

CORROSIÓN EN ESTRUCTURAS HIBRIDAS DE INTERES PATRIMONIAL

Traversa, L.P.; Iloro, F.H.; Marquez, S.; Martínez G. A.

Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT)
La Plata, Buenos Aires, Argentina. patrimonio@lemit.gov.ar.

RESUMEN

Se definen como estructuras híbridas a las desarrolladas con perfilaría metálica con cerramientos y/o recubrimiento de otros materiales mampostería de ladrillos (ladrillos cerámicos comunes y morteros cálcicos). Dentro de esta denominación se incluyen las construcciones que emplean el sistema de bovedillas ejecutadas con perfiles y ladrillos cerámicos. Las estructuras híbridas marcan un antes y un después en la tecnología constructiva, en especial para las grandes construcciones, ya que reemplazan a las ejecutadas totalmente en acero durante la segunda mitad del siglo XIX, a partir de la Revolución Industrial, etapa en la cual aparecen los perfiles siendo, entonces, las antecesoras de las de hormigón armado (hormigón simple y acero).

En la Argentina comenzaron a ejecutarse estas estructuras a partir de 1880 que por no existir industrias siderúrgicas en el país, los perfiles eran importados desde Inglaterra o Francia; esta tecnología constructiva se interrumpió en las primeras décadas del siglo XX por el desabastecimiento de perfiles debido a la Primera Guerra Mundial, originando a partir de entonces el uso intensivo del hormigón armado.

En este trabajo se analizan las patologías detectadas en distintas estructuras híbridas, principalmente las vinculadas al proceso de corrosión de los perfiles metálicos. Se evaluaron distintas construcciones con diferentes funciones y con una vida en servicio de alrededor de 100 años.

INTRODUCCION

El empleo de la perfilaría metálica en las construcciones comienza en el siglo XIX, a partir de la Revolución Industrial. En el año 1836 aparece el perfil doble T como elemento constructivo que se emplea en reemplazo de la madera. Las primeras estructuras fueron ejecutadas íntegramente con este tipo de perfiles, existiendo aún algunos ejemplos significativos como el Palacio de Cristal, construido en Londres en el año 1851, diseñado por Joseph Paxton, con lo cual se comenzó a resolver el inconveniente de lograr grandes luces entre elementos, alcanzar alturas considerables y unificar los conceptos técnicos con los expresivos de las construcciones. Esta estructura introduce un precedente en el empleo del vidrio como cerramiento de las fachadas (Fotografía 1). Casi finalizando el siglo XIX con la construcción de la Torre Eiffel en París, Francia, obra de 300 m de altura y 7300 tn de peso, se termina de implantar el empleo de los perfiles como sistema constructivo que entre sus

ventajas incorpora también el armado y desarme de las estructuras en forma practica, debido al desarrollo de elementos prefabricados de fácil ensamble.



Fotografía 1: Palacio de Cristal. Londres, Inglaterra.

En la Argentina entre las primeras obras ejecutadas con esta tecnología puede citarse la construcción de más de un centenar de puentes carreteros en la Provincia de Buenos Aires, en el año 1870. Esta obra correspondió a un Plan de Construcción de puentes viales, promovido por el Gobernador Dn Emilio Castro, siendo el responsable del diseño y la ejecución el Ing. Luis M. Huergo. La técnica constructiva consistió en el ensamble "in situ" de elementos metálicos prefabricados elaborados en Londres por la firma "Kennard Brothers". Hasta esa época en la Argentina los puentes eran desarrollados con materiales tradicionales como madera, ladrillos cerámicos comunes, rocas, etc. El ejemplo más significativo de los puentes metálicos del Plan Huergo fue el denominado La Postrera (Fotografía 2) ubicado sobre el río Salado por ser el de mayor longitud de todos los que integraron el mencionado Plan, con 170 m de luz y 11 de ancho. Este puente fue desarmado en el año 2002 y reemplazado por un puente de hormigón. Sin embargo, todavía quedan en pie algunos puentes pequeños, de 2 o 3 tramos, diseminados en caminos vecinales. La mayor ventaja de esta tecnología es la forma de ensamble de los elementos prefabricados, ya que mediante el empleo de bulones se lograba unir los distintos elementos en un corto periodo de tiempo (Fotografías 3 y 4).



Fotografía 2: Puente La Postrera, río Salado, Pcia. de Buenos Aires, Argentina



Fotografía 3: Detalle de un elemento metálico. Se observa la cabeza del bulón empleado para el ensamble de dos piezas metálicas.



