

CODE 217

ATILIO PAIVA OLIVERA FOOTBALL STADIUM CONSERVATION ASSESSMENT, RIVERA-URUGUAY

EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL ESTADIO DE FÚTBOL ATILIO PAIVA OLIVERA, RIVERA-URUGUAY

**Mussio, Gianella¹; Bozzo, Laura; Fontana, Juan José; Botta, Carla; Crosa, Karen;
Decesari, Lucía; Ferreira, Marcia; Olivera, Leticia; Ramos, Noelia; Saura, Mariana;
Troche, Facundo; Zubeldía, Guillermo**

1: Universidad de la República, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Instituto de Tecnologías.
e-mail: gianellamussio@gmail.com, lbozzofadu@gmail.com, juanjosefontana@fadu.edu.uy,
carlabpessoulle@gmail.com, karen.crosa@gmail.com, decesarilucia19@gmail.com,
marciaferreiraiseb@gmail.com, leticia.olivera9@gmail.com, ramos_noelia@hotmail.com,
msaura@outlineoffice.com, facundotroche11@gmail.com, gzubeldia@gmail.com

RESUMEN

El estadio de fútbol Atilio Paiva Olivera se encuentra en la ciudad uruguaya de Rivera, ubicada en el norte del país, en la frontera con Brasil. La primera tribuna data del año 1966 y las tres restantes fueron construidas entre 1994 y 1995. Esta importante intervención permitió que la ciudad se convirtiera en una de las sedes de la Copa América disputada en Uruguay en 1995.

El escenario deportivo está formado por cuatro tribunas de hormigón y un conjunto de servicios construidos en mampostería cerámica ubicados bajo las mismas. En la actualidad la tribuna antigua está pintada y las otras mantienen el hormigón visto sin ninguna protección. El estadio no ha tenido un uso frecuente y desde la inauguración de la ampliación no se realizaron tareas de mantenimiento.

En el año 2022 el propietario del bien, la Intendencia Departamental de Rivera (IR), preocupado ante la constatación de lesiones, tales como humedad por filtración, fisuras y corrosión de aceros, acordó con la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) de la Universidad de la República la realización de un informe técnico con el objetivo de evaluar el estado de conservación del mismo, atendiendo principalmente a su desempeño estructural.

A los efectos de realizar un diagnóstico de situación la FADU conformó un equipo integrado por docentes provenientes de distintas especialidades e implementó una metodología de trabajo para la caracterización y evaluación de desempeño de los distintos componentes de hormigón armado que conforman la estructura del estadio. Entre las actividades desarrolladas se destacan la recopilación de antecedentes, ejecución de ensayos y técnicas experimentales *in situ* y en laboratorio, identificación y registro de lesiones y modelización estructural de algunos sectores.

Se considera que el estudio realizado brindó los insumos necesarios a partir de los cuales la Intendencia podrá definir las acciones necesarias para habilitar el uso del estadio en condiciones de seguridad al tiempo de prolongar su vida útil. En este artículo se presentan la metodología aplicada, los principales resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas.

PALABRAS CLAVES: Hormigón armado; Desempeño estructural; Lesiones; Diagnóstico.

1. INTRODUCCIÓN

El caso de estudio es un ejemplo representativo de la relevancia del fútbol en la cultura deportiva uruguaya. El estadio se encuentra en la ciudad de Rivera, capital departamental fronteriza con Brasil que cuenta en la actualidad con poco más de 100.000 habitantes. La historia de este escenario comienza en 1927 cuando se inaugura la primera cancha o campo conocido como *Field Municipal*, a impulso del político local Atilio Paiva Olivera. En 1966, luego de un proceso de más de 10 años culminaron los trabajos para la construcción de una tribuna que transformó aquel campo en estadio, aumentando su capacidad de 300 a 7000 espectadores. Años más tarde y con el fin de cumplir los requisitos para que Uruguay pudiera organizar la Copa América de 1995, Rivera se constituye en sede y en 1994 comienza la construcción de tres nuevas tribunas y ampliación de la existente. Mediante esta importante intervención el estadio triplicó su capacidad locativa al tiempo que lo dotó de un conjunto de servicios asociados, destinados a baños, vestuarios, alojamiento, etc. Las obras se ejecutaron en nueve meses, tiempo récord considerando las tecnologías de la época, los recursos disponibles en la ciudad y la ubicación de ésta en el territorio nacional.

