

S.G.G.  
Consulting&services  
srl

sistema costruttivo antisismico isotermoacustico

**SISTEMA DE PREFABRICACION  
EN LA CONSTRUCCION TRADICIONAL**

**TECNOLOGIA**  
Memoria Tecnica General

## INDICE

1. INTRODUCCION AL SISTEMA
2. VENTAJAS DEL SISTEMA
3. MATERIAS PRIMAS
4. LA PLANTA DE PRODUCCION DE PANELES  
DESCRIPCION DEL CICLO PRODUCTIVO
5. CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS PANELES
6. PROYECTO DE UN EDIFICIO CON PANELES
7. APLICACION EN OBRA DE LOS DIFERENTES COMPENENTES
8. ELEMENTOS PREFABRICADOS – DETALLES CONSTRUCTIVOS

### ELEMENTOS PREFABRICADOS

#### SUB-SISTEMA 1

#### DETALLES DE ENSAMBLADO Y CONTINUIDAD

#### SUB-SISTEMA 2

#### DETALLES DE ENSAMBLADO Y CONTINUIDAD

## 1 INTRODUCCION AL SISTEMA CONSTRUCTIVO

El sistema constructivo representa una de las propuestas tecnológicamente mas avanzadas y ventajosas en cuanto a tiempo de ejecucion y balance economico global de una obra, sobre todo para programas de realizaciones intensivas de unidades a nivel mundial, como lo demuestra la gran expansion y difusion en los diferentes continentes.

La idea base se funda en la posibilidad de combinar, en condiciones ventajosas, la exigencia estructural y de aislamiento termico y acustico de las construcciones de hormigon armado y bloques en general (sistema tradicional).

El objetivo se alcanza con notables ventajas a traves del desarrollo tecnologico de un panel prefabricado (modular) de tipo ligero, constituido por una placa de poliestireno expandido y resistente al fuego (EPS-RF) de densidad oportuna, con dos mallas electrosoldadas de acero galvanizado.

Dicho panel se completa sucesivamente en obra con aplicacion de hormigon, segun diferentes procedimientos de ejecucion.

El sistema permite de este modo la realizacion de elementos constructivos verticales como muros (de carga, tabiques, etc.) y horizontales como forjados de entrepisos y cubiertas inclinadas segun el proyecto arquitectonico especifico.



## 2 VENTAJAS DEL SISTEMA

Las ventajas de tipo técnico constructivo y económico, que constituyen la peculiaridad del sistema respecto al sistema de construcción tradicional y de prefabricación pesada, se pueden sintetizar de la siguiente manera:

2.1 Los elementos constituyentes del sistema son flexibles, permite la adaptación a las exigencias arquitectónicas del proyecto con facilidad, a través de la realización de diferentes formas planas o curvas de muros o de forjados.

Los paneles presentan además una óptima versatilidad en obra, antes de aplicar el hormigón, permitiendo el corte de los vanos necesarios (puertas, ventanas, etc) como así también la realización de las canales para el pasaje de tubos de electricidad, fontanería, etc. De este modo, aplicando mallazos de refuerzo donde se halla interrumpido la continuidad del armado y luego de la aplicación del hormigón, se obtiene un muro perfectamente continuo y monolítico en su parte estructural. Todo esto con notable economía de tiempo y calidad en la ejecución.



2.2 Respecto al sistema de prefabricación pesada, los paneles, con su peso variable entre 5 y 15Kg/m<sup>2</sup> aproximadamente, son ligeros hasta el momento del ensamblado en obra; solo luego del hormigonado, al cual se debe el correcto comportamiento estático de la estructura, los paneles adquieren el peso definitivo. La característica mencionada de ligereza de los componentes representa una ventaja en cuanto a la facilidad en la movimentación en las diferentes fases, desde la producción hasta el ensamblado en obra,

el cual se puede realizar manualmente por el mismo personal, sin necesidad de maquinas o equipos particulares.

Ademas, el transporte desde la fabrica hacia la obra se realiza con camiones o medios alternativos, obteniendo de este modo un coeficiente entre la capacidad de carga y volumen a transportar aproximadamente igual a uno. Esto significa que todo el volumen util de transporte se ocupa con paneles, sin espacios vacios, cosa que normalmente no se llega a realizar con el sistema de prefabricacion pesada.

2.3 El montaje en obra de los paneles requiere de sistemas de encofrado simples (para alineamiento y aplomado de los muros). El hormigonado interior se realiza con bomba si se trata de hormigon de central o tambien por medio de la cuba, si se dispone en obra de una grua. Las modalidades operativas son de facil actuacion y de facil realizacion aun con personal no especializado. La aplicacion del enfoscado superficial en el exterior del muro se realiza con enfoscadoras automaticas aplicando el mortero directamente bombeado del silo de precarga.

2.4 Los diferentes tipos de paneles, la distribucion del acero interior y superficial en los mismos como asi tambien el perfil de las placas de poliestireno han sido estudiados de manera tal que se obtenga una optimizacion de los distintos componentes de los paneles en funcion a las normas vigentes en cada pais. En Europa la norma de aplicacion al respecto es el Eurocodigo 2, el cual reglamenta las dimensiones minimas de cada uno de los componenets del panel.

