

# Los paraguas de hormigón armado de Asturias

Luis Manuel Villa García



## Revisión del estado actual y de los procesos patológicos por acción del agua, con propuestas de rehabilitación, de una tipología de cubierta singular

El objeto del presente trabajo es recuperar del olvido y dar a conocer una pequeña colección de obras diseñadas por el Ingeniero Ildefonso Sánchez del Río y Pisón (q.e.p.d.), las cuales, a su vez, sirven para darle título al mismo.

La exposición del trabajo, se divide fundamentalmente en dos apartados: comienza con los paraguas en el entorno

urbano donde se comentan los antecedentes, puntos de interés y una relación de los mismos, indicando su situación actual y la conveniencia de la recuperación de uno de ellos y continúa con un estudio sobre el estado actual del lavadero de Olloniego y soluciones a adoptar en orden a su recuperación total, el cual comprende la organización de la estruc-

tura y la metodología del diagnóstico previo, para posteriormente centrarse en los procesos patológicos del hormigón por la acción del agua y finalmente analizar su estado antes de la rehabilitación y formular una posible propuesta de rehabilitación de la obra del asunto.

Como el lector tendrá ocasión de comprobar en las páginas siguientes,

un aspecto de gran interés, reside en la utilización de bóvedas ultradelgadas de fibrocemento a modo de “tejas”, en una tipología de cubierta totalmente original. Cuando los vuelos de una construcción alcanzan unas dimensiones notables, el peso propio adquiere una gran influencia, por lo que la utilización de grandes bovedillas de uralita de un centímetro de espesor, constituyó una solución racional por su resistencia, ligereza y economía. Es en los paraguas de hormigón armado concebidos por el Sr. Sánchez del Río, donde debutó este sistema, el cual dio lugar a la utilización posterior en otras de sus realizaciones, como son los andenes de siete metros del mercado de Pola de Siero y la tribuna de preferencia del campo de fútbol de Oviedo, con respecto a esta última el Sr. Sánchez del Río llegó a afirmar que: “resultó económicamente factible la ejecución de un gran voladizo de 15 metros sin apoyos intermedios”.

### Los paraguas en el entorno urbano

En la década de los años veinte, el Ayto. de Oviedo encarga al Sr. Sánchez del Río, el diseño de un lavadero tipo para ser utilizado como reglamentario en el concejo, lo que dio lugar a la posterior construcción de cuatro paraguas de hormigón armado:

- *Lavadero de Fuente de la Plata*, situado en el barrio del mismo nombre en Oviedo.
- *Lavadero de la Corredoria*, ubicado a unos 4 km de Oviedo, en dirección a Gijón por la carretera antigua.
- *Lavadero de Olloniego*, situado en el pueblo del mismo nombre, a unos 10 km de Oviedo, por la autovía de Campomanes.
- *Paraguas “de la Leche”*, en Oviedo, ubicado en la denominada actualmente plaza del Paraguas.

Durante los años de estancia en nuestra región, el destacado técnico percibe –evidentemente por necesidad– la útil y acogedora forma del paraguas frente a las inclemencias atmosféricas, y escribe:

“Siendo el paraguas el símbolo de la cubierta, una de las muchas aplicaciones que puede tener tan lógica y cándida disposición es la de cubrir los pequeños lavaderos rurales (en un ayuntamiento hay que proyectar de todo), que se construyen ya circulares, puesto que ninguna razón existe para hacerlos rectangulares, que adolecen de los inconvenientes de la pérdida de espacios en las esquinas. Del centro del vaso, emerge el paraguas protector.”

La originalidad de estos diseños se puede apreciar en las fotografías y dibujos siguientes.

Estos elementos arquitectónicos poseen un gran interés desde diversos puntos de vista:

- por la ingeniosa y temprana (atendiendo a la época de su construcción) utilización del hormigón armado y de las grandes tejas de uralita.
- por su diseño más racional frente a los antiguos lavaderos de planta cuadrada rectangular, tradicionales en la arquitectura rural asturiana, en una época en la que los lavaderos formaban parte de los equipamientos sanitarios con los que debía contar un barrio o grupo de casas.

Las zonas de ubicación de estos paraguas se han convertido en puntos singulares destacados del municipio ovetense, indispensables en su historia reciente y en su paisaje urbano; tanto es así que han continuado conservando sus antiguos nombres.

Actualmente, las funciones originales que dieron lugar a su construcción pueden considerarse perdidas a pesar de que –en el caso del ubicado en Olloniego– se mantienen las instalaciones de agua potable en funcionamiento y los lugareños continúan haciendo uso ocasional del mismo.

Estas obras, que ya forman parte de la historia de Asturias, debido al tiempo transcurrido y a la falta de conservación se habían ido deteriorando progresivamente, lo que ha dado lugar, en el caso de los correspondientes a la Corredoria y al de la plaza del Fontán –en la actual-

lidad plaza del Paraguas–, a su rehabilitación.

No han corrido la misma suerte el lavadero de Fuente de la Plata, el cual ha sido demolido y el lavadero de Olloniego, que en la actualidad sufre un gran deterioro y abandono.

### El paraguas “de la Leche”, en Oviedo

A finales de la década de los años veinte, el equipo del ingeniero Sánchez del Río, recibió el encargo de proyectar una cubierta en la plaza del Fontán –hoy en día denominada plaza del Paraguas– en Oviedo. Su finalidad era la creación de un pequeño mercado, destinado exclusivamente a la venta de leche; disponiendo para tales fines de unos recursos económicos de cuatro mil pesetas de las de aquella época.

Una vez analizado el problema, el ingeniero Sánchez del Río encontró una solución de compromiso entre las funciones esperadas de la obra, las citadas disponibilidades económicas y sin lugar a duda, la estética; conviniendo que la solución más apropiada para tapar a las lecheras era un paraguas. Dando así lugar, a la construcción del mayor y más bonito, de la familia de los paraguas de hormigón armado del Principado de Asturias, que son objeto del presente trabajo (*foto 1*).

Como el lector puede apreciar, este paraguas carece de varillas–tornapuntas (*foto 2*), lo cual, en los años inmediatamente posteriores a su construcción dio lugar a comentarios que el mismo Sánchez del Río calificó como pintorescos, pues los



Foto 1. Vista del paraguas “de la Leche”, en Oviedo. La fotografía permite apreciar la sencillez formal de la estructura, así como la gran superficie que cobija.