En virtud de estas modificaciones el estadio actualmente está conformado por una tribuna construida en 1966, denominada *Oficial* y la ampliación de 1995 formada por las tribunas: *Norte*, *Sur* e *Italia*, más dos tramos laterales adicionados a la *Oficial*. La tribuna *Italia* es la única que se desarrolla en dos niveles (Figura 1). La estructura se resuelve en todos los casos con pórticos de hormigón armado. Los servicios en su mayoría se ubican bajo las gradas y se construyeron con mampuestos cerámicos o de cemento.

La solicitud de la Intendencia de Rivera a la FADU surge a partir de la preocupación ante la constatación de lesiones, especialmente en los elementos de hormigón armado que conforman la estructura de las cuatro tribunas. La situación es entendible si se tiene en cuenta el escaso mantenimiento registrado desde la última ampliación.



Figura 1. Tribunas Norte, Italia y Sur (de izquierda a derecha).

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

A los efectos de cumplir con el objetivo relativo a la evaluación del estado de conservación del estadio con foco en su desempeño estructural, el equipo docente implementó un conjunto de actividades que

incluyeron en términos generales la recopilación de antecedentes, toma de datos dimensionales, constructivos y de lesiones.

Complementariamente se llevó a cabo una campaña experimental basada en la aplicación de técnicas *in situ* y en la extracción de muestras para el posterior análisis en laboratorio. Los resultados obtenidos, aún con las limitaciones que se comentarán más adelante, permitieron determinar propiedades de interés relativas a la caracterización y a la durabilidad de los distintos hormigones empleados. Los ensayos realizados incluyeron resistencia a la compresión de testigos y superficial (número de rebotes), densidad, profundidad de pérdida de alcalinidad, resistividad eléctrica del hormigón, permeabilidad al agua bajo presión (pipeta Karsten), contenido de ión Cl⁻ y potencial de corrosión.

El estudio comprendió también la modelización estructural espacial de ciertos sectores por el método de elementos finitos a los efectos de visualizar y obtener una aproximación numérica a las tensiones, deformaciones, cuantías y fisuras teóricas (no admisibles). El cálculo estructural de los estados límite últimos y de servicio fue realizado siguiendo los procedimientos de los Eurocódigos [1], [2], [3]. Los resultados obtenidos con relación a las fisuras admisibles fueron contrastados con la identificación de lesiones a los efectos de analizar las posibles causas de origen estructural.

Las principales limitantes identificadas refieren a la falta de recaudos técnicos, especialmente de la tribuna Oficial, a la imposibilidad de inspeccionar algunas zonas y a las dimensiones involucradas. Al respecto, corresponde informar que, en virtud de la gran extensión y vasto volumen de hormigón armado, se tomaron algunas decisiones desde el punto de vista metodológico. Así por ejemplo se optó por hacer un reconocimiento primario la totalidad del estadio en sucesivas inspecciones oculares para posteriormente y en función de criterios de selección adoptados, definir sectores a estudiar con mayor profundidad. Los criterios consideraron por un lado variables dimensionales, estados de carga y vínculos entre los elementos estructurales y por otro la presencia de lesiones ya registradas.

El análisis y procesamiento de la totalidad de datos recabados permitió extraer conclusiones de los distintos sectores, las cuales con la debida cautela fueron extrapolables a los restantes sectores para llegar a tener un panorama de la situación actual del estadio.

3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS Y RESULTADOS PARCIALES OBTENIDOS

3.1 Recopilación de antecedentes y exploración primaria

Con relación a los antecedentes se indagó en artículos de prensa Riverenses proporcionados por el Dr. Eduardo Palermo que relatan la historia del Estadio. Además, se accedió a los recaudos gráficos de la primera ampliación proyectada por el Arq. Walter Domingo los cuales, lamentablemente, aportaron escasos datos, en particular, sobre la resolución estructural. Con respecto a las obras ejecutadas entre 1994 y 1995 se contó con recaudos gráficos, en poder de la IR, que refieren exclusivamente a planos de estructura e instalación sanitaria, aunque no hay certeza que se trate de la versión finalmente construida. Adicionalmente, se entrevistaron arquitectos e ingenieros vinculados al proyecto de arquitectura, al cálculo estructural y a la dirección de obra en representación de la empresa contratista.