2.5 Las estructuras de construcciones realizadas con el sistema pueden ser realmente definidas como monoliticas en el sentido mas amplio de la palabra. Efectivamente se puede notar como se garantiza la continuidad estructural entre los elementos verticales y horizontales, continuidad que se garantiza a traves de la colocacion de mallas de refuerzo (angulares y planas) las cuales quedan embebidas en el hormigon colocado en la fase de hormigonado de muros y forjados. Es evidente como la continuidad estructural ofrece ventajas notables respecto al comportamiento de los nodos estructurales mas aun en presencia de acciones tipicas dinamicas, como por ejemplo las acciones sismicas.

La caracteristica "monolitica" puede ser atribuida sin ninguna duda al tipo de aislamiento termico ofrecido. Efectivamente se puede notar la ausencia total de "puente termico" por la presencia continua del elemento aislante sobre toda la superficie directamente en contacto con el ambiente exterior.

2.6 Las estructuras realizadas con el sistema necesitan en general de una cimentacion continua de dimensiones reducidas ya que en este tipo de estructura con muros de carga se obtiene una reparticion uniforme de las acciones verticales soobre el perimetro de la construccion. De este modo resulta evidente el ahorro de costo de la misma cimentacion (en particular para construcciones con un modesto numero de alturas).



2.7 A traves de la colocacion en obra de los paneles , operacion que se realiza con notable semplicitad y rapidez, se ejecuta contemporaneamente la estructura, el aislamiento termico-acustico y el cerramiento exterior e interior.

En el caso particular de panel de tipo doble, las placas de poliestireno comprendidas entre las mallas de acero, unidas entre ellas, constutuyen un encofrado perdido para el hormigonado del nucleo central portante del muro, sin necesidad de colocar los normales encofrados del tradicional.

Una simplificacion al sistema constructivo se puede actuar en el caso de viviendas de un solo nivel, con vanos de cubierta modestos; en esta situacion es posible la construccion de muros y losa de cubierta con un panel de tipo simple.



2.8 La placa de poliestireno se dimensiona, con espesor y densidad, de modo que responda a las caracteristicas de confort habitacional, segun las condiciones climaticas locales de cada pais. En caso de necesidad, sobre todo en paises con condiciones climaticas rigidas con temperaturas por debajo de 0°C en diferentes meses del año, se podra intervenir en la



superficie del panel con una barrera al vapor a través de la aplicación de materiales compatibles con la producción del elemento.

Para concluir, el sistema ofrece una solución óptima a los problemas estructurales y de confort habitacional, con notables ventajas económicas que desde la fase de construcción se extienden al mismo uso de las construcciones. Efectivamente la contribución hacia el ahorro energético debido a la notable capacidad aislante es importante y determinante, sobre todo cuando las condiciones climáticas locales requieren de una instalación de centrales de calefacción y/o refrigeración de los locales.



### 3. MATERIA PRIMA

Los materiales utilizados en la producción de los paneles y que aseguran desde el inicio la función portante y la función de aislamiento térmico y acústico son los siguientes :

#### 3.1 Alambre de acero galvanizado con bajo contenido de carbono y con tensión de rotura $f_{tk} > 700 \text{ N/mm}^2$ .

El diámetro variable de 3,0 a 3,5mm en función a la posición y empleo en la formación de la malla electrosoldada. El suministro del acero hacia la fábrica se realiza en bobinas de aproximadamente 500Kg cada una. El bajo contenido de carbono (inferior a 0,10%) es necesario según las exigencias de soldabilidad del acero al momento de la preparación de la malla. Dicha soldadura se realiza automáticamente a través del pasaje de corriente eléctrica (soldadura por punto). La presencia del acero galvanizado deriva de la exigencia en garantizar una protección directa contra fenómenos de oxidación (fenómenos hipotizables aunque improbables) debidos a una protección insuficiente por parte del recubrimiento de mortero exterior.

La malla de acero que constituye la armadura del interior del panel doble ha sido proyectada según lo establecido por la reglamentación europea en materia (Eurocodigo 2), es decir un redondo # 8/20cm verticalmente y # 6/15cm horizontalmente. Se utiliza un acero nervado con característica FeB44K.

#### 3.2 Poliestireno expandido, de calidad definida y certificada según las normas vigentes en los distintos países productores, adaptado para ser expandido y tratado con aditivos que lo hacen autoextinguible o "mejorando el comportamiento al fuego" (EPS-RF). La materia prima se suministra en contenedores de cartón o "octabins" de 1000Kg/cada uno, los cuales se pueden almacenar por periodos inferiores a 4 semanas.

##### 3.2.1 Datos Generales sobre el Poliestireno Expandido (EPS)

*El poliestireno es una importante materia plástica, conocida en diferentes aplicaciones desde hace más de 40 años, sobre todo en la solución de problemas de aislamiento térmico en edificios. En Italia el material se produce según la norma vigente UNIPLAST UNI 7819-88 y según indicaciones del Istituto Italiano dei Plastici (IIP).*

*La materia prima se presenta en granos de aspecto vetroso (perlas) de varias granulometrías, según los empleos a la cual será destinada.*

*El poliestireno, con el aditivo específico, se expande en dos fases hasta obtener bloques con la densidad requerida (normalmente para la fabricación de paneles se utilizan*

dos densidades 15Kg/m<sup>3</sup> y 25Kg/m<sup>3</sup>), los cuales se cortan sucesivamente en placas de forma y espesor deseado en función al tipo de panel específico.

La absorción por capilaridad es prácticamente cero, como así también la absorción del agua contenida en el aire.

