



*UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA*

**farq | uruguay**  
*universidad de la república*

*Curso opcional Proyecto de estructuras  
Plan 2002*

*Detección y diagnóstico de lesiones en  
construcciones de hormigón armado*

*Complejo habitable Ch20 | Facultad de Ingeniería de la UDELAR*

*TESINA*

*Estudiantes: Angeles Colo  
Cristian López*

*Tutor: Juan José Fontana*

*2014*

# Índice

<b>Índice</b> .....	01
<b>Resumen</b> .....	04
<b>Introducción</b> .....	05
Objetivos.....	06
Limitaciones y Alcance.....	06
Instrumentos y Herramientas.....	07
Objetos de estudio.....	08
<b>Marco teórico</b> .....	09
1- Conceptos.....	09
Patología.....	09
Diagnóstico.....	09
Fallas y lesiones.....	10
A- Lesiones físicas.....	13
i. Humedad.....	13
ii. Erosión.....	14
iii. Suciedad.....	14

B- Lesiones Mecánicas.....	15
i. Deformaciones.....	15
ii. Grietas.....	16
iii. Fisuras.....	16
iv. Desprendimientos.....	17
v. Erosión mecánica .....	17
C- Lesiones químicas.....	18
i. Eflorescencias .....	18
ii. Oxidaciones y corrosiones .....	18
Carbonatación.....	19
iii. Organismos.....	20
iv. Erosiones.....	21
2- Presentación de casos edilicios.....	23
A- Complejo Habitable CH20.....	23
Sistema PNV.....	24
B- Sede de la Facultad de Ingeniería de la UDELAR.....	25
<b>Desarrollo.....</b>	<b>26</b>
Análisis de casos (fichas de diagnóstico).....	26
1. Complejo Habitacional CH20.....	27
2. Facultad de Ingeniería de la UDELAR.....	34

<b>Conclusiones</b> .....	45
Con respecto al CH20.....	47
Con respecto a la Facultad de Ingeniería.....	50
<b>Bibliografía</b> .....	54
<b>Anexo 01</b> .....	57

## Resumen

La tesina que hemos desarrollado presenta los procesos patológicos que suelen aparecer en la estructura de hormigón armado de algunas edificaciones. Reconocemos que el mismo se limita al estudio de las lesiones (relevamiento, indagación y apoyo en informes elaborados por autoridades) que evidencian dos ejemplos seleccionados a nuestro criterio. Se trata de edificios de gran escala, con entornos similares, construidos con tecnologías diferentes, de antigüedad y reconocidos en mayor o menor medida, tanto por lo antes mencionado o por su calidad estética (sea buena o mala), por cualquier ciudadano o individuo que recorra la ciudad; el Complejo Habitable CH20 y la Sede de la Facultad de Ingeniería de la UDELAR.

Luego de esta investigación coincidimos con la bibliografía citada, en cuanto a que los errores de diseño y la mala ejecución, de la mano de los efectos del entorno (que ha ido cambiando con el paso de los años) que atacan el hormigón, han sido los determinantes de las condiciones en que se encuentran hoy ambas edificaciones.

Invitamos a la lectura y a la profundización de la temática presentada, para entender más a fondo los procesos patológicos padecidos por ambas edificaciones, las causas, nuestras reflexiones y humildes sugerencias para cada situación.

## Introducción

Con el fin de profundizar nuestros conocimientos en el área de las patologías del hormigón armado, y considerando además las temáticas desarrolladas en el curso opcional de “**Proyecto de Estructura**”, es que nos planteamos investigar acerca de las lesiones y procesos patológicos (conceptos desarrollado más adelante) que pueden aparecer en edificaciones construidas con hormigón armado.

Es muy frecuente que durante las distintas etapas por las que atraviesa una obra arquitectónica consideremos una serie de factores y conceptos; estética, forma, composición, materialidad, iluminación, entre otros; y descartemos otros, muchas veces por olvido, otras por falta de conocimiento, siendo estas omisiones las que generan la inmensa mayoría de los padecimientos que luego se hacen presentes en la edificación. Por tal motivo, y considerando el poco involucramiento que propone nuestro plan de estudios con temáticas de este tipo es que creemos importante indagar acerca de estas cuestiones.

También creemos que este tipo de errores en nuestra arquitectura se vuelven cada vez más frecuentes y por lo tanto generar un material del tipo académico que dé cuenta de estas faltas y sus consecuencias, con ejemplos fácilmente identificables puede ser una buena herramienta para comenzar a trabajar al respecto.

## **Objetivos**

Seleccionaremos dos objetos de estudio con estructura de hormigón armado, para visitar, estudiar y analizar, reconociendo lesiones y procesos patológicos. Como producto de este análisis elaboraremos un informe a modo de “ficha técnica” de cada ejemplo con sus particularidades.

Finalizamos nuestra investigación con un estudio comparativo de ambas situaciones, apoyándonos en la información recopilada y elaborada, para brindar las recomendaciones pertinentes en cada caso (teniendo presente en todo momento nuestra calidad de estudiantes y no de técnicos expertos en el tema) en cuanto a cómo proceder en líneas generales considerando el panorama general.

## **Limitaciones y Alcance**

La investigación planteada consiste en ahondar nuestros conocimientos acerca de las lesiones que pueden aparecer en un edificio con estructura de hormigón armado, para luego enfocar dicho saber en el análisis de dos casos concretos. En nuestra calidad de estudiantes y considerando además la extensión determinada por el plan de estudio para el presente trabajo es que pretendemos desarrollar:

- Relevamiento de los procesos patológicos.
- Generación de fichas informativas y descriptivas de las lesiones presentes en cada caso.
- Elaboración de recomendaciones de acuerdo a los datos extraídos y procesados.

No consideramos, dentro del desarrollo del trabajo, la posibilidad de realizar un proyecto ejecutivo de recuperación de ninguno de los casos estudiados, por diferentes motivos:

- Los conocimientos técnicos que se necesitan para realizar un proyecto de tal extensión no nos fueron transmitidos a lo largo de la carrera dictada por la facultad de Arquitectura de la UDELAR, asumiendo nosotros la iniciativa de la investigación del tema en cuestión, con las limitaciones que esto implica.
- Los tiempos límites de elaboración del escrito resultaron determinantes al momento de planificar una estrategia de trabajo y las tareas a desarrollar.
- No existe la posibilidad de realizar ensayos (destrutivos o no destrutivos) de diagnóstico en las construcciones seleccionadas debido a su situación actual (siendo uno de ellos un edificio público con fines educativos y el otro uno privado de con fines habitacionales), acotando nuestras posibilidades de recolección de datos.
- Tampoco nos es posible acceder a todos los sectores del CH20, limitando nuestros relevamiento principalmente al estudio de los procesos que se manifiestan en el exterior en ambos edificios para tener el mismo punto de comparación.

## **Instrumentos y Herramientas**

Para la concreción del presente escrito nos apoyaremos en un compilado bibliográfico y en la posibilidad que existe de acercarnos a las obras seleccionadas como objeto de estudio, permitiéndonos obtener datos directos de las construcciones que resulten valiosos para el análisis.

Nuestra principal herramienta consistirá en la observación de las lesiones presentes, los efectos del paso del tiempo que resultan visibles en los objetos de estudio, y las indagaciones que podamos realizar según los datos obtenidos. También nos apoyaremos en el método de la entrevista como mecanismo de recopilación de datos,

siendo nuestras posibles fuentes aquellos individuos que habiten, hagan uso y/o frecuenten por distintos motivos las obras seleccionadas.