A partir de los datos recabados se diseñaron las fichas que permitieron hacer el registro primario de los aspectos constructivos y de lesiones de la totalidad del estadio, asimismo se corroboraron algunas dimensiones generales. Para la implementación de esta etapa se llevaron a cabo actividades adicionales tales como sectorización del edificio, graficación, redacción de un glosario particular de términos y entrenamiento del equipo de trabajo. Las actividades permitieron obtener una noción integral de la situación, visualizándose cuestiones vinculadas a los procedimientos constructivos, a las características aparentes de los distintos hormigones, a las tecnologías empleadas, la resolución de vínculos entre elementos estructurales y las principales lesiones. Así por ejemplo se pudo constatar que en la más antigua los pórticos y las gradas fueron llenados *in situ*, en tanto en las más recientes se observan algunos cambios, como el uso de elementos prefabricados para la ejecución de parte de las gradas. Una vez

finalizada esta etapa se seleccionaron seis tramos: dos en la tribuna *Oficial*, dos en la *Italia*, uno en la *Norte* y otro en la *Sur*, los cuales fueron nuevamente inspeccionados a los efectos de realizar un estudio pormenorizado (Figura 2).

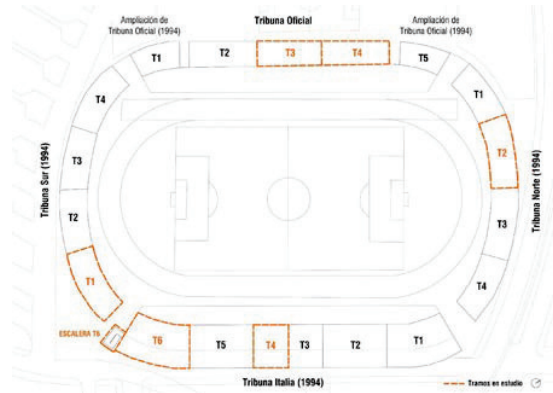


Figura 2. Planta general del estadio con sectores a estudiar

3.2 Mapeo de lesiones

Al cabo de las inspecciones oculares se pudieron constatar las siguientes manifestaciones patológicas: fisuras y grietas, craquelado, desprendimientos, armadura expuesta, manchas de corrosión, discontinuidad de encofrado, coqueas, eflorescencias, presencia de agua, acumulación de agua, manchas negras y biodeterioro. Si bien apuntaba a la identificación de cualquier tipo de lesiones, interesaba en particular registrar aquellas que pudieran tener implicancias directas en el desempeño estructural.

Todas ellas fueron graficadas en plantas, fachadas y cortes de gradas, losas y pórticos. Los mapeos resultaron de gran utilidad a los efectos de analizar las más recurrentes, las ubicaciones características y constatar situaciones atípicas. Como es sabido, estos gráficos acompañados de imágenes debidamente referenciadas constituyen un registro actualizado del estado de situación y resultan necesarios para la determinación de causas, así como también para monitorear la evolución en el tiempo de las lesiones o para evaluar futuras reparaciones (Figura 3).



Figura 3. Mapeo de lesiones del tramo 01 de tribuna Sur. Pórtico P111-P112.

De las inspecciones oculares y el posterior procesamiento de los mapeos surgieron las siguientes constataciones:

Cómo era previsible se reconocen diferencias entre la tribuna *Oficial* y las más nuevas relativas a la ejecución, así por ejemplo en la primera se observan resaltes provenientes de las tablas de encofrado y en las otras entre chapones o en juntas de hormigonado. En las últimas aparecen también los remanentes de anclajes pasantes que aseguraban los chapones. Por lo general, tanto los resaltes cómo los huecos motivaron reparaciones posteriores al desencofrado a los efectos de regularizar la superficie. Estas situaciones generan a su vez matices en la coloración y en las texturas del hormigón. En algunos casos las reparaciones provocan fisuraciones. En las tribunas inauguradas en el año 1995 se destacan las uniones entre piezas prefabricadas y las llenadas *in situ*, donde se han producido fisuras y filtraciones de agua desde las gradas. Con frecuencia se observan coqueras. Otro problema identificado refiere a la falta de impermeabilidad de los distintos elementos, juntas de trabajo abiertas o defectuosas que habilitan el pasaje de agua, lo que se suma a las escasas o nulas pendientes en gradas y circulaciones. Asimismo, se pudo constatar en todas las tribunas, sectores con recubrimientos inferiores a los especificados en los antecedentes (en el caso de tribunas nuevas) y a los recomendados en la normativa nacional para el caso de la *Oficial*. Todos estos aspectos vinculados al diseño del proyecto y de la estructura, a la calidad de los hormigones empleados y a los procesos de ejecución resultan indicativos de los problemas que presentan los componentes estructurales. En lo que refiere a las lesiones cabe señalar que no se han visualizado a simple vista, flechas excesivas, ni desplomes. Por el contrario sí se registraron fisuras de variados andamios así cómo también manchados por corrosión y varillas de acero expuestas corroídas. Si bien resulta difícil hacer una valoración al respecto, se puede señalar que, salvo sectores excepcionales de la tribuna *Oficial*, no se han constatado barras delaminadas con disminución importante de sección. Por último corresponde señalar un conjunto de lesiones que afectan especialmente a la tribunas de 1995, tales cómo humedad por filtración, eflorescencias, biodeterioro, manchados negruzcos que afectan significativamente los pórticos y planos inferiores de gradas, evidenciando la falta de estanqueidad al agua, antes mencionada.