El coeficiente de dilatación térmica del EPS asume una importancia modesta, aun en las aplicaciones caracterizadas por dilatación térmica impedida, esto debido al reducido valor del módulo de elasticidad lineal lo cual hace insignificante las reacciones de vínculo.

### 3.2.2 Comportamiento del EPS en el tiempo

El EPS no constituye nutrimento para algún ser viviente, comprendidos los microorganismos, no se deteriora ni envejece.

Es químicamente estable y biológicamente el EPS no constituye peligro de contaminación ambiental en fase de producción ni de uso.

Las pruebas sobre la influencia que los factores ambientales, como temperatura y humedad, y las sollicitaciones de trabajo tienen sobre las características del EPS, muestran que puede garantizar por un período prácticamente ilimitado las características iniciales.

### 3.2.3 Comportamiento al fuego del EPS

El EPS como compuesto de carbono e hidrógeno es, por naturaleza un material combustible.

La descomposición inicia a 230-260°C con emisión de vapores, pero solo a 450-500°C se obtiene la inflamación. La sucesiva propagación de la llama es espontánea en el EPS normal, pero necesita de una notable cantidad de oxígeno y por lo tanto de aire de combustión (aproximadamente 130 veces su volumen).

Tales cantidades de aire no son inmediatamente disponibles cuando el EPS se encuentra protegido por el revestimiento con hormigón o mortero, como en el caso de paneles.

En el caso del EPS-RF, tratado con aditivos, la propagación del fuego cesa si se elimina el efecto que causa la llama. En particular el EPS-RF quema si se expone directamente a la llama y en el interior de un incendio generalizado; así también suministra un modesto aporte en términos de balance energético del incendio, en relación a la reducida masa volumétrica que posee.

Las normas, clasificando el comportamiento de los materiales combustibles, colocan generalmente el EPS normal al último lugar, mientras el EPS-RF al primer lugar.

La combustión puede desarrollarse, con emisión de gases tóxicos pero no corrosivos, esencialmente monóxido de carbono como cualquier otro material de madera, pero en cantidades mucho más reducidas para volúmenes iguales.

#### 4. LA PLANTA DE PRODUCCION DE PANELES

##### DESCRIPCION DEL CICLO PRODUCTIVO

La tecnología de producción de paneles, partiendo de la materia prima anteriormente descrita, prevee inicialmente dos ciclos de trabajo distintos, respectivamente para el acero y para el poliestireno y un tercer ciclo común para la confección final de los diferentes tipos de paneles.

4.1 La transformación del acero galvanizado y del acero nervado tradicional comprende las siguientes fases:

4.1.1 Enderezado y corte a medida del acero

4.1.2 Soldadura automática de los diferentes diámetros para la formación de las mallas con dimensiones según el proyecto específico.

4.2 La transformación del EPS comprende las siguientes fases:

4.2.1 Pre-expansión con vapor de los granos de poliestireno y almacenamiento intermedio por el tiempo necesario hasta el secado (aproximadamente 4 horas)

4.2.2 Expansión final del producto pre-expandido en forma de bloques de dimensiones normales para la formación de placas de EPS de ancho estándar de 1120mm y longitud variable, con espesor normal de 1000mm para densidad 15Kg/m<sup>3</sup> o 500mm para densidad 25Kg/m<sup>3</sup>.

4.2.3 Almacenamiento de los bloques de EPS para la "maduración" de secado, operación que en condiciones normales puede requerir algunos días.

4.2.4 Escuadrado de los bloques secados y corte en placas de forma y dimensión, en función al tipo de producto.

Los descartes eventuales pueden ser triturados y reciclados en bajo porcentaje en la producción de bloques de EPS, siempre que sean limpios y libres de cuerpos extraños.

4.3 La producción del panel

La producción del panel típico se produce a través de la formación de un "sandwich" constituido por dos mallas electrosoldadas entre las cuales se interpone una placa de EPS. Las dos mallas exteriores se unen rigidamente a través de conectores de acero galvanizado de #3,0mm, colocados perpendicularmente a las mallas, y electrosoldados a las mismas, atravesando la placa de poliestireno. Dichos conectores se colocan con un paso de 150mm en paneles simples y forjados y con paso de 75mm para paneles de tipo doble.

4.4 El ciclo de producción se completa con algunas operaciones, que se realizan fuera de la línea automática. De estas las más frecuentes resultan las siguientes:

4.4.1 Electrosoldadura de los conectores por medio de una punteadora giroscopica, generalmente requerido solo en el lado inferior de los primeros paneles de cada tipo que salen de la maquina ensambladora automatica.

4.4.2 Corte y doblado a 90° de las mallas segun especificaciones de construccion.

## 5. CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS PANELES

Dejando de lado en este momento las consideraciones sobre el comportamiento estatico de los paneles , completados en obra por hormigonado in situ, se desea describir las otras características de los paneles que asumen caracter de mayor interes en las situaciones aplicativas.

- Aislamiento termico y comportamiento higrometrico
- Aislamiento acustico
- Resistencia al fuego

### 5.1 Aislamiento termico y comportamiento termoigrometrico

La placa de EPS, de espesor y densidad requerida, es el elemento al cual el panel debe esencialmente la propia capacidad de aislamiento termico. La conductividad termica del EPS, medida con los metodos establecidos por las diferentes normas (en Italia UNI 7745 y 7891), esta ligada en modo significativo a las condiciones de temperatura de empleo y en particular a la masa de volumen. La conductividad se mantiene estable, asumiendo valores minimos alrededor de densidades entre 30-60Kg/m<sup>3</sup> y aumentando desplazandose fuera de estas densidades.