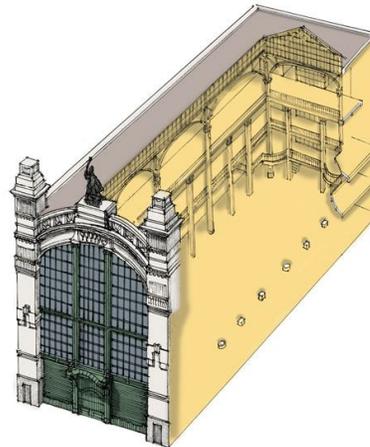
Fotografía 4: Pieza metálica. Se observa la unión de dos perfiles ángulo mediante bulones.

Las estructuras híbridas surgieron cuando se comenzaron a emplear como sistema resistente los perfiles metálicos doble T, ejecutándose un recubrimiento o cerramiento con otros materiales como ser mampostería de ladrillos cerámicos, rocas o morteros. Los perfiles metálicos eran empleados en la estructura para soportar las cargas.

Una de las primeras construcciones híbridas en Buenos Aires, ícono de la arquitectura industrial, es la proyectada por el Arq. Lorenzo Siegerits en 1894, ubicada en la calle Perú n° 535, en el barrio de Monserrat, conocida como "El Forjador" y construida casi íntegramente en hierro, con piezas de la fábrica de Gustave Eiffel, diseñador de la Torre homónima, su fachada esta coronada por la estatua del "El Forjador" y posee remates en las columnatas del frente (Fotografías 5 y 6).



Fotografía 5: El Forjador. Vista de la fachada frontal. Se observa la escultura del Forjador que corona la fachada.



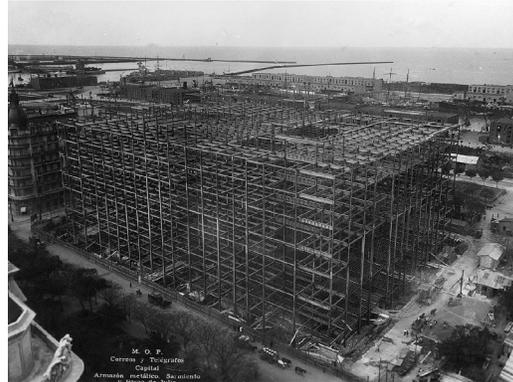
Fotografía 6: El Forjador. Corte de un Plano. Se observa la fachada frontal y el interior de la construcción.

Otro ejemplo de este tipo de construcciones es el edificio, Sede Central del Correo Argentino en la ciudad de Buenos Aires, proyectado y diseñado por el Arq, Francés Norbert August

Maillart, en 1898. Durante la ejecución de las obras se presentaron distintos inconvenientes, el más importante fue originado por la primera Guerra Mundial, que impidió la provisión de ciertos materiales desde Europa, por tal motivo la estructura presenta distinta tecnología y materiales, dado que en algunos sectores llegó a emplearse el hormigón armado, tardando alrededor de tres décadas en terminarse, inaugurándose en setiembre de 1928 (Fotografías 7 y 8).



Fotografía 7: Sede Central del Correo Argentino. Vista actual del edificio.



Fotografía 8: Sede Central del Correo. Se observa la estructura ejecutada con perfiles metálicos (Circa de 1910).

En otras provincias de la Argentina, en las cuales existe actividad sísmica, las estructuras híbridas aportaron una solución para la estabilidad de las construcciones frente a los movimientos sísmicos. En la ciudad Mendoza, luego de un gran temblor producido en el año 1861, se comenzaron a tener criterios técnicos referidos a la estabilidad de la construcciones por lo cual se comenzó a emplear la madera como elemento autoportante y el abobe como material elástico de cerramiento. Con la llegada del ferrocarril se introdujo el hierro, comenzándolo a emplear junto a los ladrillos cerámicos comunes (tecnología denominada "sidero-ladrillo"), en la construcción familiar, industrial y pública. Las estructuras híbridas relevadas para este trabajo corresponden a distintos tipos de construcciones con funciones diferentes, pero en todos los casos poseen edades en servicio de aproximadamente 100 años. Se analiza especialmente el comportamiento de los perfiles metálicos frente a los procesos de corrosión tratando de establecer las posibles causales del mencionado proceso y la influencia de los materiales de recubrimiento en su desarrollo.

DESARROLLO

Como se mencionó, las estructuras híbridas se caracterizan por la combinación de perfilaría de hierro que conforman la estructura resistente con otros materiales (mampostería de ladrillos, rocas, morteros). Los citados materiales pueden presentar alteraciones o deterioros durante su vida en servicio, pero las de los perfiles, en particular la corrosión, puede llegar a ser la más significativa para la estabilidad estructural de la construcción.