## RESUMEN

El presente artículo, pretende contribuir a recuperar del olvido una tipología de cubiertas totalmente original, e informar sobre la conveniencia de recuperación de alguna de ellas; muestra un estudio sobre su estado actual y las soluciones a adoptar en orden a su recuperación total, para posteriormente, centrarse en los procesos patológicos del hormigón por la acción del agua sobre las mismas, analizar su estado antes de la rehabilitación, formular una posible propuesta de rehabilitación, y finalmente, indicar –a través de la verificación del dimensionado con respecto a los valores de carga contemplados en la normativa actual– la forma de modelizar la acción del viento de una forma sencilla.

lugareños afirmaban que tenía que cerrarse y que el viento tenía que volverlo...

Sin embargo, mas de ochenta años soportando fuertes temporales confirman la eficacia de su diseño.

El paraguas ha sido testigo, a lo largo del pasado siglo XX, de la evolución de las costumbres en el modo de disfrutar de la noche ovetense.

En su entorno se ubicaron conocidas tabernas, como: “*Tigre Juan*”, “*Casa María*”, “*Cebini*”, “*La Regenta*”, etc. por las que pasaron prácticamente toda la Generación Poética del 50, además de hacer presencia por el lugar, otros rostros muy conocidos, como: Antonio Gala, Carlos Barral, Gil de Biedma, José Agustín Goytisolo, Paco Brines, Caballero Bonald, Paco Ibañez, Iturralde, María del Mar Bonet, Garci, Juan Diego, Julio Anguita, Xabier Ribalta, Eduardo Punset, Pinto Balcema, etc.

Los políticos eran los primeros que estaban predispuestos a este calor de rondas nocturnas. Entorno al paraguas, se mezclaban, concejales, diputados y sindicalistas de todas las gamas.

Pero, volviendo a la estructura del paraguas que nos ocupa, la cubierta del mismo

está constituida por bovedillas de uralita de un centímetro de espesor, material adoptado en orden a su economía, resistencia y ligereza al que el Sr. Sánchez del Río, confiere un sin fin de aplicaciones como se puede apreciar en el historial de su obra.

Evidentemente, a la estructura del paraguas se la sometió a diferentes pruebas de carga, con respecto a las mismas, el ingeniero Sánchez del Río comenta que:

“Aquellas consistieron en colgar pesos de las extremidades de las varillas correspondientes a medio paraguas, siguiendo con dos flexímetros las deformaciones habidas. Esta prueba como se comprenderá es la más desfavorable para la estructura. Se colocaron primeramente sacos de 60 kg. con lo cual se obtuvieron flechas máximas positivas y negativas sensiblemente iguales con relación al diámetro de separación de la zona cargada. La flecha máxima fue de 5 mm. A continuación se puso un saco más por varilla, es decir, un peso de 120 kg. La flecha máxima obtenida resultó ser de 8’5 mm, perfectamente admisible. En todo momento pudo comprobarse el excelente estado elástico de la estructura, recobrando con oscilaciones de 0’5 mm su posición primitiva.

Esta prueba se dio por convincente, pues la acción del viento, dadas las condiciones del lugar de emplazamiento, nunca podría originar esfuerzos superiores a los de la prueba. Sin embargo, quisimos todavía someter el paraguas a un postrer suplicio, aún más refinado, que los agentes naturales difícilmente podrían conseguir: el de someter a fuerte torsión el pie. Basto el esfuerzo de un hombre ejerciendo una presión tangencial sobre el extremo de una varilla, procurando hábilmente acompasar sus movimientos con los de oscilación de la estructura, llegando a obtener desplazamientos circunferenciales de 30 mm en dichas extremidades, siendo perfectamente apreciable a simple vista la torsión del pie.

Esto confirma lo que desde luego todos sabemos: el admirable comportamiento elástico del hormigón armado; aunque rara vez puesto de manifiesto y visto tan palpablemente como en el caso presente. Ver para creer...”

### El lavadero de la Corredoria

Está situado a unos 4 km de Oviedo, en dirección a Gijón por la carretera antigua, concretamente en la zona de Lugones (foto 3).

Este paraguas, fue uno de los diseñados con el propósito de atear a las lavaderas, que acudían a lavar la ropa, en la fuente de su base.

Como se puede apreciar en la foto 4, su estado de conservación es óptimo, después de haber sido sometido –años atrás– a una profunda rehabilitación, que ha permitido su recuperación total.

### El lavadero de Olloniego

Se encuentra situado en el pueblo del mismo nombre, a unos 10 km de Oviedo por la Autovía de Campomanes (foto 5).



Foto 2. Entramado de la estructura portante, formado por dos vigas riostras circulares y las varillas que irradian desde la coronación del fuste.



Foto 3. Vista del lavadero de la Corredoria, al fondo se distingue la fuente que en épocas pasadas le servía de abastecimiento.



Foto 4. Otra vista del lavadero de la Corredoria; con anterioridad a su rehabilitación, el mástil llegó a estar sujeto únicamente por las armaduras longitudinales del mismo. Esta foto de la estructura portante del paraguas, da idea por sí sola del excelente trabajo realizado.

Con fecha de 2 de mayo de 1998, la Sección de Patrimonio del Principado de Asturias, informó que el mal estado en que se encontraban los lavaderos públicos de Olloniego, Fuente de la Plata y La Corredoria hacía aconsejable su rehabilitación urgente. Sin embargo, a pesar del tiempo transcurrido y de la gravedad de los daños de los mismos, tan solo ha sido rehabilitado el de La Corredoria, mientras que en el paraguas de Fuente de la Plata –debido al acentuamiento de sus lesiones a lo largo del tiempo– se ha producido su ruina definitiva.

Los años transcurridos desde la citada fecha, así como la intensa humedad ambiente, han incrementado el deterioro del lavadero de Olloniego, en el que su estado actual se puede comprobar en la –ya mencionada– foto 5 y en la 6.

En los alrededores inmediatos del mismo, se encuentra un colegio y algún edificio de varias plantas pendiente de estrenar. En la mitad sur delimitada por el lavadero, se encuentran ubicados edificios antiguos de dos plantas cuyos tejados y fachadas presentan un estado excelente y sus calles peatonales recientemente adoquinadas, constituyen un entorno muy bonito.

A la vista de lo citado, parece conveniente la recuperación de esta obra singular del municipio de Olloniego, no ya solo por su importancia en sí y por la conservación del patrimonio arquitectónico, sino por la integración de este lavadero y la parcela en la que se encuentra ubicado, como un pequeño parque para el disfrute de los vecinos del barrio.

