEL SUSPENDIDO DE LOSA**



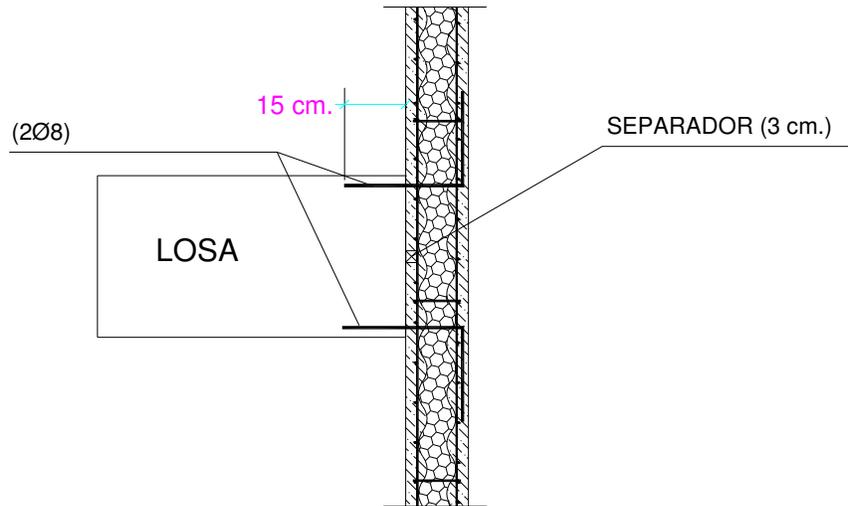


**16.14 FIJACIÓN DE PANEL A PILAR METÁLICO**



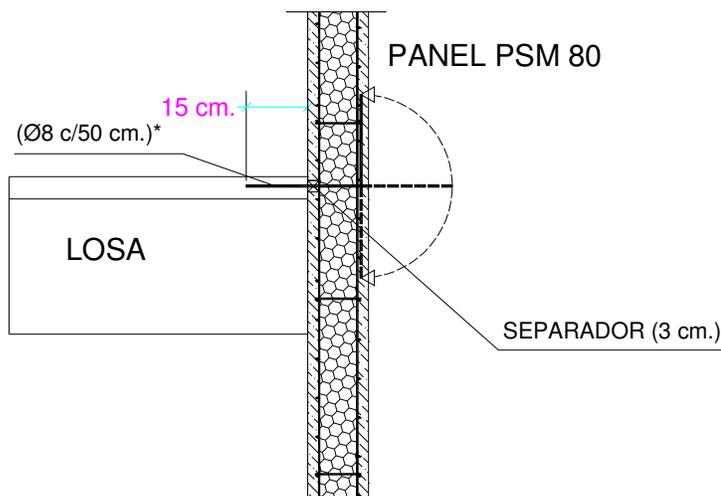
**16.15 PANEL PASANTE POR LOSA 1**





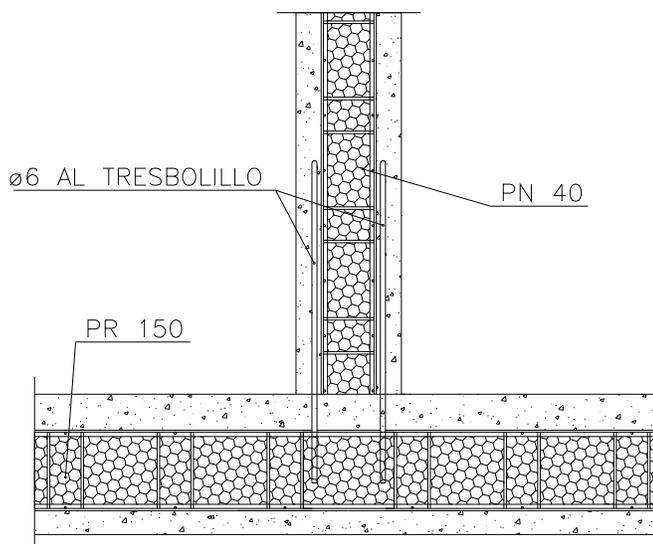
**16.16 PANEL PASANTE POR LOSA 2**





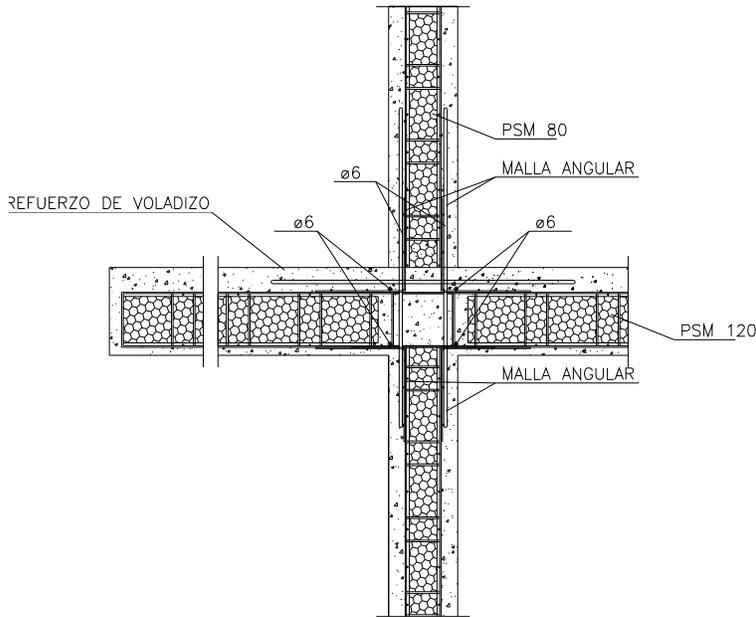
\*Se doblarán alternativamente hacia arriba y hacia abajo como se muestra en el detalle.