Indicativamente la conductividad termica (T=20°C) del EPS de calidad con densidad variable entre 15 y 25 Kg/m<sup>3</sup>, empleado en la produccion de paneles , varia entre 35 y 40 mW/m<sup>2</sup>K.

La determinacion de las características de aislamiento termico de los paneles, que aunque tratandose del mismo tipo puede presentar espesor diferente y/o calidad del EPS utilizado en los mismos, se puede efectuar con los normales procedimientos de calculo termotecnico. La resistencia a la difusion del vapor expresa como cociente (adimensional) entre el espesor de aire y de EPS equivalente. A fines de la resistencia al pasaje del vapor varia, en funcion de la densidad del EPS entre:

20:40 (minimo)	y	40:70 (maximo)
(dens. 15Kg/m <sup>3</sup> )		(dens.25Kg/m <sup>3</sup> )

El comportamiento termoigrometrico del EPS es funcion directa de las condiciones de humedad y temperatura del aire en el interior y en el exterior del muro en cuestion, de la produccion interna de vapor y de la entidad de la renovacion del aire del ambiente examinado.

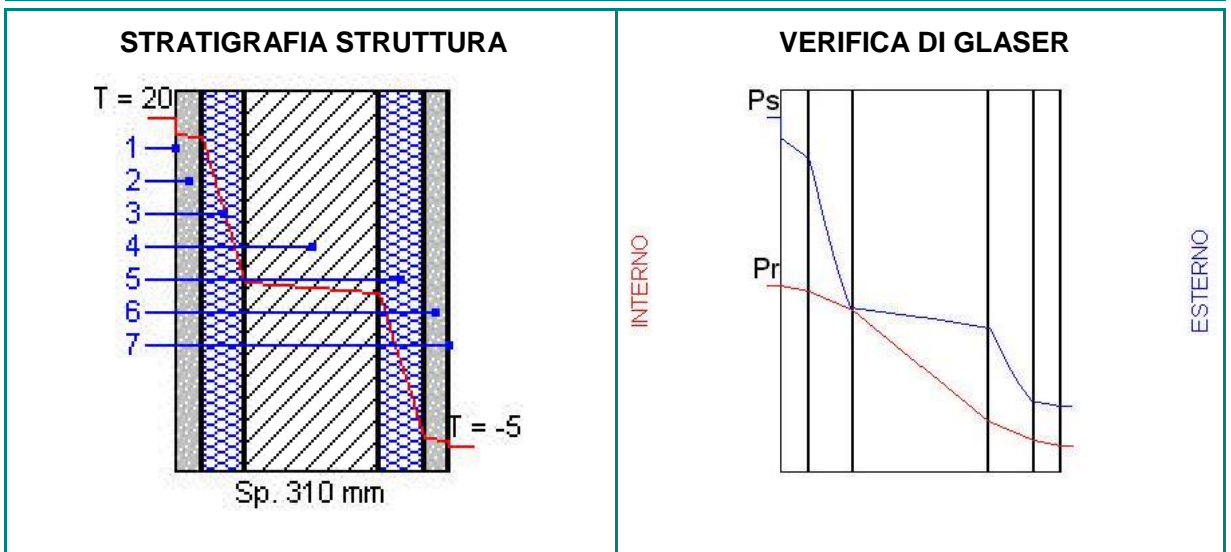
## CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

**Codice Struttura:** MR.01.002

**Descrizione Struttura:** Pannello portante doppio realizzato con due elementi in polistirene dello spessore di 5 cm che creano un'intercapedine di 15 cm riempita di cls Rck = 300 kg/cmq.

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	Malta di calce o di calce e cemento.	30	0.900	30.000	1 800	8.500	0.033
3	Polistirene espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi - mv. 25	50	0.043	0.858	25	3.750	1.166
4	CLS di aggregati naturali - a struttura chiusa pareti protette - mv.2200.	150	1.484	9.890	2 200	1.950	0.101
5	Polistirene espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi - mv. 25	50	0.043	0.858	25	3.750	1.166
6	Malta di calce o di calce e cemento.	30	0.900	30.000	1 800	8.500	0.033
7	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



**SPESORE = 310 mm**

**TRASMITTANZA = 0.375 W/m²K**

**RESISTENZA = 2.669 m²K/W**

### VERIFICA IGROMETRICA

CONDIZIONE	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]	Te [°C]	Pse [Pa]	Pre [Pa]
SITUAZIONE LIMITE (vedi grafico)	20.0	2 339	1 216	-5.0	421	156
CONVENZIONALE INVERNALE (60 gg)	20.0	2 339	1 170	-5.0	421	379
CONVENZIONALE ESTIVA (90 gg)	18.0	2 065	1 446	18.0	2 065	1 446

**Dalla Verifica Convenzionale risulta che la struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.**

**Nella situazione limite la struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.**

Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna.