## Estudio sobre el estado actual del lavadero de Olloniego y soluciones a adoptar en orden a su recuperación total

El presente trabajo continúa con el estudio citado, que comprende la *organización de la estructura* y la *metodología del diagnóstico previo*, para posteriormente centrarse en los *procesos patológicos del hormigón por la acción del agua* y finalmente analizar su *estado antes de la rehabilitación* y formular una posible *propuesta de rehabilitación* de la obra.

### Organización de la estructura

La estructura está resuelta con un soporte central “a” de sección hexagonal variable empotrado en la cimentación y coronado por un capitel “b” del que irradian veinte voladizos a modo de “varillas”, enlazados entre sí por una viga riostra circular “c” de sección cuadrada, que divide en dos piezas “d” y “e” las citadas varillas (*figura 1*).

La cobertura o “tela” se ha solucionado con bovedillas de fibrocemento de dos tipos: unas centrales “f” de planta triangular y otras perimetrales “g” de planta trapezoidal (*figura 1*). Ambas se disponen atornilladas a las varillas a lo largo del canalón que conforman sobre aquellas (*figura 2*).

### Metodología del diagnóstico previo

La enfermedad de un ser vivo o de una construcción sigue un proceso patológico, cuyo origen es un mal, que posteriormente evoluciona y se manifiesta a través de unos síntomas y que, de no atacarse a tiempo, termina en unas lesiones. El proceso descrito, se ha sintetizado en la *figura 3*.

Aparecidas estas, o mejor detectadas aquellas, el patólogo se afana:

1º) En la *patología o estudio patológico*.



Foto 5. Lavadero de Olloniego, con su muro de cobertura lateral.



Foto 6. En esta fotografía, se pueden observar los severos daños producidos por la carbonatación sobre algunas varillas.

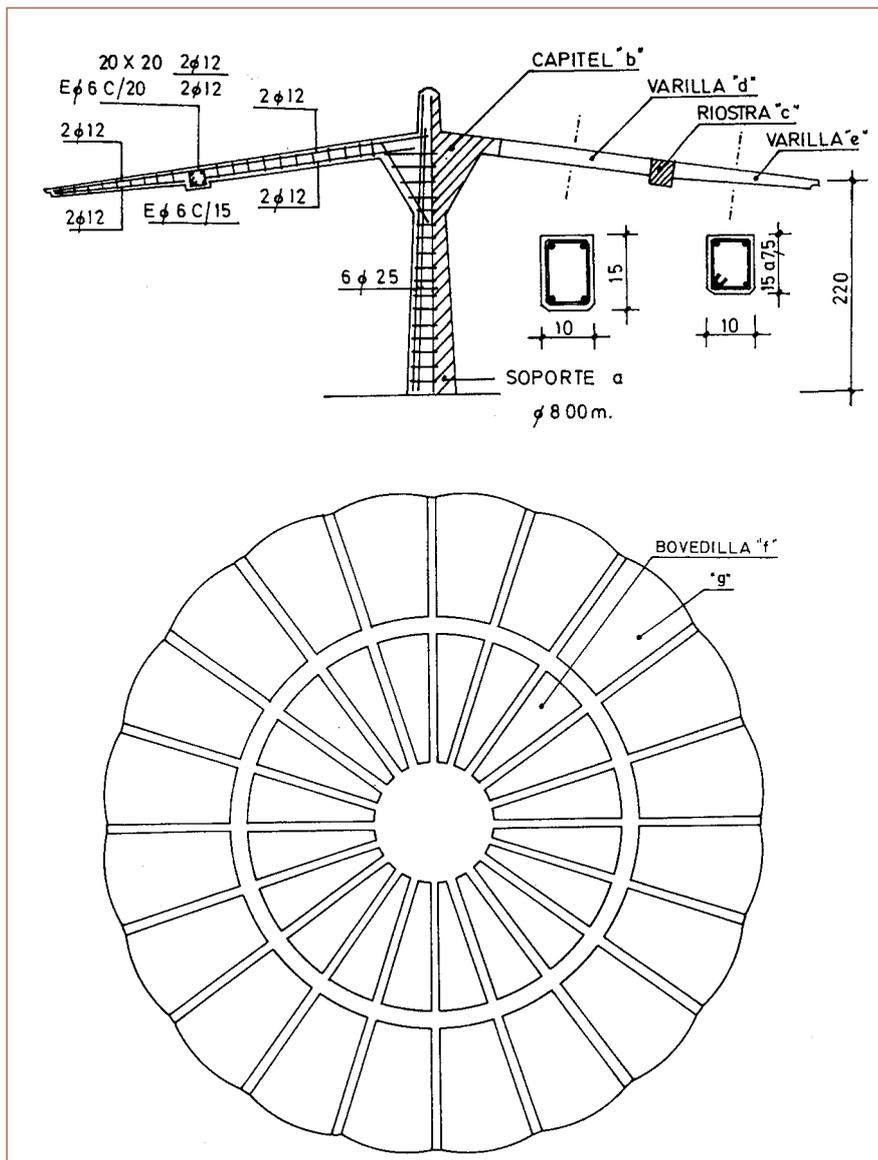


Figura 1.

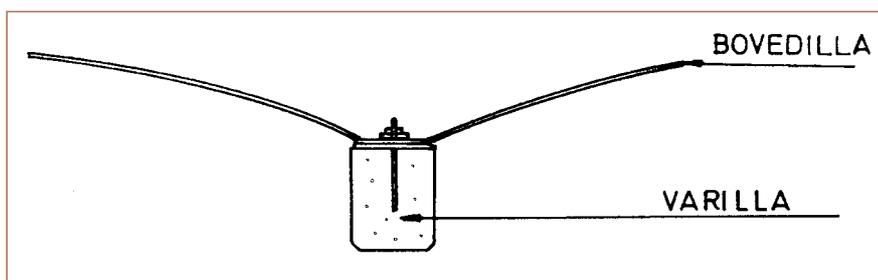


Figura 2. Detalle de disposición y unión de bovedillas sobre varillas.

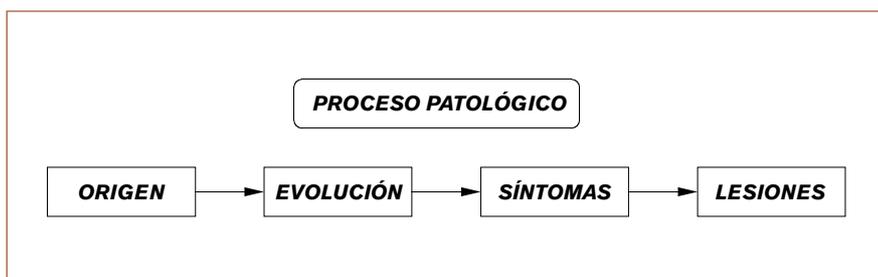


Figura 3.