3.3 Actividades experimentales

Las determinaciones de propiedades efectuadas *in situ* y en laboratorio tuvieron cómo objeto conocer las características y comportamiento de los hormigones de la tribuna *Oficial* y de las más recientes. Los ensayos se realizaron siguiendo procedimientos normativos o previstos en bibliografía especializada [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], y los resultados obtenidos se describen en las Tablas 1, 2 y 3.

Tabla 1: Ensayos *in situ*

Elem. Estructural	Pórticos				Gradas				Norma o procedimiento
	Italia	Norte	Sur	Oficial	Italia	Norte	Sur	Oficial	
Ubicación/Tribuna									
Extracción De Testigos (cantidad)	2	-	-	4	1	-	-	1	UNIT-ISO 1920-6:2019
Resistencia Superficial (número de rebote)	58	57,2	57,5	52,5	46,3	42,0	53,4	42,8	UNIT-ISO 1920-7:2004
Permeabilidad al agua (ml/min) 10min	0,16	0,16	0,16	0,17	0,33	0,33	0,33	-	UNE-EN 16302:2016
Profundidad pérdida alcalinidad en perforaciones (mm)	-	2,7	8,3	31,6	-	28,8	2,5	30,7	Manual DURAR, 2000

Tabla 2: Ensayos *in situ*. Potencial corrosión (mV - Cu / CuSo₄)

Estribos N°	1	2	3	4	5	Ubicación	Norma
Tramo vertical. Medición superior	40	73	36	60	72	Tribuna Norte Tramo 2 (viga L de grada 27 - 25)	ASTM C876-99
Tramo vertical. Medición media	-3	7	-4	25	50		
Tramo vertical. Medición inferior	-23	-31	-45	-6	23		
Cruce con armadura longitudinal inferior	-62	-87	-100	-62	-56		

Tabla 3: Ensayos en laboratorio

Elemento Estructural	Pórticos				Gradas				Norma o procedimiento
	Italia	Norte	Sur	Oficial	Italia	Norte	Sur	Oficial	
Ubicación/Determinación									
Profundidad pérdida de alcalinidad en testigos (mm)	6,15	-	-	42,8	33,4	-	-	4,6	Manual DURAR, 2000
Resistencia a la compresión (MPa)	43,05	-	-	16,03	22,58	-	-	-	UNIT-ISO 1920-6:2019
Resistividad Eléctrica (Ohm x m)	110	-	-	128	165	-	-	291	UNE 83988- 1:2008
Ión Cloruro (Cl- / cemento)	< 0,001	< 0,001	-	-	< 0,001	-	-	-	Rilem Tc 178- Tmc
Densidad hormigón (kg/m ³) saturado.	2370,8	-	-	2429,8	2452	-	-	2496	UNIT-ISO 1920-5:2018

Con relación a las determinaciones realizadas se pueden hacer las siguientes consideraciones:

- Los valores de resistencia superficial obtenidos en los pórticos de todas las tribunas son superiores a los de las gradas. En el caso de las tribunas *Norte*, *Sur* e *Italia* esta relación se corresponde con los valores de rotura a la compresión de probetas informados por la dirección de obra [12], así como también los indicados en los recaudos del proyecto estructural y con los valores de resistencia a la compresión expresados en la Tabla 3. Se observa además que la relación entre valores de resistencia superficial y resistencia a la compresión de testigos en pórticos es de 1,3 para la tribuna *Italia* y de 3,3 en la *Oficial*.