### **Objetos de estudio**

Los casos seleccionados para el estudio de sus procesos patológicos son la Sede de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (UDELAR) y el Complejo Habitacional CH20 del ex INVE, hoy Agencia Nacional de Vivienda (ANV).

Ambos ejemplos presentan características comparables, que nos permiten desarrollar un análisis de ambos panoramas completando así las reflexiones pertinentes a cada caso. Algunas de las características más evidentes son:

- ÷ Ambos edificios son de reconocimiento público, tanto sea por sus programas como por su escala y ubicación.
- ÷ A pesar de no tener la misma edad, presentan una antigüedad comparable (50 y 70 años aproximadamente) y que resulta además evidente la presencia de procesos patológicos en cada uno de ellos, no siendo tan obvio quizás en edificios más jóvenes.
- ÷ Como era de esperar, y conforme nuestro comentario del punto anterior, ambos casos manifiestan lesiones notorias y que a simple vista dan cuenta de un proceso avanzado de deterioro.
- ÷ La implantación de cada edificio y por ende la influencia ambiental es muy similar.
- ÷ Existe la posibilidad de acceso, con algunas restricciones en el caso del edificio de vivienda debido a su calidad de privado, no siendo este el caso de la facultad de ingeniería, lo que nos permite en principio desarrollar un análisis del exterior de cada uno. En el edificio CH20 el acceso a las unidades habitables y a otros espacios interiores o incluso la azotea no se nos fue permitido.

## Marco teórico

El presente ítem ha sido organizado en dos módulos. En el primero de ellos y como punto de partida para la comprensión del presente documento, creemos necesario desarrollar una serie de conceptos que están vinculados directamente con el tema a abordar.

Conceptos tales como: patología, diagnóstico, fallas y lesiones, causas, entre otros; resultan indispensables para avanzar a posteriori con el análisis de casos.

Para el mismo, y como segundo módulo de este segmento, procederemos con la presentación de los dos casos de estudio seleccionados, la Sede de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (UDELAR) y el Complejo Habitacional CH20.

### 1. Conceptos

#### Patología

Según varias fuentes la palabra “patología” proviene etimológicamente del griego **pathos** (sufrimiento) y **logos** (ciencia), pudiéndose entender el concepto en su totalidad como el estudio de las enfermedades (BROTO, 2005, p.31)..

*“Por extensión la **patología constructiva** de la edificación es la ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio o en alguna de sus unidades con posterioridad a su ejecución” (BROTO, 2005, p.31).*

#### Diagnóstico

Se entiende por diagnóstico de una patología constructiva, *“a la detección de un problema a través de sus signos (visibles e invisibles) basándonos en el conocimiento,*

*la inspección seria y profunda del lugar, el análisis y realización de ensayos y todo aquel elemento que coadyuve a una opinión valedera” (GORDIN, 2009, p.19).*

### **Fallas y lesiones**

Estas corresponden a cada una de las manifestaciones de un problema constructivo determinado, es decir, son síntomas que se hacen visibles durante el proceso patológico de una construcción (BROTO, 2005, p. 32).

Un diagnóstico acertado depende de la correcta identificación de estas fallas o lesiones, y en consecuencia el adecuado tratamiento de la edificación que las presenta.

Es importante tener presente que las lesiones pueden ser clasificadas de acuerdo a más de un criterio, pero a los efectos del presente informe manejaremos tan solo dos de estas clasificaciones (BROTO, 2005, p. 32).

La primera de ellas considera la procedencia de las mismas, existiendo lesiones denominadas **lesiones primarias** que se manifiestan en primera instancia por diversos motivos, como pueden ser (GORDIN, 2009, p. 20):

- ÷ *“Error de diseño*
- ÷ *Materialización del hecho constructivo, dentro del cual se detecta la falla en la puesta en obra.*
- ÷ *La falencia del material en sí mismo*
- ÷ *Ausencia de mantenimiento o mantenimiento mal ejecutado”*

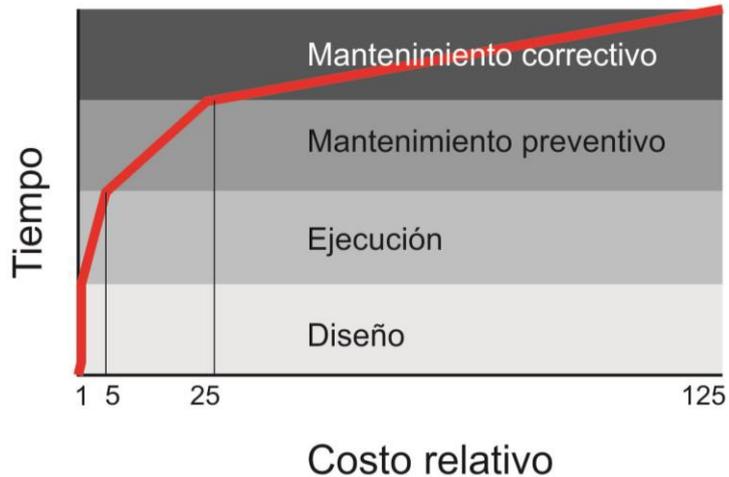
*“Las proporciones en las cuales ocurren las fallas antes mencionadas, si bien no tiene un valor de porcentaje estadístico exacto y los valores pueden ser quizás arbitrarios, los mismos coinciden en la opinión de muchos patólogos, estos son: Un 65% de las patologías detectadas, son atribuibles a errores de diseño o proyecto, 30% de patologías atribuibles a puesta en obra, divididas en un 10% atribuidas a dirección de*

obra y un 20% que es materialización de la obra propiamente dicha y apenas un 5% entre patologías por fallas del producto y por ausencia de mantenimiento o una realización inadecuada del mismo” (GORDIN, 2009, p. 20).

Pese a que los porcentajes asignados a este último ítem son mínimos en comparación con el resto, un buen plan de mantenimiento, organizado, bien ejecutado y con la frecuencia adecuada producirá resultados favorables en cuanto a la conservación de edificio y a los gastos que esto implica.

Tal afirmación queda demostrada por la “Ley de Sitter”, la cual divide el proceso constructivo y de uso de un edificio en cuatro etapas, relacionando a cada una de estas con su costo, y la variación de este de acuerdo a una progresión geométrica en función del tiempo.

El gráfico muestra el aumento de los costos en porcentajes, cuando se deben tomar medidas correctivas frente a problemas que no fueron contemplados en la etapa de



Ley de evolución de los costos, ley de Sitter  
 Imagen extraída de HELENE, 2003, p. 11

proyecto, y permitiendonos comparar además la relación de costos entre una etapa y otra.

Por ejemplo: el mantenimiento preventivo consiste en “toda medida tomada con antelación y previsión, durante el período de uso y mantenimiento de la estructura, puede ser asociada a un costo 5 (cinco) veces menor que aquel necesario para la corrección de los problemas generados a partir de una intervención no prevista tomada ante una manifestación explícita e irreversible de patología. Al mismo tiempo

*estará asociada a un costo 25 (veinticinco) veces superior a aquel habría ocasionado una decisión de proyecto para la obtención del mismo “grado” de protección y durabilidad de la estructura” (HELENE, 2003, p. 11).*

Por tal motivo resulta sumamente importante implementar técnicas de mantenimiento preventivo cuando pasamos por alto las soluciones más adecuadas en la etapa de proyecto.

Por otra parte las **lesiones secundarias** surgen como consecuencia de las anteriores. Es importante poder identificar y separar unas de otras para no tomar decisiones desacertadas que dificulten o entorpezcan el estudio patológico (BROTO, 2005, p. 32).