Siguiendo un proceso inverso al anterior estudia la naturaleza de la enfermedad: es decir, a partir de las lesiones y de los síntomas, trata de conocer el origen del mal (figura 4).

2º) Una vez determinadas las causas, califica la enfermedad, o lo que es igual, emite el diagnóstico.

3º) Por último, aplica el remedio para su tratamiento o terapéutica. Esta última puede ser de orden curativa cuando se refiere a una construcción afectada, y preventiva si se trata de preceptos para evitar la aparición del mal.

Las citadas fases se han consignado en la figura 5.

### Procesos patológicos del hormigón por la acción del agua

El agente agresor fundamental en la obra del asunto, es sin lugar a dudas el agua: principal causante de la humedad en el hormigón armado de la estructura del paraguas.

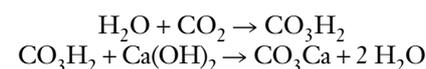
El hormigón bien dosificado y puesto en obra, es un material resistente al agua exterior. Sin embargo, en sus paramentos pueden manifestarse manchas de óxido, o bien roturas por las tensiones internas debidas a la corrosión.

Inicialmente se deben a la carbonatación del hidróxido cálcico por la acción del agua exterior combinada con el anhídrido carbónico y, posteriormente, a la corrosión de las armaduras.

A continuación, se detallan los procesos más notables y las consiguientes lesiones que se aprecian en el hormigón armado de la obra del asunto, al ser atacada por el agua exterior, así como la influencia de la fisuración y la porosidad en el proceso final de la corrosión.

### Procesos debidos a humedades en atmósferas contaminadas (carbonatación)

Las armaduras de un hormigón recién puesto en obra están protegidas frente a riesgos de oxidación por el recubrimiento y por la presencia del hidróxido de calcio (figura 6). Y así continuarían, de forma estable, si, a través de sus poros, no penetrase la humedad ambiental contaminada con anhídrido carbónico. Se produce entonces la reacción:



por la que el hidróxido cálcico se transforma en carbonato, disminuyendo la alcalinidad desde un pH = 12 o 13 a otro de valor pH = 9 o 9.5. Ocurre entonces que la alcalinidad ya no es suficiente para

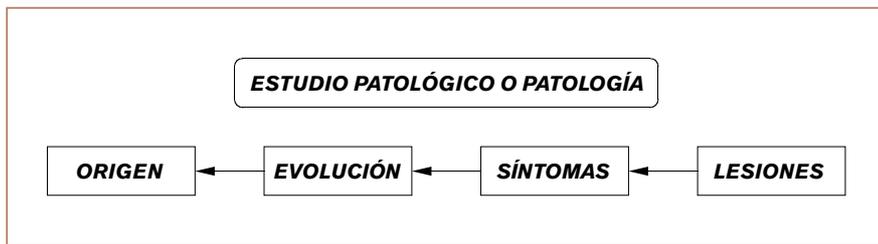


Figura 4.

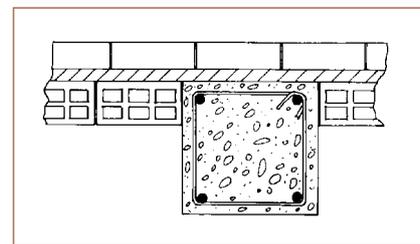


Figura 6.

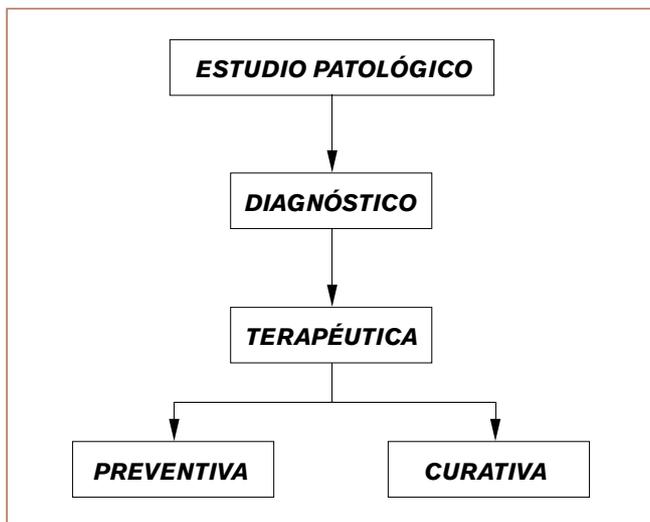


Figura 5.

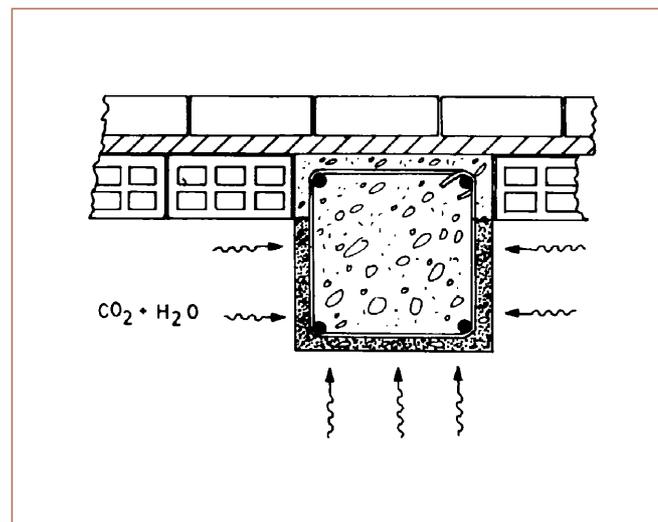


Figura 7.

proteger la armadura comenzando la oxidación (figura 7).

El avance de la carbonatación es función de la humedad relativa del aire, de la proporción de  $\text{CO}_2$  y de la porosidad según la expresión:  $p = K \cdot \sqrt{T}$ , donde:

- p: profundidad de la carbonatación en cm.
- T: tiempo en años.
- K: un coeficiente que depende de la calidad del hormigón. Se estima que para hormigones corrientes y buenos vale respectivamente 0'5 y 0'2.