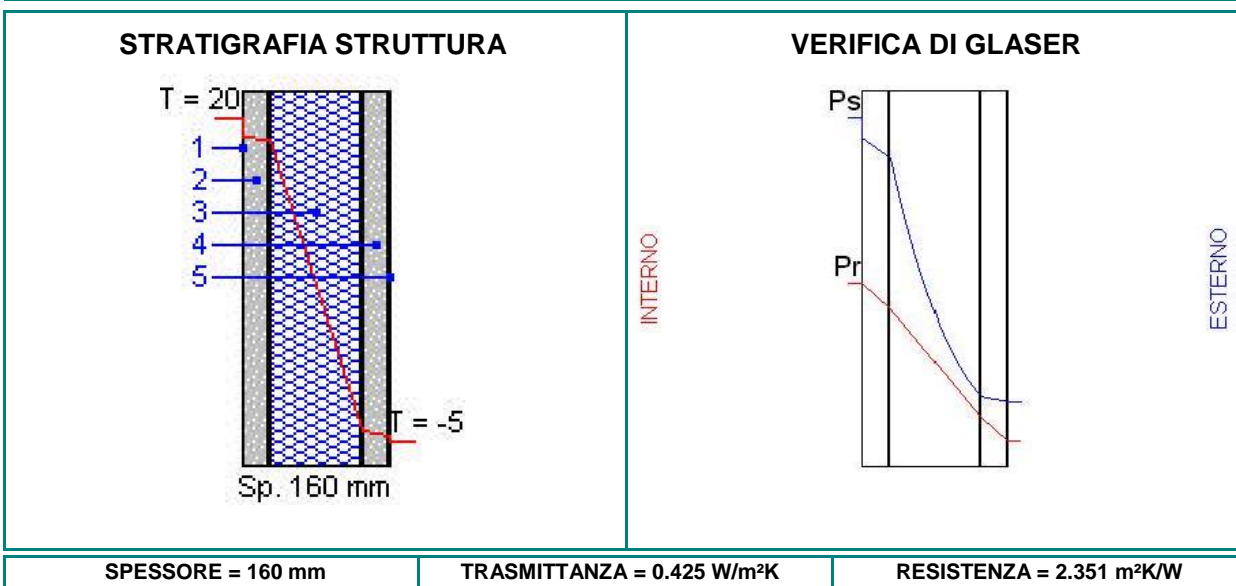
## CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

**Codice Struttura:** MR.01.019

**Descrizione Struttura:** Pannello singolo realizzato da un elemento in polistirene dello spessore di 10 cm e due strati di betoncino spruzzato.

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	Malta di calce o di calce e cemento.	30	0.900	30.000	1 800	8.500	0.033
3	Polistirene espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi - mv. 15	100	0.047	0.473	15	6.250	2.114
4	Malta di calce o di calce e cemento.	30	0.900	30.000	1 800	8.500	0.033
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 vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati



VERIFICA IGROMETRICA						
CONDIZIONE	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]	Te [°C]	Pse [Pa]	Pre [Pa]
SITUAZIONE LIMITE (vedi grafico)	20.0	2 339	1 216	-5.0	421	156
CONVENZIONALE INVERNALE (60 gg)	20.0	2 339	1 170	-5.0	421	379
CONVENZIONALE ESTIVA (90 gg)	18.0	2 065	1 446	18.0	2 065	1 446
<b>Dalla Verifica Convenzionale risulta che la struttura è soggetta a fenomeni di condensa, la quantità stagionale di condensato è pari a 0.0857 Kg/m², tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva.</b>						
<b>Nella situazione limite la struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.</b>						
<small>Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna.</small>						

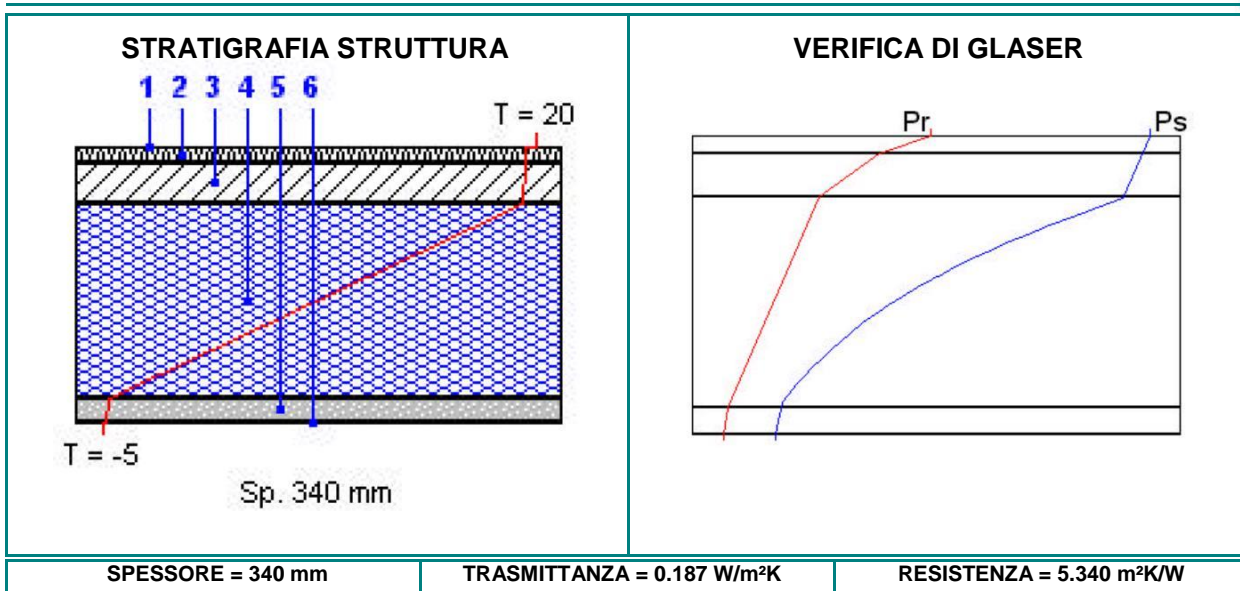
## CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