Como segundo criterio de clasificación podemos subdividir las lesiones en tres grandes grupos de acuerdo a la tipología del proceso patológico (BROTO, 2005, p.32):

- ÷ **Físicas**
- ÷ **Mecánicas**
- ÷ **Químicas**

## **A- Lesiones físicas**

Se entiende por aquellas que son causadas por fenómenos físicos tales como heladas, condensaciones, etc. (BROTO, 2005, p.32).

Las **causas** (entendidas en este caso como el origen de las lesiones) físicas más comunes son:

- i. Humedad
- ii. Erosión
- iii. Suciedad

- i. **Humedad** es el producto de la presencia de agua en un porcentaje mayor al soportado por un material determinado. Se distinguen cinco tipos de humedades:

- **De obra**

Es la generada durante el proceso constructivo, cuando no se ha propiciado la evaporación mediante un elemento de barrera (BROTO, 2005, p.32).

- **Humedad capilar**

Es el agua que procede del suelo y asciende por elementos verticales (BROTO, 2005, p.32).

- **Humedad de filtración**

Es la procedente del exterior y que penetra en el interior del edificio a través de fachadas y cubiertas (BROTO, 2005, p.32).

- **Humedad de condensación**

Es la producida por la condensación del vapor de agua desde los ambientes con mayor presión del vapor, como los interiores, hacia los de presión más baja, como los exteriores.

Puede dividirse en tres subgrupos, dependiendo de la zona donde se halle la condensación.

- Condensación superficial interior: aparece en el interior de un cerramiento.
- Condensación intersticial: aparece en el interior de la masa del cerramiento o entre dos de sus capas.
- Condensación higroscópica: se produce dentro de la estructura porosa del material que contiene sales que facilitan la condensación del vapor de agua del ambiente (BROTO, 2005, p.32).

° **Humedad accidental**

Es la producida por rotura de conducciones y cañerías y suele provocar focos muy puntuales de humedad (BROTO, 2005, p.32).

- ii. **Erosión** es la pérdida o transformación superficial de un material, que puede ser total o parcial (BROTO, 2005, p.32).
- iii. **Suciedad** es producida por las partículas en suspensión que se depositan en la superficie de la fachada. Pueden haberse depositado por acción de la gravedad o por el agua de lluvia que arrastra y hace que las partículas penetren en los poros del material generando marcas de forma alargadas sobre la superficie (BROTO, 2005, p.32).

## **B- Lesiones mecánicas**

Están conformadas por aquellas que son provocadas por movimientos, desgastes, aberturas, separaciones de material o elementos constructivos, etc. (BROTO, 2005, p.33).

Dentro de estas encontramos las siguientes categorías:

- i. Deformaciones
- ii. Grietas
- iii. Fisuras
- iv. Desprendimientos
- v. Erosión mecánica

- i. ***Deformaciones*** “son cualquier variación de la forma del material, sufrido tanto en elementos estructurales como de cerramiento y que son consecuencia de esfuerzos mecánicos, que a su vez se pueden producir durante la ejecución de una unidad o cuando ésta entra en carga” (BROTO, 2005, p.33).

Estas se subdividen en cuatro categorías que pueden ser originadas muchas veces por lesiones secundarias:

- **Flechas**

Flexión de elementos horizontales ocasionada por un exceso de carga vertical o por la transmisión de la carga de otros elementos a uno horizontal a través de un empotramiento (BROTO, 2005, p.33).

- **Pandeos**

Efecto de una fuerza de compresión que sobrepasa la capacidad resistente de un elemento vertical (BROTO, 2005, p.33).

- **Desplomes**  
Resultado de los empujes horizontales sobre la cabeza de elementos verticales (BROTO, 2005, p.33).
- **Alabeos**  
Rotación de elementos producida generalmente por esfuerzos horizontales (BROTO, 2005, p.33).
- ii. **Grietas** son todas aquellas aberturas de apariencia longitudinal que pueden hacerse presente en elementos estructurales, constructivos o de cerramientos que afectan todo su espesor. No deben confundirse con **fisuras**, siendo estas lesiones de una apariencia similar, pero afectan solamente de forma superficial al elemento en cuestión (BROTO, 2005, p.33).

Las grietas pueden ser clasificadas en dos subgrupos de acuerdo al tipo de esfuerzo que las provoca:

- **Por exceso de carga**  
Este tipo de grietas aparecen en elementos estructurales o de cerramientos que fueron sometidos a cargas mayores para las que fueron diseñados (BROTO, 2005, p.33).
- **Por dilataciones y contracciones higrotérmicas**  
Grietas que afectan a cerramientos de fachadas y cubiertas, e incluso a veces a elementos estructurales, cuando no fueron previstas las juntas de dilatación (BROTO, 2005, p.33).
- iii. **Fisuras**, como ya lo habíamos mencionado, son aberturas de aspecto longitudinal que afectan el acabado de un elemento constructivo. En algunos casos pueden ser consideradas como la etapa previa a la formación de grietas (BROTO, 2005, p.34).

Existen dos tipos de fisuras:

- **Reflejo del soporte**

Efecto que se da cuando el soporte no puede resistir determinados movimientos, siempre que exista discontinuidad constructiva. (BROTO, 2005, p.34)

- **Inherente al acabado**

Fisuras provocadas por movimientos de dilatación-contracción o retracciones en el caso de morteros (BROTO, 2005, p.34).

- iv. **Desprendimientos** son consecuencia de otras lesiones previas, tales como humedades, deformaciones o grietas, que provocan la separación de los elementos de acabado y el soporte. Afectan tanto a los acabados continuos como discontinuos, siendo el caso de estos últimos de particular importancia, ya que en el caso de cerramientos verticales atentan contra la integridad física del peatón (BROTO, 2005, p.34).
- v. **Erosión mecánica** son las pérdidas de material superficial debidas a esfuerzos mecánicos, como golpes o rozaduras (BROTO, 2005, p.34).

## C- Lesiones químicas

Son el producto de un proceso patológico de origen químico, que no presenta relación con los procesos antes mencionados, pero que puede ser confundido con alguno de ellos (BROTO, 2005, p.34).

En el caso de estas lesiones, la integridad de los materiales y su durabilidad se ven afectadas por la presencia de sales, ácidos o álcalis. Al igual que las anteriores se subdividen en grupos:

- i. Eflorescencias
- ii. Oxidaciones y corrosiones
- iii. Organismos
- iv. Erosiones

- i. **Eflorescencias**, se manifiestan en la superficie de un material por el efecto de la cristalización de las sales solubles presentes en el mismo, al ser arrastradas hacia el exterior por el agua cuando aparecen humedades.

Las eflorescencias pueden ser provocadas por sales provenientes de un material que se encuentra detrás o adyacente al material que presenta la lesión, así como también por sales cristalizadas en oquedades bajo la superficie del material, generándose su posterior desprendimiento. Entre las sales típicas podemos citar los sulfatos y carbonatos de sodio, potasio o calcio (BROTO, 2005, p.34).

- ii. **Oxidación y corrosión**, consisten en una serie de procesos que provocan la pérdida de material superficial en metales. La oxidación consiste en la transformación de la superficie de los metales en óxido frente a la presencia de oxígeno, como método para proteger el resto del material de este elemento;

mientras que la corrosión consiste en la pérdida progresiva de las partículas superficiales del metal (BROTO, 2005, p.35).

Comúnmente los elementos de hormigón armado presentan recubrimientos adecuados para evitar que estos procesos se den en el acero de sus armaduras. Pero la pasta de hormigón también sufre procesos químicos, que muchas veces hace que estos recubrimientos pierdan la capacidad de protegerlas. Este proceso se conoce como carbonatación.