En el ejemplo de la figura 8, se pretende hacer énfasis sobre la importancia de conseguir hormigones compactos y mantener los recubrimientos. En el mismo, se calcula el tiempo de carbonatación de un hormigón corriente y de otro bueno, para recubrimientos de uno y dos centímetros.

La zona carbonatada se determina aplicando al hormigón una solución alcohólica de fenoltaleína al 1'5 o 2 % con adición de un 5 a 10 % de agua destilada. Las zonas con un pH = 10 dan una tonalidad roja oscura.

#### Fisuración

Las causas que pueden fisurar y agrietar el hormigón son muy variadas.

El problema se debe a que, a través de las fisuras penetra el agua (en forma de

vapor o líquido) y los gases nocivos, dando lugar a ácidos (sulfúrico, nítrico o clorhídrico) que atacan directamente a las armaduras.

Las grietas ponen en contacto directo a las armaduras con los agentes agresores acelerando y agravando el proceso de corrosión.

#### EJEMPLO

Determinar la llegada de la carbonatación a las armaduras de dos hormigones, uno corriente y otro bueno, para recubrimientos en sus armaduras de  $p = 1$  y  $p = 2$  cm.

De la expresión anterior, se deduce que:  $T = \frac{p^2}{K^2}$

Con recubrimientos  $p = 1$ , se tiene que:

a) Hormigón corriente:  $T = \frac{1}{0'5^2} = 4$  años.

b) Hormigón bueno:  $T = \frac{1}{0'2^2} = 25$  años.

Con recubrimiento  $p = 2$  cm, los tiempos anteriores se incrementan en:

a) Hormigón corriente:  $T = \frac{2^2}{0'5^2} = 16$  años.

b) Hormigón bueno:  $T = \frac{2^2}{0'2^2} = 100$  años.

Figura 8.

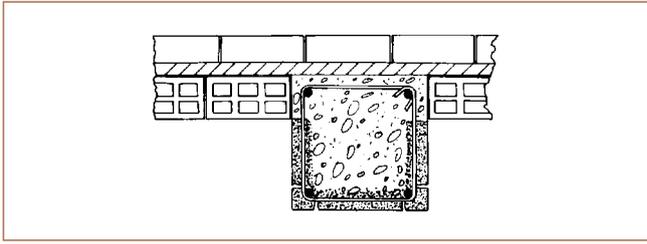


Figura 9.

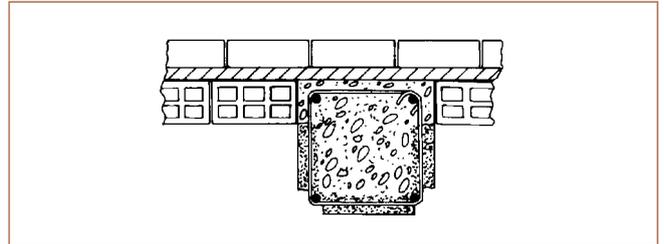


Figura 10.



Foto 7. Lavadero de Olloniego. Se puede apreciar una porción del vaso, situado en el conorno de su base.



Foto 8. Empotramiento del mástil en la base, castigado por la humedad.

#### Porosidad

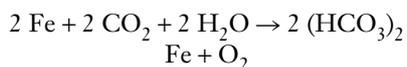
También la porosidad es consustancial con el hormigón ya que, para el proceso de fraguado, se necesita la presencia de agua. Una parte de ella ( $\approx 60\%$ ) cristaliza formando parte del propio hormigón, y la otra ( $\approx 40\%$ ) queda ocluida formando poros al evaporarse.

De aquí el interés en rebajar la relación agua cemento a fin de disminuir la cantidad de agua, la necesidad de la vibración para eliminar aire ocluido, y el que los poros sean lo más pequeños y repartidos posible.

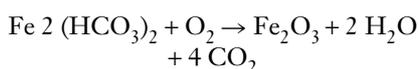
La existencia de poros continuos, y no digamos coqueas, facilitan y aceleran el ataque de los agentes agresores.

#### Corrosión de las armaduras

La corrosión es el proceso químico o electroquímico por el que el hierro se separa del acero transformándose inicialmente en hidróxido de hierro:



y después en óxido de hierro hidratado y agua:



El mecanismo de transformación es

el siguiente, cuando el recubrimiento de las armaduras es insuficiente para protegerlas del proceso de carbonatación visto anteriormente, el acero se encuentra en un ambiente ácido que provoca la oxidación. El consiguiente aumento de volumen genera tracciones internas que, inicialmente, fisuran el hormigón (figura 9) permitiendo la entrada de la atmósfera agresiva (anhídridos sulfurosos, vapores de la combustión de carburantes, etc.) que aceleran el ataque y que finalmente lo disgregan (figura 10).

El proceso puede ser de origen químico, cuando el acero entra en contacto con el aire o con el agua.

Y también electroquímico, al coincidir una diferencia de potencial (corrientes accidentales, diferente composición de las armaduras, etc.) con la presencia de un electrolito (agua en presencia de anhídrido carbónico). La diferencia de potencial (electrones) separa los iones ferrosos del acero (ánodo) y los transporta a la superficie (cátodo), transformándolo en óxido de hierro y agua, que se encarga de continuar el proceso hasta que desaparece aquél.

La corrosión puede presentarse inicialmente en forma de picaduras con valores del  $\text{pH} = 10'5$  o  $10$  por la presencia de iones  $\text{SO}_2$  o  $\text{Cl}$ . A partir de  $\text{pH} = 8'8$  o  $8'9$  aparece la corrosión superficial.

#### Estado antes de la rehabilitación

Los procesos patológicos, que se observan en la estructura de hormigón armado del paraguas, son debidos a la acción del agua.

Como se puede apreciar en las fotografías, la totalidad de la cubierta y parte de la estructura portante, están cubiertas de musgos y líquenes, cuyo crecimiento se ve favorecido por la geografía del entorno de Olloniego, rodeada de montañas, razón por la que el número de horas de sol son menores (foto 7).

El soporte central se encuentra en buen estado, aunque castigado por la humedad en su base, como consecuencia de la contención del agua para las operaciones de lavado (foto 8).

El estado del capitel que corona el soporte, viga riostra circular y las varillas centrales que unen ambos, es bastante bueno (foto 9).

Al menos nueve de las varillas exteriores precisan ser reparadas. En las mismas se pueden apreciar sus correspondientes redondos al descubierto, como consecuencia de una carbonatación severa, lo que ha provocado la disgregación de parte de la masa de hormigón y la posterior corrosión de las armaduras, al quedar estas al descubierto (fotos 10 y 11).