**16.17 TABIQUE QUE NACE DE LOSA**

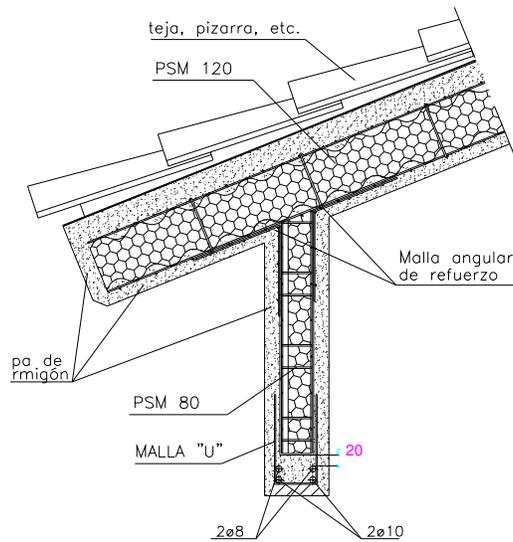




**16.18 VOLADIZO EN MURO CON CONTINUIDAD**

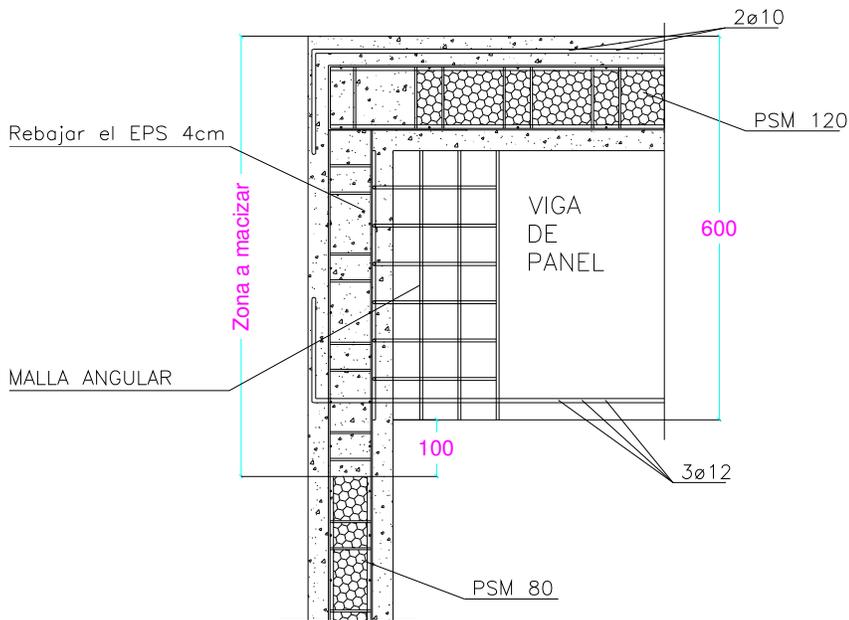


**16.19 VIGA CARGADERO EN CUBIERTA INCLINADA**

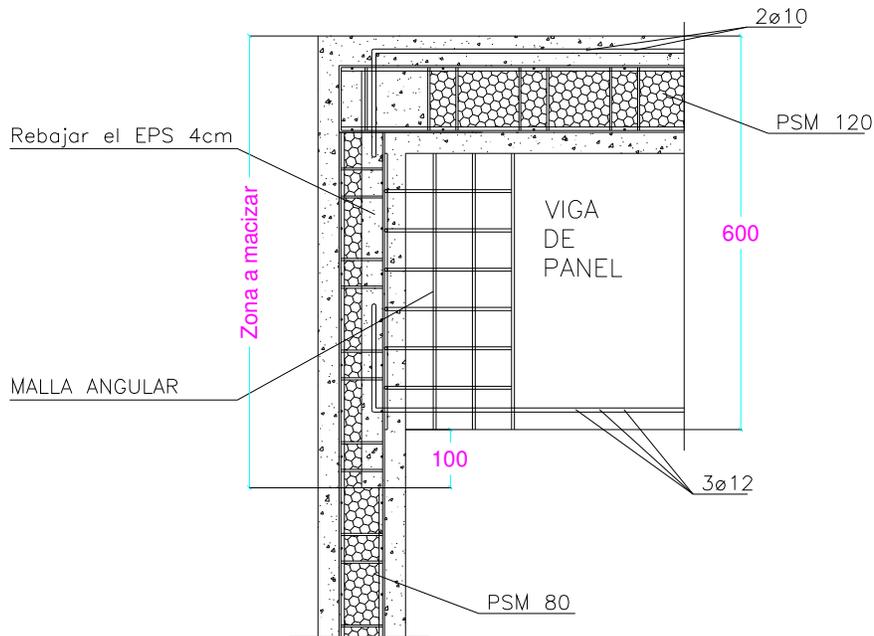