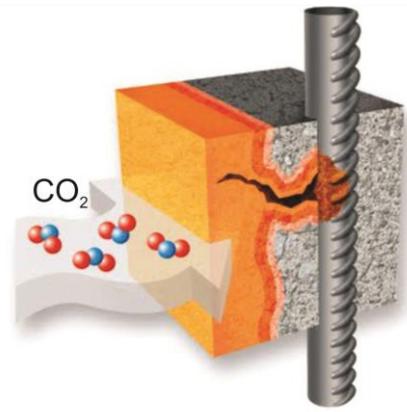
### **Carbonatación**

Consiste en la reacción que ocurre entre el hidróxido de calcio inactivo presente en la pasta de hormigón y el anhídrido carbónico de la humedad ambiente (generalmente entre el 50% y 70%) produciéndose carbonato cálcico que transforma el pH de la pasta de recubrimiento reduciendo su alcalinidad (pH de 13 o 12 a otro pH de 9.5 o 9), y por ende su capacidad de proteger las armaduras del elemento estructural (BROTO, 2005, p.150 y p.170), es importante destacar que es un proceso natural, que se da siempre. El impacto que tiene sobre el hormigón está ligado a las medidas preventivas que hayamos tomado.

*“El avance de la carbonatación está en función de la humedad relativa del aire, de la proporción de CO<sub>2</sub> y de la porosidad. A los efectos de evitar estos procesos es importante conseguir hormigones compactos y mantener los recubrimientos mínimos.*

*La zona carbonatada se determina aplicando al hormigón una solución alcohólica de fenolftaleína al 1.5 o 2 % con adición de un 10% de agua destilada. Las zonas con un pH mayor a 10 dan una tonalidad roja oscura.*

Un problema que plantean los hormigones fabricados en épocas recientes es el bajo contenido de cemento, al haberse dosificado por resistencia permitiendo el avance de la carbonatación” (BROTO, 2005, p.150).



■ Hormigón carbonatado  
■ Corrosión de armaduras

Cuando la carbonatación avanza hacia el interior, la capa de óxido estable que rodea las armaduras deja de ser estable, dando inicio el proceso de corrosión, resultando finalmente en el agrietamiento y astillamiento del concreto (IMCC, 2000).

Imagen extraída de <http://nicepricesl.blogspot.com/2012/10/como-reparar-elementos-de-hormigon.html>  
(Editada por nosotros)

Una vez que esto sucede, y se da el desprendimiento del recubrimiento de las armaduras quedando expuestas al impacto ambiental, se acelera el proceso de oxidación. En el caso de ambientes marinos y/o industriales, la concentración de iones de cloruro en el ambiente provoca la corrosión de las armaduras, al igual que sucede con la carbonatación, atacando la capa estable del acero, empeorando aún más la situación. Este proceso lleva el nombre de **ataque de cloruros** (HELENE, 2003, p.23).

- iii. **Organismos**, tanto animales como vegetales segregan sustancias que alteran la estructura química y física del material en que se alojan. Dentro de los organismos **animales** son dos los principales, el primero de ellos son los insectos que se alojan dentro de los materiales y se alimentan del mismo y el segundo, denominado animales de peso, son la aves o mamíferos pequeños que generan lesiones erosivas (BROTO, 2005, p.35).

Por otra parte están los organismos **vegetales**, que pueden ser de gran tamaño y ocasionar lesiones por su peso o raíces, o microscópicos como el **moho** y los

**hongos** que atacan el material de forma química; el primero de estos liberando sustancias que altera el color, olor, aspecto superficial e incluso puede erosionar; mientras que el segundo aparece principalmente en maderas y puede acabar deteriorando el material por completo (BROTO, 2005, p.35). Estos tipos de organismos también son una amenaza para las estructuras de hormigón armado, ya que tanto el moho como los hongos reducen el pH del hormigón, provocando la despasivación de las armaduras y posterior corrosión del acero (HELENE, 2003, p.384).

Mecanismos de Degradación			
Agresividad		Consecuencias inherentes al proceso	
Naturaleza del proceso	Condiciones particulares	Alteraciones de color/manchas	Alteraciones Físico-Químicas
Carbonatación	HR 60% a 85%	En general mas clara	Reducción del pH Corrosión del acero de refuerzo Fisuración superficial
Lixiviación	Atmósfera ácida, aguas blandas	Oscurece manchas con	Reducción del pH Corrosión del acero de refuerzo Disgregación superficial
Contracción	Mojado/secado Ausencia de curado	Manchas y fisuras	Fisuración Reducción del pH Corrosión del acero de refuerzo
Moho	Atmósferas urbanas e industriales (zonas húmedas)	Manchas oscuras	Reducción del pH Corrosión del acero de refuerzo
Hongos	Zonas húmedas y salinas	Manchas oscuras y verdes	Reducción del pH Disgregación superficial Corrosión del acero de refuerzo
Concentración Salina	Atmósfera marina e industrial	Blanquecino	Despasivación del acero de refuerzo Disgregación superficial

Cuadro extraído de HELENE, 2003, p.348 (Editado por nosotros)

El cuadro anterior resume los principales mecanismos de degradación de las superficies de hormigón, destacándose las causantes que hemos desarrollado recientemente.

- iv. **Erosiones** manifestadas en los materiales pétreos como la transformación molecular de su superficie a causa de la reacción química de sus componentes con otras sustancias (BROTO, 2005, p.35).

Es importante destacar que el proceso patológico no puede ser detenido tan solo interviniendo sobre las lesiones, sino que resulta indispensable identificar cual o cuales fueron las **causas** que dieron origen a las mismas. Una vez reconocidas estas podemos proceder a solucionar ambas cosas, las lesiones y sus causas, para evitar de esta manera que vuelvan a surgir (BROTO, 2005, p.35).

Se reconocen dos grupos de **causas de lesiones**:

- **Causas directas**

Aquellas que originan procesos patológicos de forma inmediata (BROTO, 2005, p.35).

- **Causas indirectas**

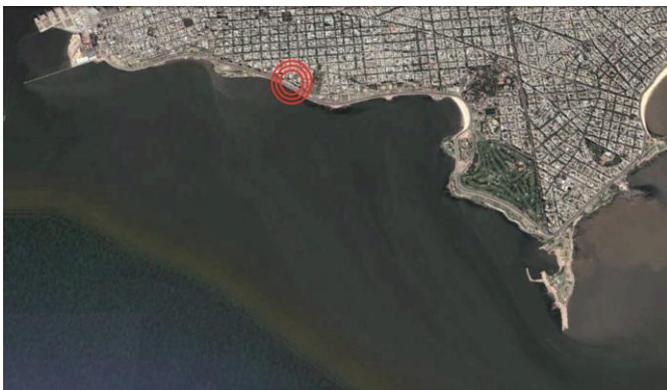
Errores de diseño y ejecución. Si pensamos en la prevención de procesos patológicos debemos estudiar muy bien la forma en que resolvemos nuestra arquitectura y ser más exigentes a la hora de ejecutarla (BROTO, 2005, p.35).

Habiendo presentado esta serie de conceptos podemos comenzar el estudio de los procesos patológicos de cada uno de los ejemplos seleccionados, planteándonos como punto de partida la identificación de lesiones y sus posibles causas, para sugerir a posteriori una estrategia de intervención como conclusión de nuestras evaluaciones.

## 2. Presentación de casos edilicios

Antes de presentar nuestras fichas de análisis y diagnóstico creemos conveniente hacer una síntesis de los casos a estudiar (los cuales ya fueron presentados) indicando características que resultarán relevantes al momento de interpretar algunas observaciones realizadas en las mismas

### A- Complejo Habitable 20 (CH20)



Este edificio se encuentra en Montevideo, en Barrio sur, sobre la rambla República Argentina.