Debe considerarse que el hierro puede presentar comportamientos corrosivos diferenciales en determinadas condiciones de servicio. En general el proceso corrosivo resulta de la combinación de factores que dependen de las características del metal, de las tensiones antes y durante su vida en servicio y de la composición química de la atmosfera corrosiva (accesibilidad del oxígeno, humedad y contaminantes atmosféricos). Los componentes de la

atmosfera antes mencionados junto a la radiación solar conforman el macroclima en el cual se encuentran expuestas las estructuras, mientras que el microclima es el clima específico que se desarrolla alrededor de la estructura. Los parámetros que definen a este último son:

- El tiempo de humectación de la superficie (película acuosa) o la formación de rocío.
- El calentamiento de los objetos por la radiación global, especialmente infrarroja.
- La contaminación de la película acuosa depositada sobre la superficie del objeto con iones de naturaleza acida (NO_x , Cl^- y SO_2).

Puede plantearse, entonces, que con una temperatura ambiente y una atmosfera seca (≤ 50 % de humedad relativa) o saturada (zonas sumergidas en agua), el proceso de corrosión no se desarrolla, en cambio, adquirirá particular relevancia en superficies humedecidas, dado que por ser una mecanismo electroquímico debe contar con la presencia de un electrolito, constituido por una película húmeda extremadamente delgada o bien una película acuosa. Es por ello que las precipitaciones (lluvia, nieve o niebla) y la condensación de humedad por cambios de temperaturas (rocío) serán los principales promotores de la corrosión atmosférica del hierro.

Una vez que las condiciones permiten que el proceso de corrosión se inicie, la intensidad del deterioro dependerá de distintos factores como ser el tiempo de residencia de la película del electrolito sobre la superficie del metal, la composición química de la atmósfera (contaminación del aire con gases, vapores ácidos y aerosoles del mar) y de la temperatura ambiente. La velocidad del proceso corrosivo es función directa de la disponibilidad de oxígeno y de su difusión, por consiguiente la película acuosa que se forma sobre la superficie del metal es el factor regulador de dicha velocidad, alcanzado un valor máximo en un espesor intermedio, en cambio para un espesor muy delgado la velocidad disminuye debido a una alta resistencia óhmica y por estar obstaculizadas las reacciones de ionización y disolución del metal.

ESTRUCTURAS RELEVADAS

Las estructuras híbridas relevadas corresponden a construcciones emplazadas en distintas atmosferas (urbana, rural, etc), presentando diferentes funcionalidades (establecimientos educacional, iglesia, complejo de viviendas familiares y casco de estancia de campo). En todos los casos se relevaron las patologías existentes y los deterioros que presentaban los diferentes elementos constructivos, pero para este trabajo se analizan, con exclusividad, las vinculadas a la corrosión de los perfiles metálicos que conforman los distintos elementos estructurales. En la Figura 1 se muestra un cálculo de una viga sustentada con dos apoyos correspondiente a una cubierta ejecutada con bovedillas y viguetas de hierro, obtenido en un texto técnico de principios del siglo XX.

Para caracterizar los perfiles metálicos empleados en estas estructuras se realizó un estudio metalográfico sobre una muestra obtenida de un elemento constitutivo del puente La Postera. El estudio metalográfico consistió en un análisis microestructural mediante banco metalográfico Reichter con analizador de Fotografías y la determinación de Microdureza Vickers empleando un microdurómetro Shimadzu, con carga de 50 gr y tiempo de 5s.

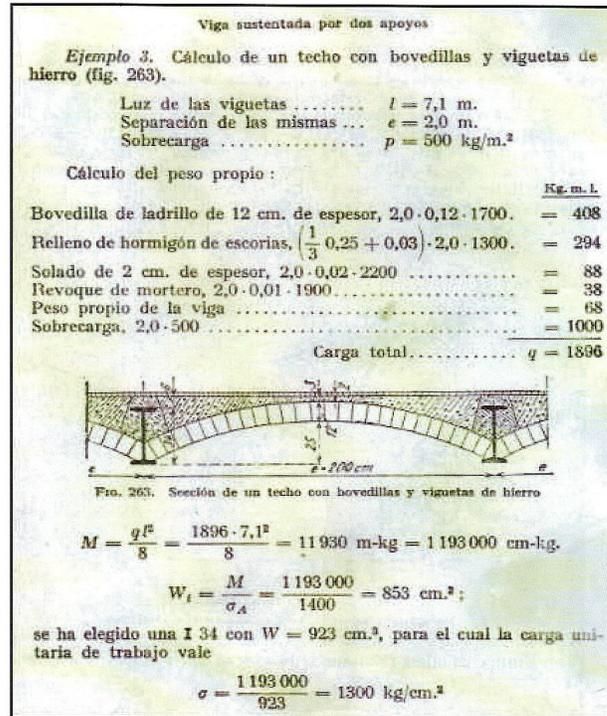
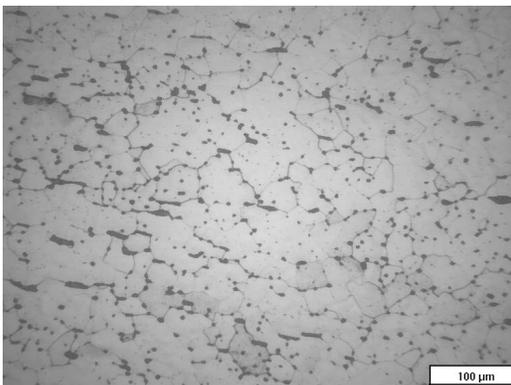
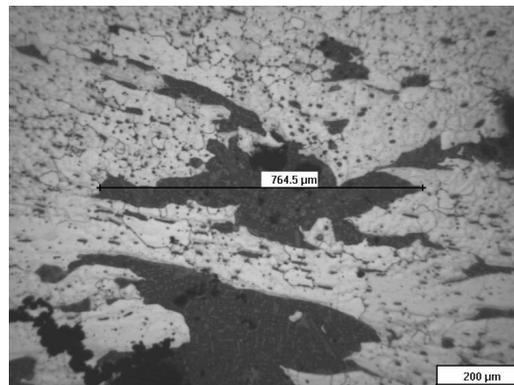