- Con respecto a la tribuna *Oficial* los valores de rotura a la compresión obtenidos son orientativos dado que no cumplen con algunos de los requisitos establecidos en la norma aplicable. Esto refiere a que no se pudieron extraer cantidades suficientes de especímenes y a que la relación entre el diámetro del testigo y el tamaño del agregado es mayor a tres. En el caso de la grada el testigo fue descartado por que la altura era menor al diámetro.

- Los valores profundidad de carbonatación en pórticos determinados tanto *in situ* como en los testigos extraídos señalan que la pérdida de alcalinidad es superior en la tribuna *Oficial* que en las tribunas inauguradas en 1995, en correspondencia con las edades de los hormigones.

- El desempeño del hormigón frente a la permeabilidad al agua bajo presión es peor en gradas que en pórticos para todas las tribunas. Se aclara que las determinaciones se obtuvieron en superficies no pintadas o previo retiro de la capa de pintura. Adicionalmente se informa que en la tribuna *Oficial* los valores son menores cuando la superficie está pintada.

- La técnica electroquímica aplicada para conocer el estado de corrosión de las armaduras realizada en cinco estribos mostró valores inferiores a -200 y que en todos los casos van decreciendo hacia la parte inferior de la viga. Según la norma ASTM C876 los valores obtenidos indican una probabilidad del 90% de que exista corrosión. Los resultados son coherentes con lo observado *in situ*, ya que la cara inferior de la viga presentaba fisuración y eflorescencias.

3.4 Simulación estructural

A efectos de analizar y evaluar el funcionamiento teórico de la estructura del edificio y de obtener una aproximación numérica a sus deformaciones, tensiones, cuantías y fisuraciones, se realizaron una serie de modelos de cálculo con el programa RFEM 5.23.02 de la compañía Dlubal Software GmbH, capaz de calcular modelos estructurales espaciales por el método de elementos finitos (Figura 4). El análisis de los modelos estructurales permitió identificar en todos los tramos estudiados los elementos que se encuentran más comprometidos desde el punto de vista estructural de acuerdo a las hipótesis planteadas.

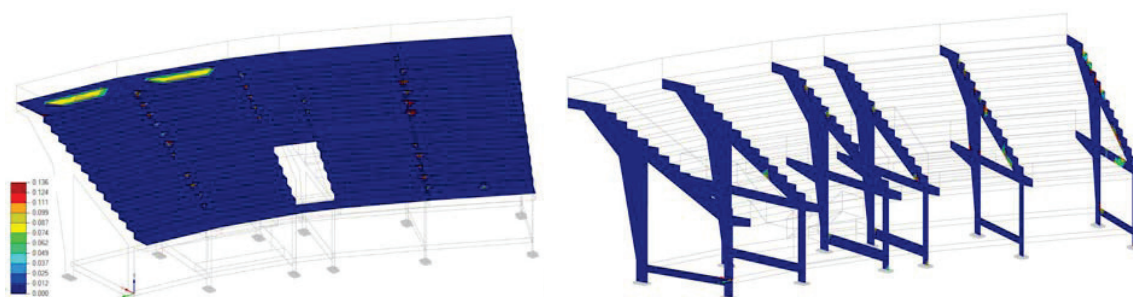


Figura 4. Diagramas de aperturas de fisuración (mm.) en gradas y pórticos del tramo 01 de tribuna Sur.

Se informa que para las tribunas *Norte*, *Sur* e *Italia* se asignó un hormigón de calidad C20, con una resistencia característica a la compresión (f_{ck}) en probeta cilíndrica de 2,0 KN/cm² a los elementos prefabricados de las gradas. En tanto a las vigas y pórticos se asignó un hormigón de calidad C30, con una f_{ck} en probeta cilíndrica de 3,0 KN/cm². Estos valores se corresponden con los resultados obtenidos en los ensayos de rotura a la compresión de testigos extraídos del edificio, los valores informados por la dirección de obra [12] y los de proyecto. En la tribuna *Oficial* se consideró para todos los elementos un hormigón de calidad C12 en correspondencia con el valor de resistencia a la compresión obtenido por ensayo de rotura.