**16.20 ENCUENTRO VIGA - MURO**

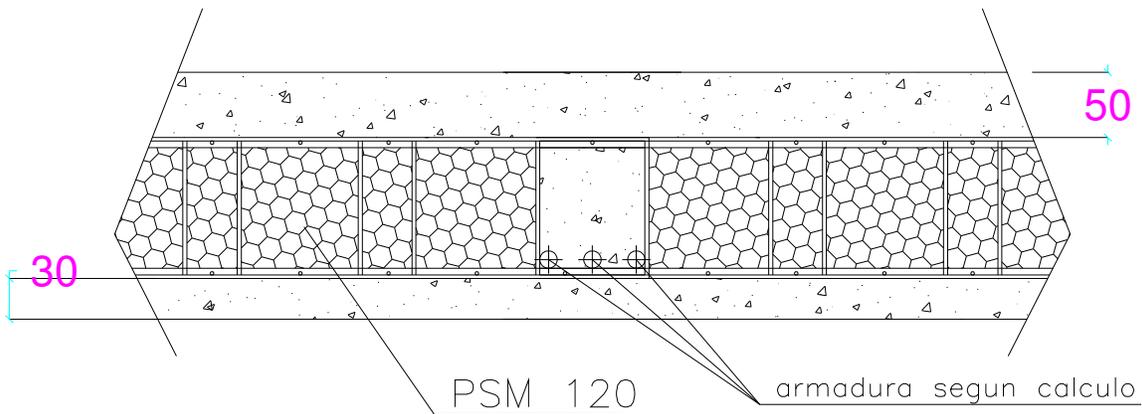


**16.21 ENCUESTRO VIGA- MURO 2**

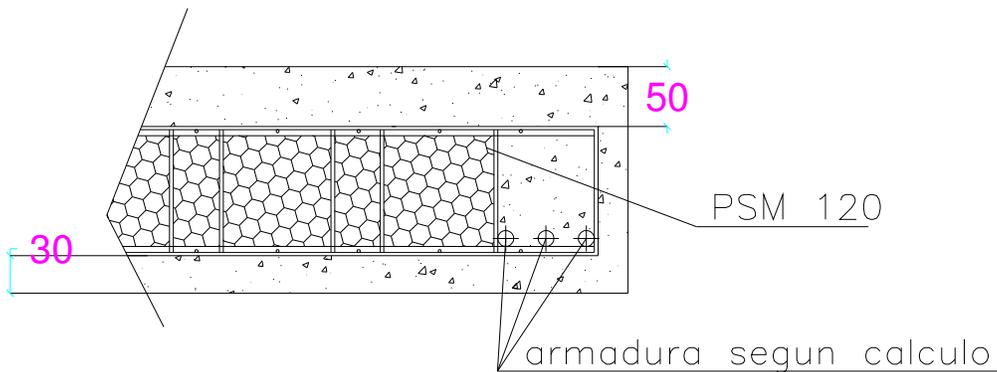


**16.22 VIGA PLANA ARMADA A POSITIVOS**



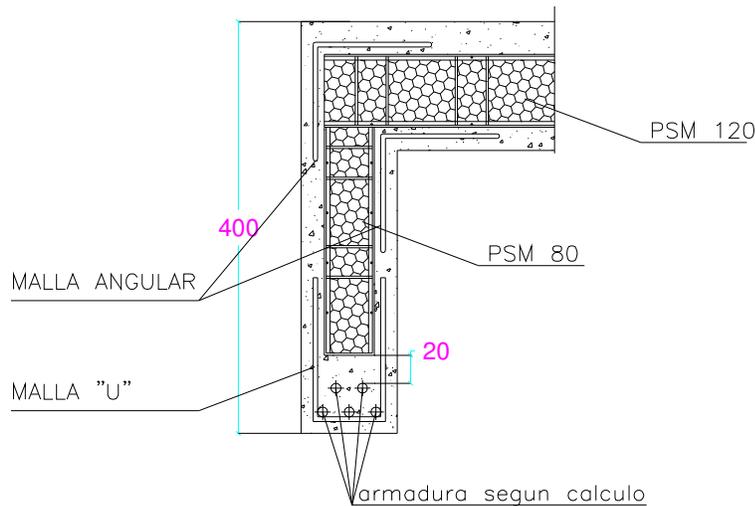