**Codice Struttura:** SL.01.002

**Descrizione Struttura:** Solaio 20+4

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	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 Superiore	0		7.700			0.130
2	Piastrelle.	20	1.000	50.000	2 300	0.940	0.020
3	CLS di aggregati naturali - a struttura chiusa - pareti protette - mv.2200.	50	1.484	29.670	2 200	1.950	0.034
4	Polistirene espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi - mv. 15	240	0.047	0.197	15	6.250	5.074
5	Intonaco di calce e gesso.	30	0.700	23.333	1 400	18.000	0.043
6	Adduttanza Inferiore	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 vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati



VERIFICA IGROMETRICA						
CONDIZIONE	Ts [°C]	Pss [Pa]	Prs [Pa]	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]
SITUAZIONE LIMITE (vedi grafico)	20.0	2 339	1 216	-5.0	421	156
CONVENZIONALE INVERNALE (60 gg)	20.0	2 339	1 170	-5.0	421	379
CONVENZIONALE ESTIVA (90 gg)	18.0	2 065	1 446	18.0	2 065	1 446

**Dalla Verifica Convenzionale risulta che la struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.**

**Nella situazione limite la struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.**

Ts = Temperatura superiore; Pss = Pressione di saturazione superiore; Prs = Pressione relativa superiore; Ti = Temperatura inferiore; Psi = Pressione di saturazione inferiore; Pri = Pressione relativa inferiore.

Vale la pena recordar, en terminos generales, como cada vez que la superficie de un muro o de una piso ideal interno se encuentra a una temperatura inferior al punto de rocío de la mezcla agua-vapor (desplazada bajo la diferencia de presión existente a los lados opuestos del muro), se verifica el fenómeno de la condensación.

En casos donde la verificación teórica lleva a la posibilidad de producción de la condensación en el interior del muro en condiciones climáticas con bajas temperaturas, persistente por largos periodos, es obligación la colocación de una barrera al vapor, obtenida mediante la impermeabilización de la superficie interna de la placa de EPS, operación que se puede realizar con el uso adecuado de productos aislantes químicamente compatibles con el EPS.

## 5.2 Aislamiento acústico

Han sido efectuadas pruebas directas sobre paneles de diferente composición con la finalidad de determinar el poder fonoisolante.

Los resultados de las pruebas, realizados en cámaras de resonancia, según norma ISO140/111, realizadas en un panel de tipo simple, con un espesor medio de 95mm y EPS densidad 12Kg/m<sup>3</sup> y espesor 40mm, asignan al panel una “clase de transmisión sonora” (STC) 35.

En cuanto al panel de tipo doble, que presenta un núcleo central de hormigón, con espesores mínimos de 100mm, la “clase de transmisión sonora” (STC) puede variar de 45 a 47, prestandose como solución óptima para aislar de ruidos con frecuencias medias y altas.

## 5.3 Resistencia al fuego

Las características de comportamiento al fuego del EPS se han tratado en el capítulo relativo a la materia prima. En las aplicaciones el EPS se halla protegido en obra por un espesor de hormigón armado, que impide el inmediato contacto del material combustible con las llamas.

En el caso de incendio, la protección del enfoscado retarda y de todas maneras rechaza el inicio de eventuales aspectos negativos propios del comportamiento del EPS expuesto a las llamas sin alguna protección.

El resultado de las pruebas realizadas en Italia y en Brasil en laboratorios oficiales según las normas vigentes, han suministrado, para el panel simple de espesor mínimo, una resistencia al fuego mínima de 30 minutos si se usa como muro vertical de carga y de 40 minutos si se usa como cubierta.



En el caso de muros con panel de tipo doble, en las cuales la capacidad portante esta dada por el hormigon armado en el nucleo central, se demuestra como en general el conjunto constructivo de las dos placas de EPS y de los sucesivos revestimientos externos de enfoscado determinan hacia la placa interna de hormigon una notable resistencia estructural al fuego. Se hace mencion en particular a la memoria especifica, presentada a parte, donde se calcula la resistencia al fuego de un muro coble, con un nucleo de hormigon de 15cm de espesor, obteniendo un valor de  $R < 180'$  en la condicion de maxima sollicitacion normal hipotizable para el muro en ejercicio.

## 6. PROYECTO DE UN EDIFICIO CON PANELES

El sistema constructivo se basa en el uso coordinado de paneles prefabricados que se producen normalmente con ancho modular de 1120mm y de longitud variable en funcion a las características del proyecto y exigencias constructivas.

Indudablemente las exigencias de economia en la realizacion de "edificios tipo" requieren un estudio de optimizacion en el uso de los elementos prefabricados, sobre todo con la finalidad de limitar las diferencias de tipologia.

Es muy importante la funcion que asume la fase de proyectacion, ademas para evitar errores sistematicos que llevan a una diferenciacion tipologica elevada.

Por ejemplo, en el caso de muros de un edificio, la mencionada diferenciacion tipologica puede ser facilmente generada por un proyecto no modular del desarrollo de los muros como asi tambien la poca atencion en el dimensionado y posicionado de puertas y ventanas.

En general los descartes son inevitables generados por el corte de placas fuera de la medida standard o debidos al corte de paneles para la generacion de los angulos de encuentro de muros o tambien por la generacion de cubiertas inclinadas o por cualquier exigencia de tipo funcional.