Es un edificio de vivienda de carácter social impulsado por el ex INVE (Instituto Nacional de Vivienda, hoy ANV) construido en el año 1964, y adjudicado a sus usuarios 4 años después.



El CH20 presenta una planta baja libre y 6 niveles habitables con 96 viviendas a las cuales se accede desde 7 bloques verticales que contienen las escaleras.

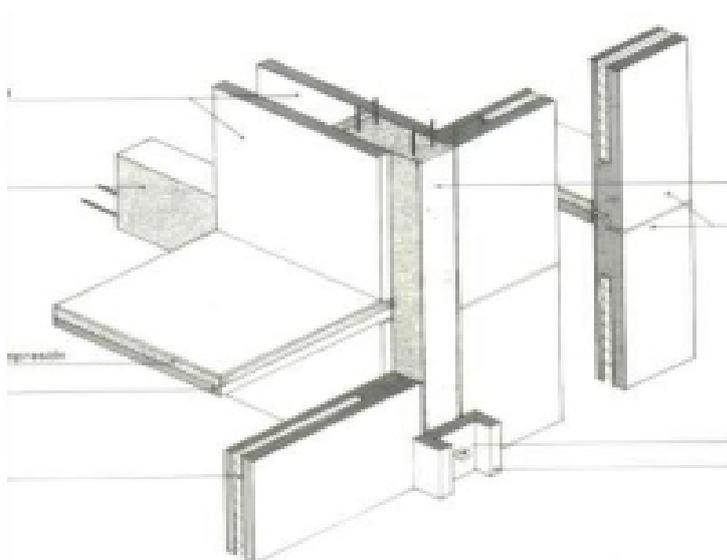
Su estructura está conformada por un sistema no tradicional auto portante en lo concerniente a

muros y losas, conocido por el nombre PNV, optando por un sistema de cimentación

independiente, del cual no tenemos información pero creemos que es de pilares y patines, apoyado sobre un manto rocoso de granito y cuarzo.

### Sistema PNV

Este sistema fue diseñado por el arquitecto Homero Pérez Noble y el técnico Leonel Viera. Es un sistema cerrado, cuyos elementos se fabrican en planta y luego son

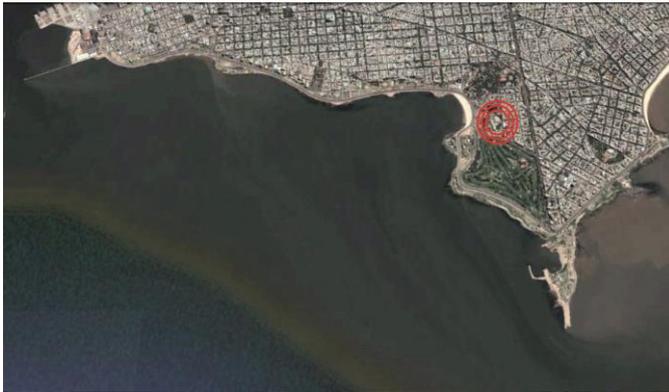


montados, compuesto por paneles prefabricados (interiores y exteriores), losas de techo, entresijos, ductos, escaleras y tapajuntas.

Los paneles están compuestos por dos placas prefabricadas (de dimensiones que varían de 3.5 a 6 metros) compuestas por hormigón con malla de acero y poliestireno expandido en el centro, que conforma la aislación en el caso de los cerramientos exteriores. Las uniones entre paneles son llenadas con mortero o conseguidas mediante soldadura eléctrica, siendo cubiertas posteriormente con tapajuntas, quedando inevitablemente molduras en las fachadas de la construcción (en el caso del CH20 fueron retiradas, debilitando las uniones y dejando zonas expuestas al surgimiento de lesiones).

El proceso de ensamblaje de este sistema consiste en la colocación de al menos tres paneles portantes, luego se llenan las uniones para dar monolitismo a la estructura, después se instalan los tabiques divisorios (de menor espesor) y por último se coloca el panel de losa y una carpeta de compresión, repitiendo el proceso en altura si el diseño lo requiere.

## B- Sede de la Facultad de Ingeniería de la UDELAR (FING)



El edificio también está ubicado en Montevideo, en el barrio Parque Rodó.

Fue diseñado por el arquitecto Julio Vilamajó, con la colaboración del ingeniero Walter Hill, en el año 1936, inaugurado parcialmente en 1945 y terminado en 1953.



Consiste en una serie de volúmenes separados de acuerdo a su función programática (cuerpo central, cuerpo norte y cuerpo sur)

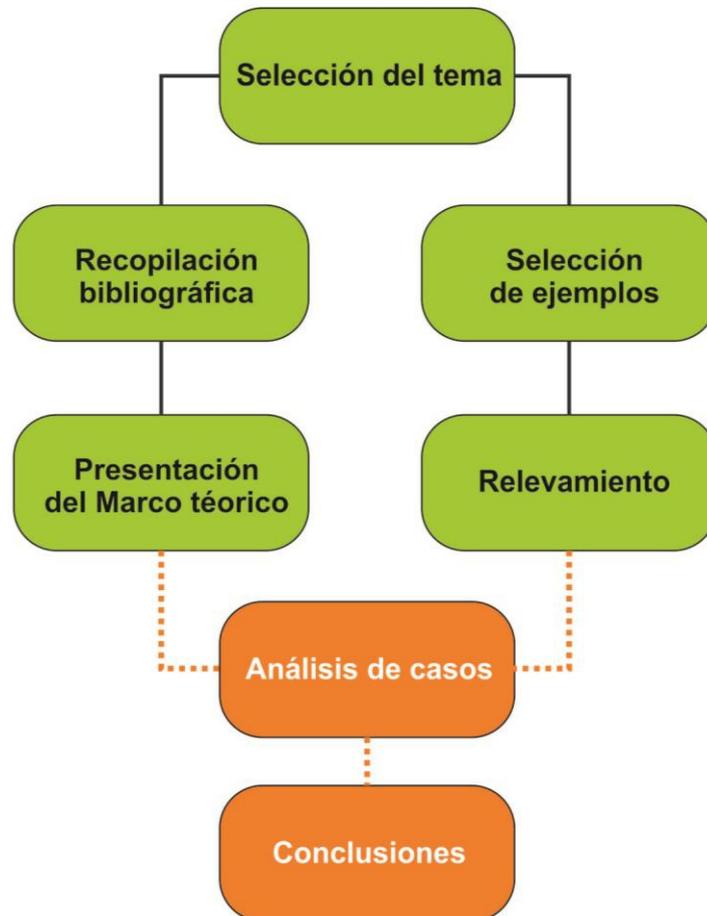


que se elevan mediante pórticos y conectan a través de circulaciones también elevadas, liberando el suelo para la circulación peatonal y vehicular siguiendo algunas ideas del movimiento moderno.

Presenta un aspecto pesado y contundente, con un material que se deja en su estado natural, hormigón visto sin revestimientos (el edificio no fue terminado, ya que el proyecto indicaba que debía ser revestido, esto resultó determinante para el surgimiento de procesos patológicos), y evidenciando también los distintos elementos de su estructura.

## Desarrollo

Nuestra dinámica de trabajo queda presentada en el siguiente cuadro. En él podemos observar los procesos o procedimientos planteados con respecto al cómo proceder para avanzar en esta investigación.



Algunas de estas etapas las hemos ido cumpliendo a lo largo del presente texto, y las restantes serán presentadas a continuación.