**16.23 VIGA DE BORDE PLANA ARMADA A POSITIVOS**

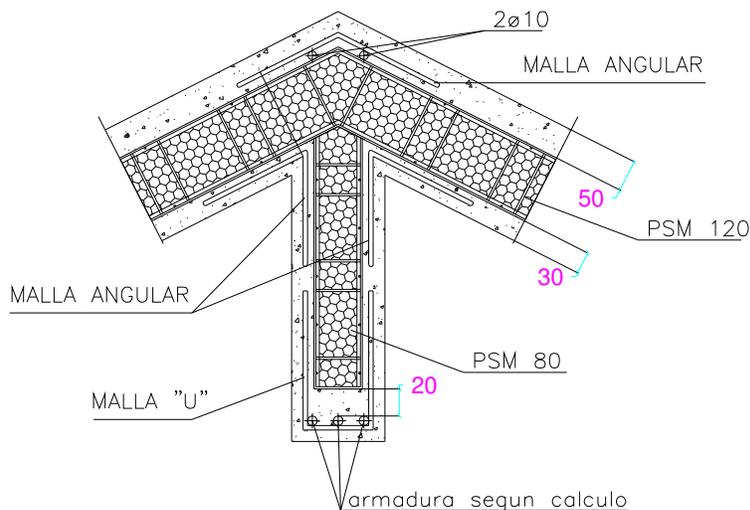


**16.24 VIGA DE BORDE DE CANTO**

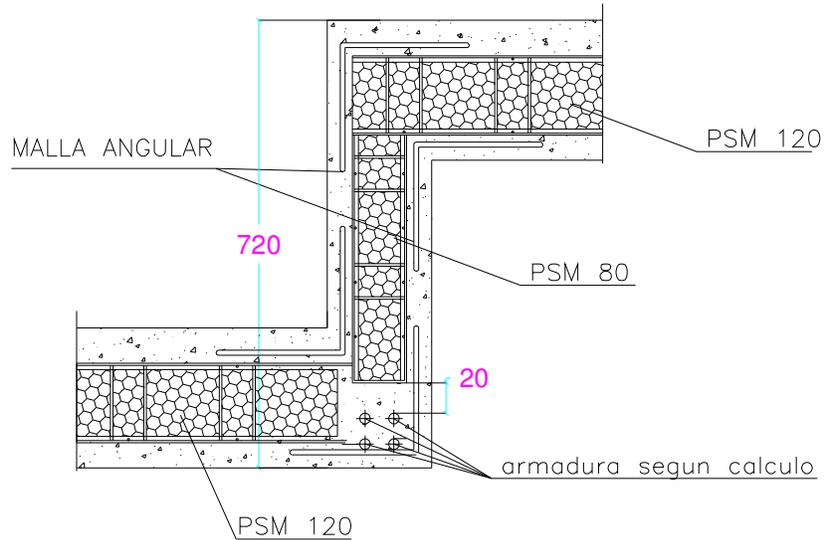




**16.25 VIGA DE CUMBRERA**

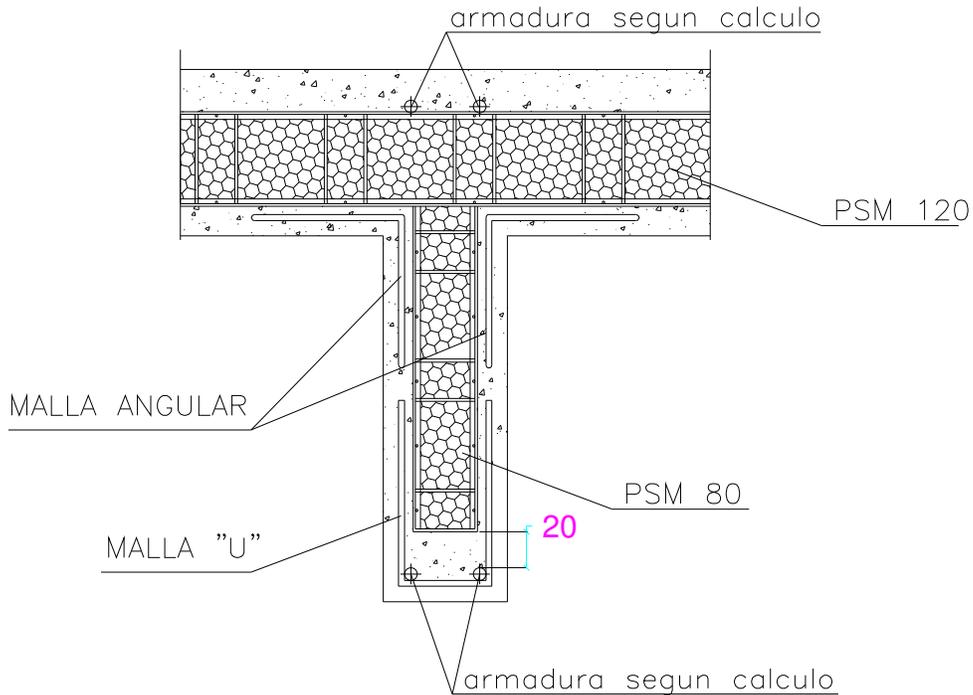


**16.26 VIGA EN DESNIVEL**



**16.27 VIGA INTERIOR DE CANTO**





**Importante:** Los Tipos de panel, los refuerzos y armaduras que aparecen en los detalles anteriores son meros ejemplos. Los tipos y refuerzos de los encuentros de cada Proyecto se determinarán según los cálculos y verificaciones correspondientes.