De esta manera el proyecto constructivo debe tomar en consideracion la posibilidad de reutilizo de las piezas cortadas mas interesantes (por ejemplo para el utilizo en dinteles o antepechos de ventanas). Actualmente provee al suministro de piezas cortadas a medida segun el proyecto de manera tal de evitar trabajos adicionales en obra sobre las placas, las cuales llegan con un numero especifico el cual determina la posicion en el muro especifico.

En lo que se refiere al proyecto estatico de los elementos portantes (paneles verticales y forjados) se observa rapidamente como el forjado de entrepiso (o de cubierta) se realice con un encofrado perdido de poliestireno y presente una estructura final de hormigon armado (seccion "T") similar a un forjado con bovedillas de ceramica.

Para estos tipos de forjados el calculo estatico es exactamente igual a los forjados tradicionales.

En cuanto a las características de calculo estatico para los muros verticales, se hace referencia a un proyecto basado, segun las actuales normas, sobre la base de resultados de pruebas experimentales realizadas en algunos laboratorios italianos.

Para un conocimiento especifico del problema derivado de la estatica de las estructuras verticales se hace mencion en la relacion tecnica especifica identificada con el titulo: "Sistemi costruttivi con pannelli - Caratteristiche meccaniche – Verifiche di stabilità".

## 7. APLICACION EN OBRA DE LOS DIFERENTES COMPONENTES LA CONSTRUCCION

7.1 Los materiales de obra tipicos para el montaje de los paneles pueden ser descriptos de la siguiente manera:

- Perfiles de aluminio 60x60mm con foros pasantes para el alineamiento y puesta a plomo de los muros antes del hormigonado. Puntales de registro.
- Herramientas para uso manual como pinzas, tenazas, ranas, grapadora neumatica para la union de paneles, clips, generador de aire caliente para la realizacion de canales en el EPS para el pasaje de instalaciones electricas y de fontaneria, etc.
- Andamios y escaleras de servicio.
- Planta de hormigonado con capacidad adecuada a los volumenes de hormigonado en programa (en caso no se prevea el uso de hormigon suministrado directamente desde la central).
- Central de enfoscado preconfeccionado con bomba automatica para la aplicacion con el metodo "spritz-beton" sobre muros verticales e intrados de forjados.

N.B. Una indicacion grafica esquematica de los utensiles especificos para la colocacion en obra de los paneles se describe en la adjunta Tav 1.

7.2 El almacenamiento de los paneles en obra se realizara en un lugar idoneo para evitar danos de cualquier tipo. El tiempo de deposito e intervalo entre la colocacion de paneles y el completamiento con el hormigonado tendran que ser razonablemente limitados para evitar una excesiva exposicion del EPS a los rayos ultravioletas de la luz solar, que pueden alterar la consistencia superficial del poliestireno con la consecuente reduccion de adherencia del enfoscado.

7.3 El completamiento en obra del sistema requiere generalmente dos tipos de hormigon:

- Hormigon para el vaciado de paneles dobles y de forjados con perfil clasico
- Enfoscado preconfeccionado para el revestimiento superficial del panel doble portante o simple usado como tabique. En caso de panel simple utilizado como elemento portante en estructuras de dimensiones modestas, se debera utilizar un mortero dosificado con inertes particulares y cemento.

Para el hormigon tradicional utilizado en el vaciado de paneles dobles y forjados, se tendran en cuenta todos los requisitos especificados por la normativa vigente en materia.

Para el enfoscado de revestimiento se tendran que prestar particulares atenciones sobre la calidad y aplicacion del material a "spritze-beton" con el utilizo de turbo bomba.

Se debera prestar particular atencion a la granulometria de los agregados, para los cuales se debera preveer un diametro maximo de 5-7mm. La proporcion agua/cemento sera mantenida entre 0,5 y 0,55 naturalmente teniendo en cuenta el contenido de agua presente en los agregados.

El dosaje medio de cemento para obtener un mortero suficientemente plastico y de facil aplicacion, sera entre 380-420Kg/m<sup>3</sup>, obviamente en funcion de la resistencia final que se desea obtener del producto.

De todas maneras sera oportuno efectuar siempre el control de la consistencia y trabajabilidad del mortero a gunitar mediante "slump test" (Cono de Abrams): la medida del cono tendra que ser mantenido en 5cm. Se debera prestar especial atencion en reducir al maximo el fenomeno negativo de retraccion del mortero rico de cemento, evitando sobre todo condiciones ambientales desfavorables protegiendo las superficies de bruscas variaciones climaticas. En casos particulares y para evitar completamente la formacion de micro fisuraciones superficiales por retraccion se podran utilizar microfibras de polipropilene dosificadas en el momento de produccion del mortero en maquina.

Se recuerda tambien la necesidad, durante la realizacion de la obra, de los controles sobre las propiedades mecanicas de los hormigones realizados, controles que se efectuaran segun lo previsto en la norma vigente.

7.4 Informaciones generales sobre la colocacion de paneles en obra Fases de montaje

7.4.1 Cualquiera sea el tipo de cimentacion, en relacion a la intensidad de las cargas y a las características del terreno, la parte superior del sistema de cimentacion sera constituida

por una estructura continua de hormigon armado, de la cual sobresalen una serie de hierros destinados al amarre con la malla de armado de los paneles portantes.

- 7.4.2 Los paneles verticales destinados a muros de carga (identificados en fase de suministro a obra con un numero) se colocan a lo largo del perfil de cimentacion de manera tal que entren en contacto con los hierros de espera.