De los modelos realizados surge que las máximas tensiones de compresión en los tramos estudiados de las tribunas *Norte*, *Sur* e *Italia* alcanzan los 1,64 KN/cm² en las gradas y los 1,99 KN/cm² en los pórticos, valores que resultan menores a la resistencia a la compresión considerada. Situación diferente se registra en la tribuna *Oficial* donde las máximas tensiones de compresión alcanzan los 2,44 KN/cm² en los pórticos, valor que supera la resistencia media obtenida en los ensayos a compresión de los testigos extraídos. Al respecto se debe señalar que el valor de resistencia a la compresión adoptado surge de un ensayo que presenta las limitaciones expuestas en 3.3 y que dicho valor se encuentra por debajo de los usuales para la época de construcción. Tampoco existe correlación con otras determinaciones realizadas ni con lo que surge de las inspecciones oculares respecto a la calidad del hormigón.

En todos los tramos estudiados, las deformaciones máximas y fisuraciones teóricas se encuentran dentro de los límites admisibles de acuerdo a la normativa de referencia, aún considerando un hormigón de

calidad C12 para la tribuna *Oficial*. En cuanto al análisis comparativo entre el estado de fisuración obtenido a partir de la modelización y las fisuras observadas *in situ*, no se ha encontrado correspondencia que permita relacionar las causas de las mismas con el desempeño estructural.

4. DIAGNÓSTICO

En función de la información recabada durante el proceso de trabajo y del análisis integral realizado sobre la situación actual se pudieron establecer las principales causas que dan origen a los procesos patológicos registrados. En términos generales corresponde señalar que la mayoría de las lesiones son atribuibles a causas indirectas [13]. Entre ellas se puede mencionar, por ejemplo, la falta de diseño o defectos en la instalación sanitaria (principalmente vinculados a la evacuación de aguas pluviales), fallas constructivas en la resolución de juntas de trabajo, problemas en la ejecución de hormigones o a los escasos recubrimientos observados. El poco o nulo mantenimiento registrado en las tribunas *Norte*, *Sur* e *Italia* sin dudas constituye un agravante. Es evidente que estas condiciones sumadas a las lluvias que se registran durante todo el año propician la aparición de gran parte de las lesiones. En cuanto a las fisuras, la gran mayoría de los casos son consecuencia de tensiones por variaciones higrotérmicas, retracción térmica o hidráulica, esfuerzos localizados o concentración de armaduras.

5. CONCLUSIONES

El informe realizado permite afirmar que no existen evidencias que comprometan la seguridad estructural en condiciones de uso debidamente explicitadas y controladas. Sin embargo, algunas fisuras, recubrimientos escasos, pérdida de alcalinidad en el hormigón en profundidades variables o la presencia de acero expuesto y corroído advierten sobre procesos patológicos que inciden directamente en la durabilidad y que podrían llegar a afectar la seguridad estructural a mediano o largo plazo.

Por lo expuesto se entiende necesario implementar medidas que apunten por un lado a proteger todos los elementos estructurales de hormigón armado existentes de la incidencia directa de agentes climáticos, y especialmente de la lluvia, rectificar pendientes con el fin de evitar acumulaciones de agua en planos horizontales, dotar de protecciones especiales a las zonas de alto tránsito previniendo el desgaste acelerado. Por otro lado, inspeccionar y monitorear de forma periódica y sistemática el estado de la estructura a fin de identificar precozmente la posible aparición de nuevas patologías y actuar en consecuencia.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los entrevistados, al Dr. Eduardo Palermo, a los arquitectos Luis Rodríguez Tellado, María Esther Fernández, Graciela Mussio, Diego Pelaéz y al ingeniero Ernesto Lima por el tiempo destinado a brindar los antecedentes del estadio. Asimismo, a los técnicos y funcionarios de la Intendencia de Rivera que colaboraron con las actividades desarrolladas por el equipo docente en el estadio.

7. BIBLIOGRAFÍA

[1] Asociación Española de Normalización. (2019). Eurocódigos. Bases de cálculo de estructuras. (UNE-EN 1990:2019).

[2] Asociación Española de Normalización. (2019). Eurocódigo 1. Acciones en estructuras. Parte 1-1: Acciones generales. Pesos específicos, pesos propios y sobrecargas de uso en edificios. (UNE-EN 1991-1-1:2019).

[3] Asociación Española de Normalización. (2020). Eurocódigo 2. Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-2. Reglas generales y reglas para edificación. (UNE-EN 1992-1-1: 2013).