En cuanto a las bovedillas, precisan ser sustituidas 3 de las exteriores y 2 de las interiores.



Foto 9. Tanto la viga riostra, como las varillas centrales (que enlazan el capitel con la viga citada), se encuentran libres de carbonatación.

### Propuesta de rehabilitación

Las fases de que consta la rehabilitación que se propone son las siguientes:

- Desmontaje de las bovedillas.
- Descarga de la estructura.
- Sustitución del hormigón deteriorado.

d) Limpieza, reparación y refuerzo de las armaduras.

e) Hormigonado.

f) Retejado.

### Desmontaje de las bovedillas

En primer lugar deben desmontarse las bovedillas deterioradas, así como las situadas sobre varillas que han de rehabilitarse y las contiguas a ambas, ya que existe solapo en la unión atornillada.

### Descarga de la estructura

A pesar de que tanto el fuste como las varillas centrales “d” están en buen estado, si al picar el hormigón desagregado de las piezas “e”, se produjeran vibraciones y movimientos excesivos, sería necesario apuntalar ligeramente el paraguas bajo la viga perimetral y sobre el antepecho del lavadero como se puede apreciar en la *figura 11*.

Una vez inmovilizada –en su caso– la estructura del paraguas, a fin de reestructurar las varillas en voladizo “e”, es recomendable apear con tabloncillos del mismo ancho que aquellas, a fin de facilitar posteriormente la aplicación del relleno como se puede observar en la *figura 12*.

### Sustitución del hormigón deteriorado

Debe procederse a la demolición del hor-

migón deteriorado y al descubrimiento de las armaduras para su posterior tratamiento.

La retirada del hormigón defectuoso debe alcanzar hasta el conglomerante en buen estado, ya que, en caso contrario, se facilitará la posibilidad de un nuevo ataque al tiempo que se dificulta la adherencia entre el hormigón antiguo y el nuevo.

### Limpieza, reparación y refuerzo de las armaduras

La ruptura de la continuidad del proceso de corrosión se obtiene tratando las armaduras con chorro de arena hasta dejar la superficie con brillo metálico.

Si la disminución de la sección de la armadura –como consecuencia de su corrosión y limpieza– es apreciable, puede ser necesario suplementar con nuevos redondos.

En el caso de que la zona afectada corresponda a la armadura de tracción de las varillas “e” en su unión con la viga riostra, puede ser necesario –según el caso– abrir una acanaladura para alojar en ella el redondo de continuidad.

### Hormigonado

Una vez limpia la superficie de contacto, se recomienda la utilización de un hor-



Foto 10. Disgregación de la masa de hormigón en las varillas de la cobertura, debido a una carbonatación severa.



Foto 11. Otra vista de una de las varillas –que conserva intactas las bovedillas de su cobertura– atacada por la carbonatación. Se puede observar la oxidación en la armadura longitudinal y transversal al descubierto.

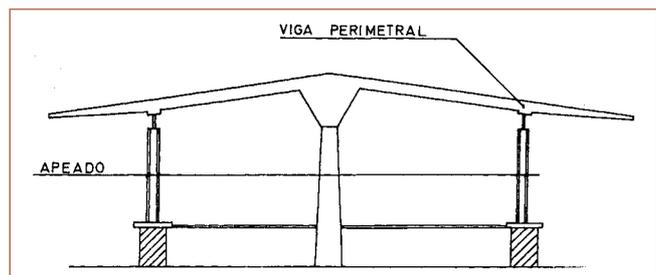


Figura 11.

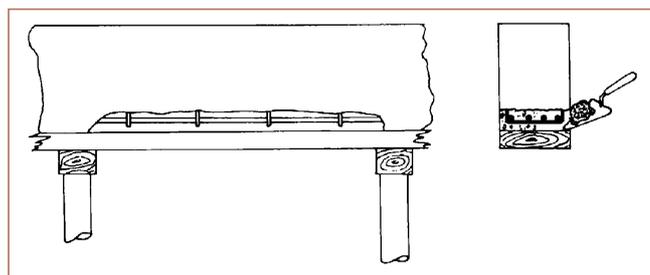


Figura 12.

migón aglomerado con resina, a fin de garantizar tanto su protección como la unión entre el hormigón antiguo y el nuevo. A tal efecto, y para evitar “incompatibilidades”, la composición del nuevo debe ajustarse lo más posible a la del conglomerante existente en tipo y tamaño del árido, dosificación y relación agua cemento.

Su puesta en obra se realizará con paleta, como se indica en la *figura 12*. Por razones estéticas se hace necesario igualar también la textura exterior.

#### Retejado

La rehabilitación de la cubierta concluye con la limpieza de las bovedillas existentes, y la colocación de las desmontadas o sustituidas. Su unión con las varillas se realizará por atornillados a través de “spits”.

En las varillas rehabilitadas los espárragos se embeben en el hormigón fresco.

Finalmente, mencionar –con el único ánimo de destacar su idoneidad– que la metodología desarrollada en esta propuesta de rehabilitación, ha sido utilizada en la reparación del lavadero de la Corredoria con indudable éxito, como el lector puede comprobar al observar las fotografías del mismo.

#### Verificación del dimensionamiento

Como colofón a lo expuesto anteriormente, a continuación se va a desarrollar la verificación del dimensionado del lavadero de Olloniego, tanto en E.L.S., como en E.L.U. pero atendiendo, exclusivamente, a las tensiones normales en las secciones rectas de las varillas, las cuales –a simple vista de la geometría del paraguas– se presumen como los elementos más solicitados.

Para la resolución de la estructura se utiliza un programa informático comercial para el cálculo de estructuras de barras, planas y tridimensionales, el cual posee un módulo de análisis y dimensionamiento de secciones de hormigón armado y pretensado.

El esqueleto portante de hormigón armado, se calcula sometido a las acciones del peso propio, nieve y viento.

El peso propio se introduce como una carga volumétrica, es decir, a partir del peso específico del hormigón armado, el mismo programa de cálculo lo transforma en una carga lineal vertical al multiplicarlo por el área de la sección considerada.