Figura1: Detalle de texto técnico (Circa de 1910). Se observa el cálculo y el plano de la bovedilla ejecutada con ladrillos cerámicos y perfiles metálicos.

En el análisis microestructural se observó que el material presenta una estructura totalmente ferrítica característica de un acero de muy bajo contenido de carbono. El acero presenta además, una gran cantidad de inclusiones no metálicas, la mayoría de las cuales se encuentran distribuidas a lo largo de los límites de grano ferrítico (Fotografía 9). También, se observan inclusiones de gran tamaño, algunas de ellas alcanzando longitudes mayores de 700 μm , estimándose que corresponden a la familia de los silicatos (Fotografía 10).



Fotografía 9: Micrografía del acero. Se observan las inclusiones metálicas distribuidas a lo largo del límite de grano.



Fotografía 10: Micrografía. Se observa una inclusión de tipo silicato con tamaño mayor a 700 μm .

Respecto a la microdureza Vickers del acero, el valor obtenido promedio de diez mediciones, fue de 190,5 Hv, resultado que indica que se trata de un acero de baja aleación deformado en frío. Debido a las inclusiones los valores de microdureza registraron una gran dispersión, habiéndose obtenido valores desde 188,1 a 739,2 Vickers, dispersión que puede ser atribuida a inclusiones de silicatos con compuestos oxidados en su interior.

Del estudio metalográfico realizado surge que el material con el que se confeccionaban los perfiles T es un acero de muy bajo carbono. Además, por la distribución de inclusiones en los límites de grano ferrítico y por la presencia de inclusiones tipo silicato de gran tamaño, se podría concluir que el proceso de fabricación de este acero corresponde a procesos de fusión en convertidores, los cuales comenzaron a desarrollarse en la segunda mitad del siglo XIX.

a- Establecimiento educacional de formación media

La construcción corresponde a un establecimiento educacional de la ciudad de La Plata, ejecutado en el año 1905. Con motivo del Centenario de la fundación la estructura fue restaurada, etapa durante la cual se repararon y en algunos casos se reemplazaron, debido al grado de deterioro, los morteros de revestimiento y los ornamentos. Luego de la restauración y puesta en valor del edificio, se observaron en las losas que conforman las galerías externas superiores, un esquema de fisuras en los solados y levantamiento (abovedamiento) de los solados.

Durante el relevamiento se detectó que las fisuras se repetían en las galerías del 1º y 2º piso, aproximadamente cada 60 cm. En estos sectores se procedió a detectar si por debajo de los solados existían elementos metálicos, para lo cual se empleo "Pachometer" verificándose la presencia de estos elementos que coincidía con la información que surgió de los planos originales de la estructura.

Se procedió consecuentemente a retirar el solado en dos sectores que presentaban el abovedamiento de las baldosas (Fotografía 11). Posteriormente se retiró la mezcla de asiento y el relleno de las bovedillas hasta descubrir el ala superior de los perfiles, visualizándose el alma de los mismos (Fotografía 12).



Fotografía 11: Detalle del solado. Se observa el levantamiento de los mosaicos.



Fotografía 12: Detalle de un sector donde se retiró el mosaico y la mezcla de asiento. Se observa el alma del perfil con desprendimientos de material.

Los perfiles presentaban un intenso proceso de corrosión, particularmente en el ala, dando origen a la formación de óxidos con un incremento de volumen significativo y disminución de la sección resistente. Además, se verificó en uno de los perfiles que al golpear el ala, de 10 cm de ancho, se desprendieron los productos de corrosión reduciéndose ese ancho a 7 cm aproximadamente y perdiendo además, espesor (Fotografías 13 y 14). También, se visualizó en otros sectores una fuerte corrosión con alteraciones del alma del perfil.



Fotografía 13: Detalle de un perfil. Se observa la pérdida de sección del ala.