Para la etapa siguiente, de **Análisis de casos**, elaboramos una serie de fichas, donde se identifican lesiones de cada uno de los ejemplos y como síntesis se enumeran las posibles causas, efectos de estas, características y sugerencias de cómo proceder para su reparación.

# Complejo habitacional CH20



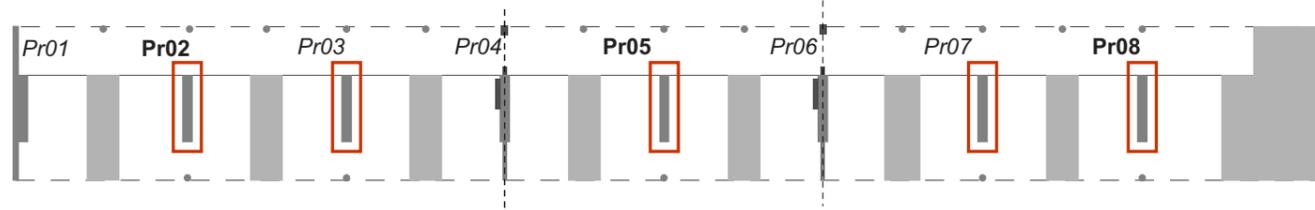
<b>Elemento estructural:</b>	<i>Pilar de sección rectangular</i>	<b>Localización:</b>	<i>Exterior</i>
<b>Síntoma:</b>	<p><i>Fisura.</i>  <i>Para este análisis nos basamos en: HELENE, 2003, p. 28, 29, imagen 1.2.5c.</i></p> <p><b>Morfología de la fisuración:</b>  <i>Una fisura vertical en cada cara del pilar, que inicia en la parte superior (en el encuentro con las losas) y se desarrolla en dirección descendente, presentando algunas pequeñas ramificaciones. En ningún caso la fisura llega a la base del pilar.</i></p>		
<b>Causa/s:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cargas excesivas o imprevistas.</li> <li>- Dimensionado de elemento insuficiente.</li> <li>- Materiales de calidad inferior con respecto a lo proyectado.</li> </ul>		
<b>Mecanismos de deterioro/degradación:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deformación del pilar, presencia de tracciones transversales debido al aplastamiento.</li> </ul>		
<b>Origen:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Errores de proyecto:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Omisión de algún estado de carga</li> </ul> </li> <li>- Errores de ejecución:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Cargas prematuras</li> <li>+ Distribución no uniforme de las tensiones de compresión debido a excentricidades de las cargas</li> <li>+ Dificultades durante el ensamblaje del sistema</li> </ul> </li> <li>- Otros posibles errores:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Materiales de menor calidad o dosificaciones distintas con respecto a lo proyectado.</li> </ul> </li> </ul>		
<b>Efectos y consecuencias:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceleración del proceso de oxidación de armaduras a raíz de la fisura que facilita la entrada de:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>+ oxígeno</li> <li>+ agua</li> <li>+ dióxido de carbono</li> <li>+ cloruros</li> <li>+ sulfatos, etc.</li> </ul> </li> <li>- Suciedad</li> </ul>		
<b>Recomendación:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reparación inmediata (refuerzo con fibra de carbono o apuntalamiento) ya que son fisuras de riesgo que pueden estar anunciando la rotura del elemento.</li> </ul>		