Los paneles se unen entre ellos a traves de las lineas de superposicion de las mallas en ambos lados por medio de clips metalicos colocados con una maquina neumatica o mediante la colocacion en obra de mallas de refuerzo (previstas en los encuentros entre muros o muro y forjado, en los bordes de las aberturas de puertas y ventanas y en otros puntos singulares de manera tal de obtener la continuidad total de la malla interior y exterior) obteniendo de este modo una estructura monolitica luego de la aplicacion del hormigon.



- 7.4.3 El alineamiento y aplomado final de muros verticales se garantizan durante el montaje a traves de encofrados livianos especificos, con los cuales se asegura la estabilidad de los elementos antes de proseguir con las fases sucesivas.

- 7.4.4 La colocacion de los elementos prefabricados para forjados de entresijos y/o de cubierta se podra realizar en fases de tiempo diferentes al ensamble de los muros, pero de todas maneras luego de haber efectuado el hormigonado en el interior de los paneles dobles.

El hormigonado de forjados, luego del armado de la vigueta interior segun la armadura requerida por el calculo estatico, como asi tambien las jacenas y correas perimetrales, requiere de un encofrado constituido por tirantes de madera colocados a una distancia de aproximadamente 70cm entre ellos para un forjado de espesor 20+4cm, para limitar la deformacion del panel bajo carga.

Una simplificacion en el encofrado mencionado podra ser actuada si en la fase de colocacion del forjado se pre hormigonan las viguetas del panel (luego de haber colocado la vigueta de celosia), con lo cual el panel adquiere caracteristicas de

autoresistencia. En este modo se pueden colocar los tirantes de madera a una distancia de 140cm entre ellos.



7.5.4 La colocacion de tubos flexibles para la instalacion electrica como asi tambien la tuberia rigida para fontaneria y calefaccion, se realizara luego del hormigonado interior de los paneles dobles y antes del enfoscado para los paneles simples. Las regatas para el pasaje de dichas tuberias se realizan con el auxilio de un generador de aire caliente de aprox. 2000W con el cual el poliestireno se derrite creando el espacio necesario para el paso de la tuberia. En el caso de tubos rigidos, normalmente se requiere el corte de la malla electrosoldada, la cual se reconstituye sucesivamente con el empleo de una malla adicional sobrepuesta y fijada con los clips metalicos.

7.5.5 La aplicacion de las capas de completamiento del enfoscado sobre las superficies verticales y horizontales del forjado, se realiza con material preconfeccionado a traves de una lanza alimentada por una turbo bomba la cual recibe el material desde un silo precargado y lo mezcla automaticamente. Las caracteristicas del material empleado en esta operacion son exactamente las mismas que se emplean en la estructura tradicional. Normalmente la aplicacion del enfoscado se realiza en dos fases, obteniendo:

- Una primera capa hasta cubrir la superficie de la malla de refuerzo
- Una segunda capa de nivelacion seguida del fino de terminacion.



La terminación en correspondencia del canto de puertas y ventanas, sobre los cuales se coloca anticipadamente una malla doblada adicional que abraza el panel y se une a las dos mallas externas del panel, se puede realizar con un contramarco provisorio o con el contramarco de la puerta o ventana prevista, fijando de esta manera los estribos de anclaje del contramarco.

En el caso de edificios en altura, la secuencia de las fases se repite de forjado en forjado y entrepisos, controlando que las cargas de los elementos en altura sobre los elementos hormigonados en los pisos inferiores se predisponga luego de una correcta maduración del hormigón estructural.



Así mismo se deberá controlar la intensidad de la carga transmitida por el forjado a hormigonar sobre el forjado hormigonado. Se aconseja mantener en obra los puntales del forjado inferior de manera tal que la transferencia de las cargas llegue a descargar sobre forjados con hormigón maduro o directamente a la cimentación.

Una vez completada la estructura al “grueso” del edificio, se continúa con la fase de terminación, que comprenden la realización de la cubierta, la colocación de puertas y ventanas, la colocación de pavimentos, pintura, instalaciones, etc.

Las operaciones descritas se ilustran sintéticamente en modo gráfico en las páginas 1 y 2 siguientes.



## 8. ELEMENTOS PREFABRICADOS – DETALLES CONSTRUCTIVOS

En el sistema industrializado se distinguen dos tipos a los cuales se hace referencia a dos tipos de paneles portantes verticales:

SUB SISTEMA 1: construcciones en las cuales la estructura portante vertical esta constituida por **paneles simples**.

SUB SISTEMA 2: construcciones en las cuales la estructura vertical esta constituida por **paneles dobles**.

Para los dos sub sistemas indicados se describen a continuacion los detalles mas importantes de los elementos constituyentes como asi tambien las características salientes, los nodos de union y detalles de anclaje entre elementos verticales y horizontales.

## ELEMENTOS PREFABRICADOS

Tav. NYS04-10	Panel simple para muro de carga: espesor medio de las capas de recubrimiento de hormigon exterior 4+4cm.
Tav. NYS04-10	Panel simple para tabiques interiores (no portante).
Tav. NYD10-15	Panel doble para muro de carga: espesor del nucleo interno de hormigon variable de 10 a 15cm.
Tav. NYF8-20	Panel forjado con seccion util variable entre 12 y 24cm de espesor
Tav. NR	Elementos de refuerzo constituidos por mallas dobladas y planas.