La sobrecarga de nieve se aplica sobre las varillas de la cobertura, distribuyendo sobre cada una de ellas una carga longitudinal triangular (correspondiente a cada

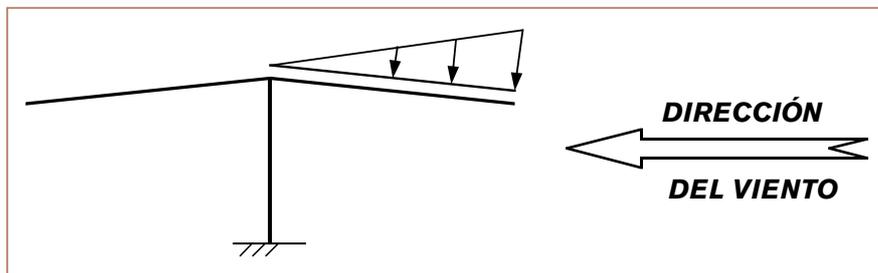


Figura 13.

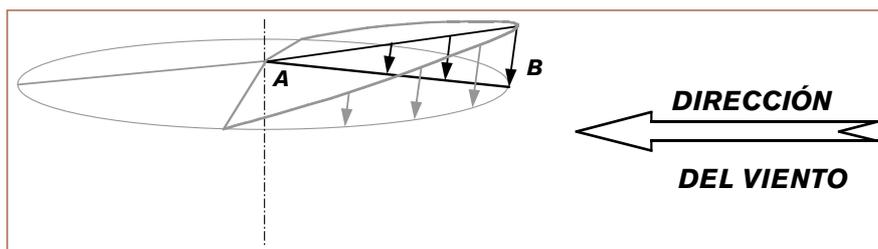


Figura 14. AB: generatriz citada que se considera soporta la carga máxima.

uno de los 20 sectores en que queda dividida la superficie cubierta por las varillas), cuyo vértice –de valor nulo– coincide con la vertical del fuste del paraguas.

Debido a que la pendiente de la cubierta es muy reducida, no son de temer efectos de succión y únicamente se tiene en cuenta la acción del viento a barlovento, exclusivamente (*figura 13*). Al igual que en el caso anterior, se consideran cargas triangulares en cada varilla correspondientes cada uno de los sectores que determinan en planta, con la salvedad de que la dirección de estas cargas, es perpendicular a la superficie que cubren y no vertical como en el caso de la nieve. Asimismo, dado que la superficie de la cubierta no está contenida en un plano, sino que es cónica, la acción del viento

será máxima en la generatriz de esta superficie cónica (varilla del paraguas) que esté contenida en un plano vertical que a su vez contenga la dirección del viento. En las restantes varillas, esta solicitación irá disminuyendo progresivamente, hasta llegar a anularse en las que forman un ángulo recto con el citado plano vertical que contiene la dirección del viento; esta variación se supone lineal (*figura 14*).

A continuación se muestran los resultados del cálculo; en la gráfica correspondiente a la deformada (*figura 15*) se puede apreciar que la deformación vertical de la varilla más cargada es de 13 mm, con lo que la relación luz/flecha es de  $L/f = 400/1.3 = 308$ , valor más que aceptable a efectos de E.L.S. para el uso de la estructura.

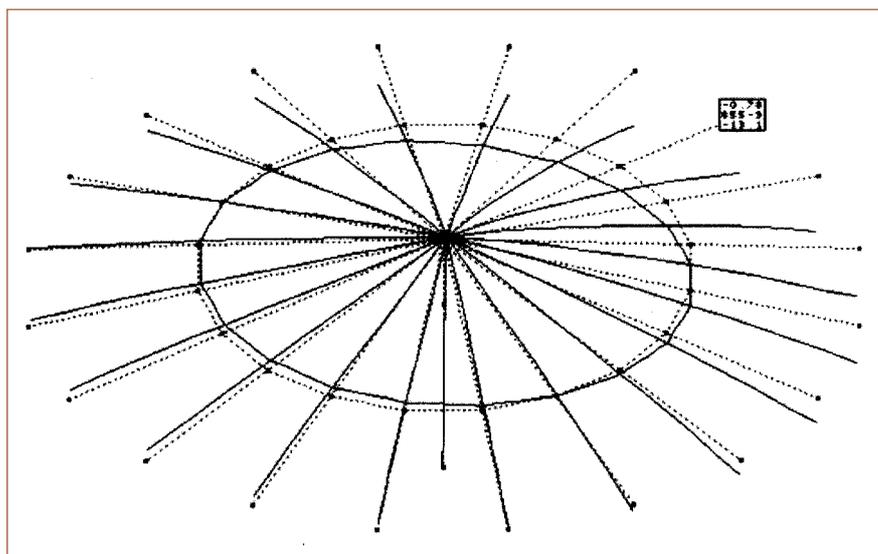


Figura 15. Deformada del esqueleto portante.

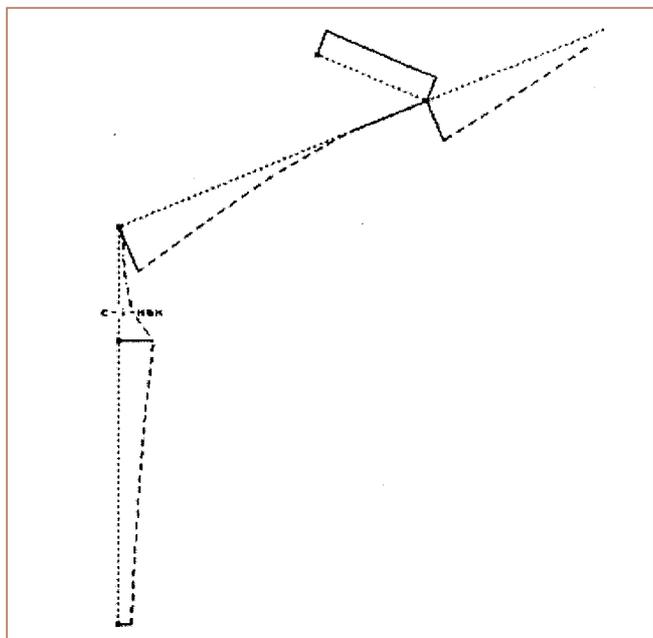


Figura 16. Tensión borde inferior, máx: -54.2 kp/cm<sup>2</sup>.