**Relevamiento fotográfico:**



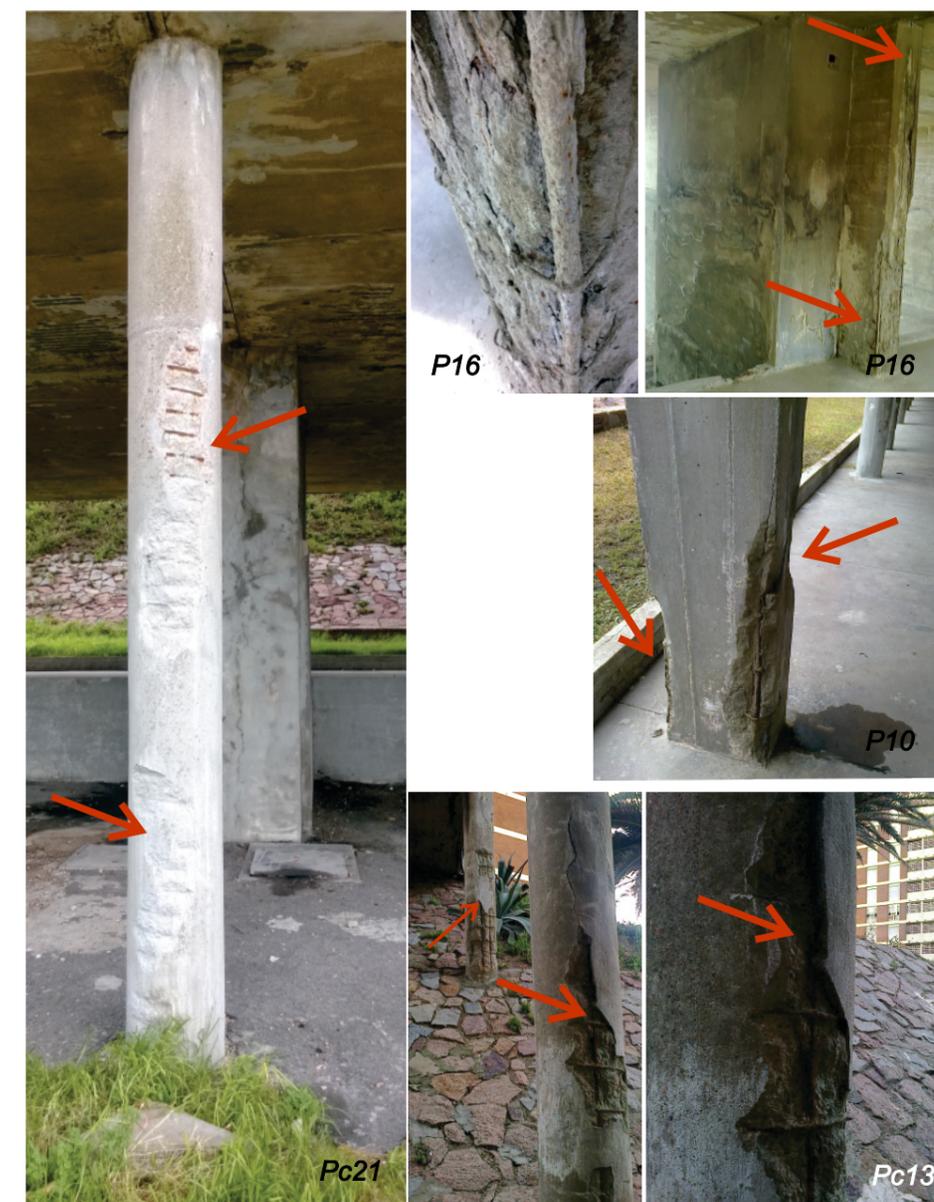
**Localización:**

PLANTA BAJA



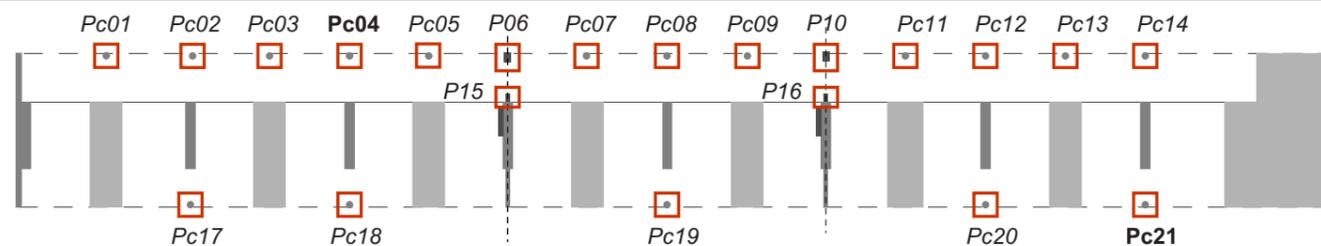
<b>Elemento estructural:</b>	<i>Pilar de sección circular</i>	<b>Localización:</b>	<i>Exterior</i>
<b>Síntoma:</b>	<p><i>Grietas</i></p> <p><b>Morfología de la fisuración:</b></p> <p><i>Grietas verticales, ubicadas longitudinalmente en los 2/3 inferiores del pilar, y transversalmente en la mitad frentista a la costa. Sin el mantenimiento adecuado se han agrandado, y constan de áreas enteras sin recubrimiento.</i></p>		
<b>Causa/s:</b>	<p>- Oxidación de la armadura longitudinal debido a la carbonatación del hormigón.</p>		
<b>Mecanismos de deterioro/degradación:</b>	<p>- Carbonatación del hormigón favorecido por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ hormigón poroso</li> <li>+ falta de recubrimientos y protecciones</li> <li>+ cercanía a la rambla (cloruros y dióxido de carbono de los vehículos)</li> </ul> <p>- Ataque de cloruros</p>		
<b>Origen:</b>	<p>- Errores de ejecución y/o proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Recubrimiento insuficiente, no se consideró las condiciones externas de localización</li> <li>+ Se elaboró un hormigón de mala calidad, muy poroso, con capilares (alta relación a/c, incorrecto curado, incorrecto llenado, entre otras causas).</li> </ul>		
<b>Efectos y consecuencias:</b>	<p>- Grietas y desprendimiento del recubrimiento</p> <p>- Pérdida de material, dejando visibles estribos y armaduras longitudinales.</p> <p>- Sin un correcto mantenimiento es inminente la corrosión de armaduras (principales y estribos).</p>		
<b>Recomendación:</b>	<p>- Cepillado, limpieza y protección de armaduras.</p> <p>- Estudiar si existe pérdida de sección para evaluar la necesidad de refuerzo.</p> <p>- Eliminación del hormigón "suelto", limpieza y posterior llenado con mortero de reparación.</p>		

**Relevamiento fotográfico:**



**Localización:**

PLANTA BAJA



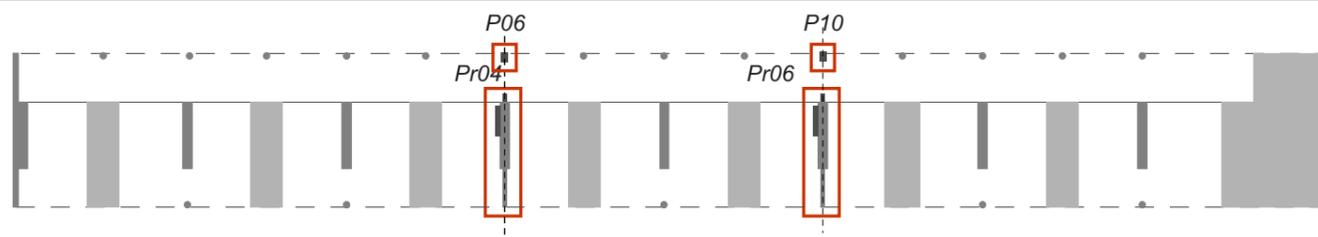
<b>Elemento estructural:</b>	<i>Pilar</i>	<b>Localización:</b>	<i>Exterior</i>
<b>Síntoma:</b>	<p><i>Separación de la junta de dilatación y fisuras.</i></p> <p><b>Morfología de la fisuración:</b></p> <p><i>Fisuras y grietas verticales de espesor variable que acompañan la junta de dilatación, a lo largo de todo el pilar.</i></p>		
<b>Causa/s:</b>	<p>- <i>Espesor insuficiente en junta de dilatación.</i></p>		
<b>Mecanismos de deterioro/degradación:</b>	<p>- <i>La estructura tiende a dilatarse y contraerse por cambios de temperatura, esas sollicitaciones no fueron resistidas correctamente por la junta, lo cual genera un proceso de deterioro. Acentuándose por la ausencia de mantenimiento.</i></p>		
<b>Origen:</b>	<p>- <i>Errores de ejecución y/o proyecto:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ <i>Espesor insuficiente.</i></li> <li>+ <i>Utilización de material inadecuado en la junta de dilatación, de elasticidad insuficiente.</i></li> </ul>		
<b>Efectos y consecuencias:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Aumento de la separación de la junta de dilatación con fisuración.</i></li> <li>- <i>Desprendimiento de material en la base del pilar</i></li> <li>- <i>Pérdida del material de la junta.</i></li> <li>- <i>Oxidación y corrosión de armaduras principales y estribos (en algunos casos).</i></li> </ul>		
<b>Recomendación:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Retirar el material de la junta, y realizar una nueva del espesor requerido.</i></li> <li>- <i>Reparar zonas del pilar afectadas por el desprendimiento de hormigón.</i></li> </ul>		

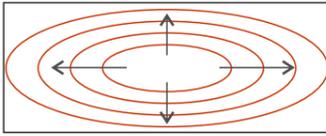
**Relevamiento fotográfico:**



**Localización:**

PLANTA BAJA



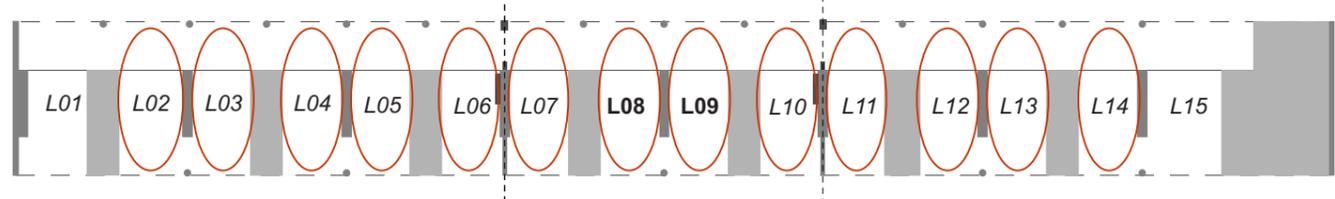
<b>Elemento estructural:</b>	Losa	<b>Localización:</b>	Exterior
<b>Síntoma:</b>	<p>Fisuras</p> <p><b>Morfología de la fisuración:</b></p> <p>Fisuras y desprendimientos en la cara inferior de la losa, en el sentido de las armaduras principales, las longitudinales. Teniendo su origen en el centro, aumentando de forma concéntrica. (Ver esquema)</p> 		
<b>Causa/s:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxidación de armaduras.</li> <li>- Deformación por fluencia (presenta deformaciones luego de muchos años bajo cargas o tensiones constantes)</li> </ul>		
<b>Mecanismos de deterioro/degradación:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carbonatación del hormigón.</li> <li>- Ataque de cloruros.</li> </ul>		
<b>Origen:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Errores de proyecto y del sistema constructivo:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>+ No se tuvo en cuenta la zona de construcción.</li> <li>+ El recubrimiento resulta insuficiente.</li> </ul> </li> <li>- Otros posibles errores:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Deficiencia en los estados de carga del hormigón "maduro".</li> </ul> </li> </ul>		
<b>Efectos y consecuencias:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desprendimiento del recubrimiento dejando las armaduras al exterior.</li> <li>- Existencia de manchas de humedad y eflorescencias en distintos sectores, debido a la presencia de agua.</li> <li>- Sin un correcto mantenimiento las lesiones continúan aumentando.</li> </ul>		
<b>Recomendación:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza y protección de armaduras.</li> <li>- Evaluar la necesidad de refuerzos por pérdida de sección de armaduras por oxidación.</li> <li>- Eliminación del hormigón suelto, limpieza y posterior llenado con mortero de reparación.</li> <li>- Se observan reparaciones superficiales isuficiente.</li> </ul>		