Fotografía 14: Detalle de un perfil. Se observa la pérdida de sección en el ala con disminución del ancho y espesor.

Sobre el material de relleno extraído de los sectores afectados de las losas se determinó en laboratorio que corresponde a morteros cálcicos, disgregados debido al envejecimiento del ligante, con un pH del orden de 7.5, situación que confirma que se encuentran carbonatados. El contenido de agregados en el mortero es del 68,5 %, siendo el contenido de ladrillos cerámicos triturados del orden 10 % y el resto corresponde a una arena silíceo natural de río. Debe mencionarse que en el mortero mediante análisis químico se determinó un contenido de 0.004 % en peso de cloruros, obtenidos por disolución en agua. Estos cloruros pueden haber participado en el proceso de corrosión.

b- Edificio de viviendas familiares.

En un edificio de viviendas, de 3 pisos de altura, ubicado en Buenos Aires, construido alrededor del año 1914, fue intervenido en distintas oportunidades para remediar algunas patologías y deterioros, vinculadas a problemas de filtraciones. La estructura resistente del edificio esta constituida por una estructura mixta de mampostería de ladrillos cerámicos comunes con columnas y vigas conformadas por perfiles, que no se visualizan al estar empotradas en los muros o encontrarse cubiertos por cielorrasos suspendidos.

Los niveles de la estructura están conformados por vigas principales metálicas (perfiles doble T), que apoyan en las columnas, Sobre estas vigas se encuentran vigas secundarias (perfiles doble T) dispuestas cada 0.90cm. En los locales húmedos (cocina, lavaderos, baños) se observa la ejecución de losas entre los perfiles antes mencionados (luz entre apoyos 0.90 cm) con un refuerzo consistente en perfiles T de pequeña sección. En los

locales secos, los niveles se conforman por las losas armadas antes mencionadas, tirantería de madera apoyada sobre los perfiles metálicos y pisos de madera clavados a los tirantes.

En los locales se observan particularmente el desarrollo de fisuras en los cielorrasos originales, con espesor mínimo menor a 5 mm, en correspondencia con los perfiles metálicos de la estructura de sostén. También, se verificaron fisuras en muros que se desarrollan preferentemente en forma vertical en correspondencia con elementos metálicos (perfiles de columnas). En los locales húmedos (cocinas, lavaderos o baños), se detectó el desprendimiento de material de recubrimiento de los perfiles metálicos situación que se observó en las losas bajo terrazas. Se observa una fuerte corrosión de los perfiles T que se disponen como armadura, llegando en algunos casos a la desaparición de los mismos (Fotografías 15, 16, 17, 18).

En los sectores comunes, especialmente en los balcones, se observan fisuras paralelas a la dirección de los perfiles metálicos. En varios de los balcones las juntas entre cerámicos están mal tomadas existiendo fisuras abiertas, hecho que conduce al ingreso de agua de lluvia que circula a través de los mismos, originando manchas y/o depósitos de productos de lixiviación debajo de los mismos. En el sótano, se observa fundamentalmente la corrosión de los perfiles metálicos que conforman las columnas. En una de las columnas metálicas, revestidas con mampostería, se observó que los perfiles doble T se encuentran altamente corroídos llegando principalmente a nivel de piso a la desaparición de los mismos.

La mayoría de las fisuras, que presenta la estructura, deben ser atribuidas al aumento de volumen que se origina al corroerse los elementos metálicos. Además, el pH del material se encuentra debajo de los límites para generar una protección al hierro, por lo cual el mismo se encuentra proclive a ser corroible en situaciones favorables por presencia de humedad y oxígeno. Los porcentajes elevados de iones cloruros en el material que constituye la losa, deben haber participado en el proceso, situación que se corrobora al encontrarse mediante análisis químico la presencia de cloruros en los productos de corrosión (herrumbre).



Fotografía 15: Detalle de perfiles T corroídos. Se observa el desprendimiento del material de recubrimiento.



Fotografía 16: Vista de un balcón. Se observa el desprendimiento del revestimiento por procesos de circulación de agua y corrosión de los perfiles.



Fotografía 17: Detalle de un muro. Se observa una fisura vertical en coincidencia con un perfil empotrado.



Fotografía 18: Detalle de una columna. Se observa los perfiles metálicos con signos de corrosión.

El material que conforma las losas presenta en la superficie externa, tonalidades blanquecinas grisáceas hasta parduscas, mientras que en los sectores internos, se observan tonos gris claro a gris oscuro. Esta compuesto por una matriz de granulometría muy fina, en general de aspecto terroso. Incluidos en dicha matriz, se observan fragmentos de formas y tamaños variables (generalmente no mayores a 1.0 a 1.5 cm) y angulosos. Se reconocen fragmentos de color gris oscuros y pardos, porosos, ricos en burbujas, a veces comportamientos magnéticos y6 generalmente mas duros que el vidrio que han sido asignados a escorias con residuos de hierro, fragmentos de color gris oscuros, hasta negros, con brillo vítreo relativamente blandos y deleznable bajo la presión del dedo, asignables a algún tipo de carbón y fragmentos de color pardo rojizos, con superficies terrosas, asignables a tierras cocidas (ladrillos).