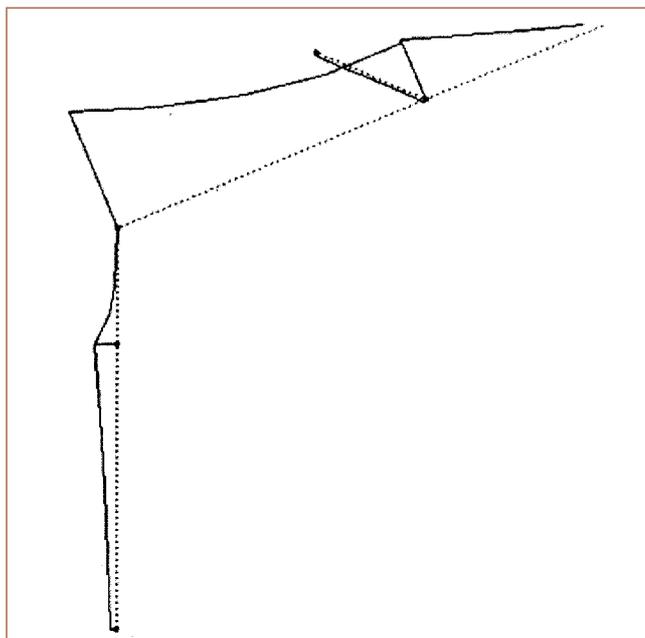


Figura 17. Tensiones en la armadura superior, máx: 1360 kp/cm<sup>2</sup>.

En las *figuras 16, 17 y 18*, se representan en una perspectiva parcial, los resultados de la comprobación de tensiones normales en secciones rectas de algunos elementos de la cubierta, como son la varilla más solicitada y uno de los segmentos de viga riostra solidarios a la misma, así como el fuste del paraguas. A la vista de los resultados de las tensiones normales de diseño, obtenidas en las secciones rectas de las varillas, se estima que –atendiendo a la época de construcción de la presente obra– las tensiones admisibles de los materiales empleados, tanto en el hormigón como en el acero, ofrecen todavía un margen de seguridad a todas

luzes suficiente, lo que unido a unas deformaciones máximas totalmente tolerables, permite dar por bueno el dimensionado.

#### Bibliografía

- Alberto Piquero y Mario Rojas. *De El Paraguas a El Olivar*. Diario El Comercio, 5/12/1999.  
 C.S.T.C. (s/f): *Recomendaciones de la C.S.T.C. para el tratamiento de las humedades*, en Doc. 6-7. f2/03 del Catálogo informativo de la construcción. Ed. C.I.C., Barcelona, 1987.  
*Curso Humanidades*. C.O.A.T. de Barcelona, 1992.  
 Eichler, F. (1969). *Patología de la construcción*. Ed. Blume/Labor, Barcelona, 1974 (Vers. Esp. de la 2ª ed. Alemana).  
 Gerónimo Lozano Apolo. *Diseño Cálculo y Construcción de Estructuras de Cimentación*. Consultores Técnicos de Construcción, 1994.  
 Gerónimo Lozano Apolo, Alfonso Lozano Mtez. Luen-

- gas. *Curso Diseño Cálculo Construcción y Patología de Cimentaciones y Recalces*. Lozano y Asociados. Consultores Técnicos de Construcción, 1998.  
 Gerónimo Lozano Apolo, Alfonso Lozano Martínez y Carlos Santolaria Morros. *Curso de Tipología Patología y Terapéutica de las Humedades*. Consultores Técnicos de Construcción, 1993.  
 Gerónimo Lozano Apolo. *Proyecto de Rehabilitación*. Consultores Técnicos de Construcción, 1998.  
 Gratwick, R.T. (1971). *La humedad en la construcción. Sus causas y remedios*. E.T.A., S.A. – Barcelona 1976.  
*Instrucción de hormigón estructural*. EHE. Comisión permanente del Hormigón. 2ª edición – Madrid. Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, 1999.  
 Ortega Andrade, F. *Patología de la construcción. Humedades en la edificación*. Editan, S.A., Sevilla, 1989.  
 Sánchez del Río Písón, Ildelfonso. *Un Paraguas de Hormigón Armado en Oviedo o El Ojo Clínico del Ingeniero*. Revista de Obras Públicas, 1931.  
 Ulsamer, F., Minoves, J. *Las humedades en la construcción*. Ed. C.E.A.C., Barcelona 1989.

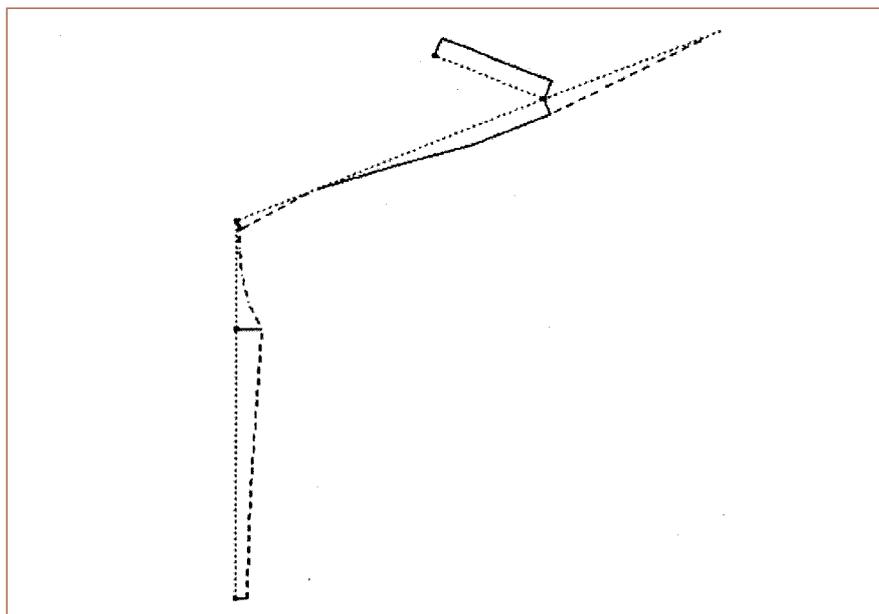


Figura 18. Tensiones en la armadura inferior, máx: -278 kp/cm<sup>2</sup>.

## AUTOR

### Luis Manuel Villa García

luisma@correo.uniovi.es  
 villa@itma.etsiig.uniovi.es  
 www.uniovi.es/~DCIF/MMContinuos/  
 MMcontinuos2.htm

Técnico auxiliar F.P. I en Construcciones Metálicas, técnico especialista F.P. II en Calderería en Chapa Estructural, ambas por la Fundación RevillaGigedo de Gijón. Ingeniero técnico industrial en Estructuras e Instalaciones Industriales por la EUITI de Gijón e ingeniero industrial en Construcción por la ETSII de Gijón. Durante algunos años desarrolla su actividad profesional en empresas dedicadas a la fabricación de transformados metálicos, bienes de equipo y montajes. Actualmente es profesor del departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación de la Universidad de Oviedo y participa en diversos proyectos de investigación relativos al análisis de estructuras.