El valor de la densidad saturada y superficie seca (D_{ss}) es de 1600; el análisis químico indica que el material continente un porcentaje de alrededor del 55% de residuo insoluble (arena, tierra, escoria, etc.) y un 13% de oxido de calcio, contiene además carbón y restos orgánicos (papel, textiles, etc.). También, se cuantifico el contenido de cloruros mediante análisis químicos, verificándose que el contenido de cloruros totales es de 0.075% y el de cloruros solubles del orden 0.055 y el pH de 9.1.

De la estructura relevada solo pudo extraer muestra de los productos de corrosión de los perfiles. Sobre la herrumbre obtenida de un trozo de perfil doble T, se determinó la existencia de cloruros arrojando un porcentaje elevado de 0.227%, lo cual está indicando la existencia de un de proceso de corrosión por picado.

c- Iglesias

Una de las iglesias relevadas fue la iglesia Maria del Carmen, en la localidad de López Lecube, partido de Púan, (Fotografías 19 y 20). Este pueblo como muchos de la provincia, tuvo una etapa de un fuerte crecimiento y desarrollo socio económico particularmente a

partir de la época en que llega el ferrocarril, fines del siglo XIX comienzos del XX. El pueblo desde su fundación y hasta 1936 tuvo su mayor crecimiento demográfico debido a la explotación de una cantera de roca para balasto y agregados para hormigón, llegando a una cantidad de 600 habitantes aproximadamente; actualmente posee solamente 30 habitantes.

La iglesia es de planta cruciforme de arquitectura ecléctica y de estilo romántico -gótico, conformada por una nave central que se remata en la parte trasera en el atrio principal y sobre el frente la torre del campanario. La particularidad que presenta esta iglesia es que la cubierta principal se desarrolla a dos aguas con bovedillas ejecutadas con perfiles metálicos doble T y ladrillos cerámicos (Fotografía 21). Debe mencionarse que el diseño arquitectónico es del al Arq. P. Jürgensen de origen alemán quien posee entre sus obras diversas construcciones, fundamentalmente iglesias en Berlín, Alemania. También, la cubierta de las dos galerías laterales esta ejecutada con la misma tecnología empleada en la cubierta.



Fotografía 19: Vista de la Iglesia en la época de su inauguración (Circa de 1905).



Fotografía 20: Vista actual de la Iglesia (Año 2008).



Fotografía 21: Detalle de la cubierta principal. Se observa el sistema de bovedilla con perfiles metálicos doble T y ladrillos cerámicos comunes, ejecutado sobre una estructura metálica.



Fotografía 22: Detalle de un ornamento de la fachada frontal. Se observa el desprendimiento de morteros debido al proceso corrosivo de los elementos metálicos de refuerzo.

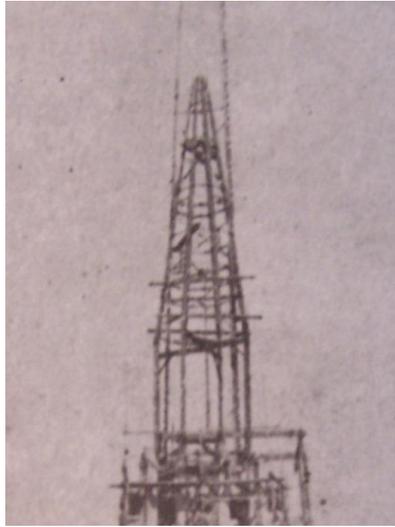
Durante el relevamiento se verifico el desprendimiento de los morteros de algunos ornamentos dejando al descubierto los elementos metálicos con un fuerte proceso de corrosión (Fotografía 22). Respecto a los perfiles que conforman la cubierta principal se verifico la existencia del inicio de un proceso inicial de corrosión.

La otra iglesia relevada corresponde a la Inmaculada Concepción, en la ciudad de Lincoln, Provincia de Buenos Aires, construida en el año 1895 y diseñada por el Ing. Arq. Juan A. Buschiazzo. La iglesia es de estilo Neogótico, construida en forma de cruz latina, cuya nave principal mide 37.5 metros de largo por 9 metros de ancho. La torre de campanario situada en el centro de la fachada, eleva su aguja a 47 metros de altura (Fotografía 23). El Arq. Buschiazzo había realizado para esa época algunos edificios para mercados en la ciudad de Buenos Aires, empleando con exclusividad perfilaría metálica y cerramientos de mampostería.

Durante un relevamiento efectuado en el año 2007, se verificó que la patología más significativa se presentaba en la torre del campanario. La torre tiene ocho (8) columnas separadas por un vano de 100 cm de luz con marco de madera y cerramiento de malla metálica, las columnas tienen una altura de 700 cm x 40 cm de lado y del lado interior del campanario tienen forma de V. Estos elementos contienen en su interior perfiles metálicos que se continúan para conformar el chapitel que culmina con la cruz (Fotografía 24) y están recubiertos con ladrillos cerámicos comunes revocados y asentados en cal. Las columnas presentaban el desarrollo de fisuras verticales y horizontales, siendo las más significativas las verticales dado que se continuaban a lo largo de toda las columnas (Fotografía 25). El esquema de fisuras puede ser atribuido a un proceso de corrosión de los perfiles y no a las vibraciones originadas por el bamboleo de las campanas, como era la suposición generalizada antes de verificar la existencia y fundamentalmente el proceso de corrosión de los perfiles empotrados en las columnas. Las vibraciones originadas en el tañir de las campanas puede haber incrementado el espesor de las fisuras.



Fotografía 23: Vista de la iglesia en el año 2007



Fotografía 24: Detalle de la Torre del campanario. Se observa los elementos metálicos durante el proceso de construcción (Circa de 1895).



Fotografía 25: Detalle de una de las ocho columnas. Se observa el desarrollo de una fisura longitudinal.

d- Casco de estancia

El casco de la estancia esta ubicado sobre la Ruta Provincial N° 11 sobre la costa del Rio de La Plata, en el partido de Punta Indio, construida a fines del siglo XIX. La residencia se halla emplazada en un parque diseño del Arq. Carlos Thays, con una avenida arbolada central que conduce hacia la costa del río. Posee tres niveles y se destaca por las anchas galerías perimetrales a alto nivel, los balcones con balaustres, los techos de pizarra con cenefas de metal y las escalinatas. En la planta baja se desarrollan las habitaciones de servicio, con puertas que abren hacia una espaciosa galería. En el nivel intermedio se ubica la recepción y los dormitorios principales que abren a la galería circundante. Arriba predomina la cubierta de chapa acanalada de color negro con mansardas. La casa se vincula con el paisaje a través de grandes escaleras de mármol que llegan a la senda oval que la separa de la arboleda (Fotografía 26).

La estructura se desarrolla con muro de mampostería de ladrillos cerámicos comunes revocados con morteros cálcicos, losas conformadas por bovedillas de hierro doble T revestidas con cielorrasos de yeso aplicados sobre bastidores de madera en la parte inferior y en la superior con solados de madera o de mosaicos.

En la mayoría de los perfiles que constituyen las bovedillas se observan signos de corrosión, con presencia de herrumbre, la cual altera en distinta magnitud su capacidad resistente (Fotografía 27), en este caso también fue posible verificar el levantamiento de los pisos de las terrazas. Debe mencionarse que se observaron algunos perfiles con un alto grado de corrosión, en particular en el alma y consecuentemente con una reducción significativa de su sección resistente.



Fotografía 26: Vista general del casco de estancia.



Fotografía 27: Detalle de las bovedillas. Se observa el desprendimiento de morteros originados por el proceso corrosivo de los elementos metálicos.

CONSIDERACIONES FINALES

El empleo de perfilaría metálica produce un cambio significativo en la tecnología constructiva dado que permitió lograr estructuras con mayor luz entre los elementos portantes. Posteriormente comienzan a ejecutarse obras que mantenían el concepto del empleo del perfil metálico como elemento estructural resistente recubriéndolo con ladrillos cerámicos comunes, rocas, morteros cálcicos, denominando a este tipo de construcción como estructuras híbridas. Puede plantearse que esta tecnología constructiva es la precursora de la del hormigón armado.

En la Argentina este cambio tecnológico también se vio materializado dado que en un periodo se ejecutaron estructuras únicamente en hierro como por ejemplo muchas estructuras industriales y de infraestructura como son los puentes viales construidos de la Provincia de Buenos Aires, diseñado y ejecutado por el Ing. Luis M. Huelgo. A partir de ese periodo se comenzaron a construir estructuras híbridas, particularmente en la ciudad de Buenos Aires y en ciudades y pueblos de las Provincia de Buenos Aires y en otras provincias argentinas, de distinto tipo y con distintos diseños y estilos arquitectónicos como iglesias, edificios públicos, instituciones educacionales, viviendas familiares, etc. Toda la perfilaría metálica empleada en estas construcciones fue importada desde Europa, debido a que en la Argentina en esa época aun no existía la industria siderúrgica. A partir de la segunda década del siglo XX, dejaron de construirse por el desabastecimiento del acero provocado por la Primera Guerra Mundial. Una de las obras que padeció este corte de suministro de acero es la correspondiente al Palacio de Correos, ubicado en la ciudad de Buenos Aires, que comenzó a construirse con esta tecnología a principios del año 1900 y se finalizó luego de más de 30 años con el empleo de hormigón armado o los puentes viales de la Ruta n°1, la cual une a Buenos Aires con La Plata, cuyo último puente es un arco de hormigón armado (año 1916).

Del relevamiento efectuado en estructuras híbridas con diferentes funciones (iglesias, establecimiento de formación media, edificio de viviendas, casco de estancia) surge que en todos los casos los perfiles metálicos que conforman la parte estructural (losas, bovedillas, balcones, etc) presentan un proceso de corrosión que en algunos casos ha causado la

perdida de sección resistente de los perfiles por disminución de las secciones del ala y en otros casos del alma. En otros casos la corrosión es prácticamente superficial.

Puede plantearse que la causal principal del inicio y desarrollo de la corrosión es la presencia de agua, proceso que tienen su origen en la ejecución deficiente de las tareas en la etapa constructiva, como por ejemplo el inadecuado tomado de las juntas de soldados o a un mantenimiento inadecuado de los sistemas de desagües durante su vida en servicio.

De los resultados de los ensayos realizados sobre muestras de los materiales constituyentes de las losas que recubren a los perfiles, surge que poseen propiedades inadecuadas para la protección de los mismos, debido fundamentalmente al bajo pH con valores entre 7.5 y 9.0, a lo cual se suma una alta porosidad y una baja densidad. También, se han determinado en algunos casos un contenido elevado de cloruros atribuible al empleo de materiales de relleno contaminados con dicho elemento. Debe mencionarse que, casi con seguridad, los cloruros han participado en el proceso de corrosión. Respecto a los perfiles empleados en las estructuras relevadas puede plantearse que se tratan de aceros obtenidos mediante procesos de fusión en convertidores, tecnología desarrollada a partir de la Revolución Industrial.

Como conclusión final surge que los procesos de corrosión de los perfiles metálicos que conforman las estructuras híbridas son atribuidos en la mayoría de los casos a una falta de un mantenimiento periódico o a la ejecución inadecuada de la construcción de la cual forman parte.

Por último resulta aconsejable profundizar los estudios y las experiencias tendientes a establecer las técnicas de evaluación y fundamentalmente la de restauración y conservación de la perfilaría metálica de las estructuras híbridas que conforman el patrimonio arquitectónico. Esta situación adquiere un interés relevante ya que por la edad que presentan las mismas, construidas a fines del siglo XIX y principios del XX, comienzan a presentar procesos de corrosión en mayor o menor grado, afectando en algunos casos la funcionalidad de la construcción.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen a los Ing. Grau, Jorge y Gregorutti, Ricardo, pertenecientes al Área Metalografía del LEMIT, por los estudios realizados.

REFERENCIAS

- [1] LONGONI, René, TRAVERSA, Luis P. "LOS PUENTES DE HUERGO". Premio Anual de Arquitectura, Urbanismo, Investigación y Teoría CAPBA. 2001.
- [2] CIRVINI, Silvia Augusta. "LA EDIFICACIÓN "CONTRA TEMBLORES" APORTES PARA UNA HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE EN ARGENTINA". Revista de Historia de América. 2001.
- [3] GANDOLFI, F., GENTILE, E. y OTTAVIANELLI, A. "DE CORREO CENTRAL A CENTRO CULTURAL BICENTENARIO PROBLEMAS Y SOLUCIONES PARA LA ENVOLVENTE". VI Jornada "Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio".
- [4] TRAVERSA, L., DI MAIO, A. y LONGONI, R. "HISTORICAL AND MODERN ARCH BRIDGES, BUILT FROM THE END OF 19TH. TO THE MIDDLE OF 20TH CENTURY IN THE PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA". Third International Arch Bridges Conference (ARCH'01). París, Francia. Organized by the Ecole Nationale des Ponts et Chausees – FIB – ACI. September 2001. pp. 91-96.
- [5] "HOMENAJE AL ARQ. LORENZO SIEGERIST". <http://lorenzosiiegerist.blogspot>.
- [6] ELSNER, Cecilia. I. "CORROSIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES METÁLICAS. II Jornada "Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio". LEMIT. La Plata. 2003.
- [7] Informe Técnico "IGLESIA INMACULADA CONCEPCIÓN DE LINCOLN PROVINCIA DE BUENOS AIRES" Expediente: 54.826/06. LEMIT.2006
- [8] ILORO, Fabian H. "MONOGRAFÍA ESTADO DE CONSERVACIÓN IGLESIA NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN. LOPEZ LECUBE - PÚAN, BUENOS AIRES". Curso Avanzado de Especialización en Restauración y Conservación de Construcciones y Bienes Patrimoniales. 1ª Edición 2008. LEMIT. La Plata. Buenos Aires