**Relevamiento fotográfico:**

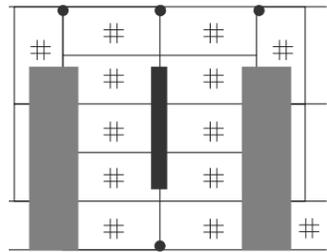


**Localización:**

PLANTA BAJA



Disposición de las placas de las losas en L08 y L09



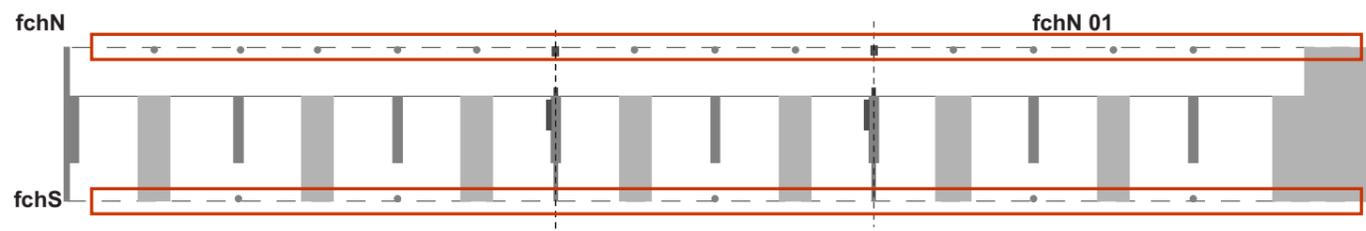
<b>Elemento estructural:</b>	Fachadas principales	<b>Localización:</b>	Exterior, Norte y Sur
<b>Síntoma:</b>	<p>Fisuras</p> <p><b>Morfología de la fisuración:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fisuras verticales que tienen origen en los vértices del vano. Fisuras que acompañan en paralelo todo el marco del vano.</li> <li>- Roturas en uniones de las placas.</li> </ul>		
<b>Causa/s:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Armaduras expuestas en la zona del vano</li> <li>- Oxidación de armaduras</li> </ul>		
<b>Mecanismos de deterioro/degradación:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Está sometido a las condiciones externas- ambientales-, variación de temperatura, humedad, lluvia, sol, <b>aire con salitre.</b></li> <li>- Carbonatación del hormigón.</li> </ul>		
<b>Origen:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Errores de proyecto y del sistema constructivo:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>+ No se previó suficiente acero alrededor de los vanos.</li> <li>+ Incorrecta ejecución en las uniones de las placas.</li> <li>+ No se usó producto o terminación para proteger el hormigón visto.</li> </ul> </li> <li>- Puede presentar asientos diferenciales (aunque se apoya en roca)</li> </ul>		
<b>Efectos y consecuencias:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fisuración con pérdida de material, dejando algunas armaduras a la vista.</li> <li>- Pérdida de hermeticidad / estanqueidad de la pieza.</li> <li>- Desprendimiento de material en las aristas de vanos y juntas de placas.</li> <li>- Corrosión de armaduras.</li> </ul>		
<b>Recomendación:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza y eliminación de hormigón suelto.</li> <li>- Colocación de refuerzos a 45° en vértices de vano.</li> <li>- Protección de armaduras y llenado con mortero de reparación, especial cuidado en las juntas.</li> <li>- Protección de toda la fachada con pintura o producto incoloro que actúe como barrera a la carbonatación.</li> </ul>		

Relevamiento fotográfico:



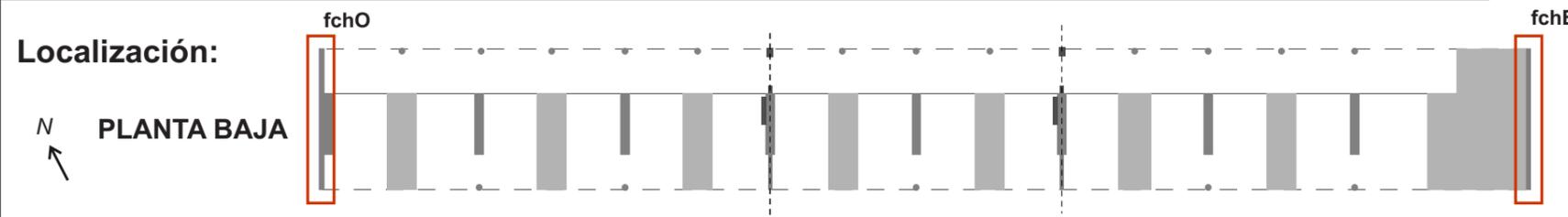
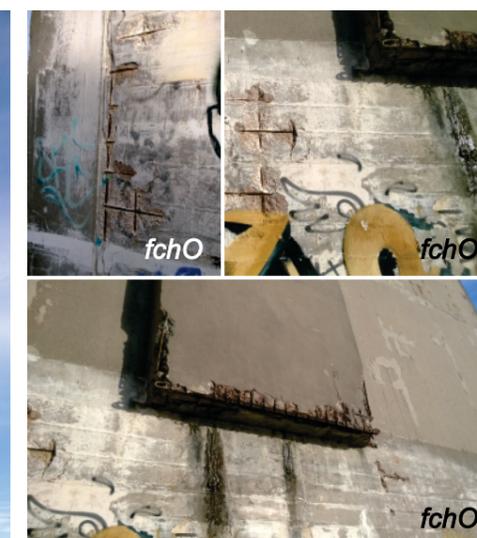
Localización:

PLANTA BAJA



<b>Elemento estructural:</b>	Fachadas laterales	<b>Localización:</b>	Exterior, Este y Oeste
<b>Síntoma:</b>	Fisuras  <b>Morfología de la fisuración:</b> - Erosión superficial. - Fisuras coincidentes con la ubicación de armaduras.		
<b>Causa/s:</b>	- Oxidación de armaduras		
<b>Mecanismos de deterioro/degradación:</b>	- Está sometido a las condiciones externas- ambientales-, variación de temperatura, humedad, lluvia, sol, aire con salitre. - Carbonatación del hormigón.		
<b>Origen:</b>	- Errores de proyecto y del sistema constructivo: + Incorrecta ejecución en las uniones de las placas. + Espesor del recubrimiento insuficiente, en placas prefabricadas y construcción tradicional. + No se usó producto o terminación para proteger el hormigón visto.		
<b>Efectos y consecuencias:</b>	- Fisuración con pérdida de material, dejando algunas armaduras a la vista. - Pérdida de hermeticidad / estanqueidad de la pieza. - Desprendimiento de material en zonas mas vulnerables, las aristas de ductos salientes y juntas de placas. - Carbonatación del hormigón y corrosión de armaduras.		
<b>Recomendación:</b>	- Limpieza y eliminación de hormigón suelto. - Cepillado y limpieza de armaduras oxidadas y corroidas. Posterior proteccion y llenado con mortero de reparación, especial cuidado en las juntas. - Protección de toda la fachada con pintura o producto incoloro que actúe como barrera y nuevo frente de carbonatación.		

Relevamiento fotográfico:

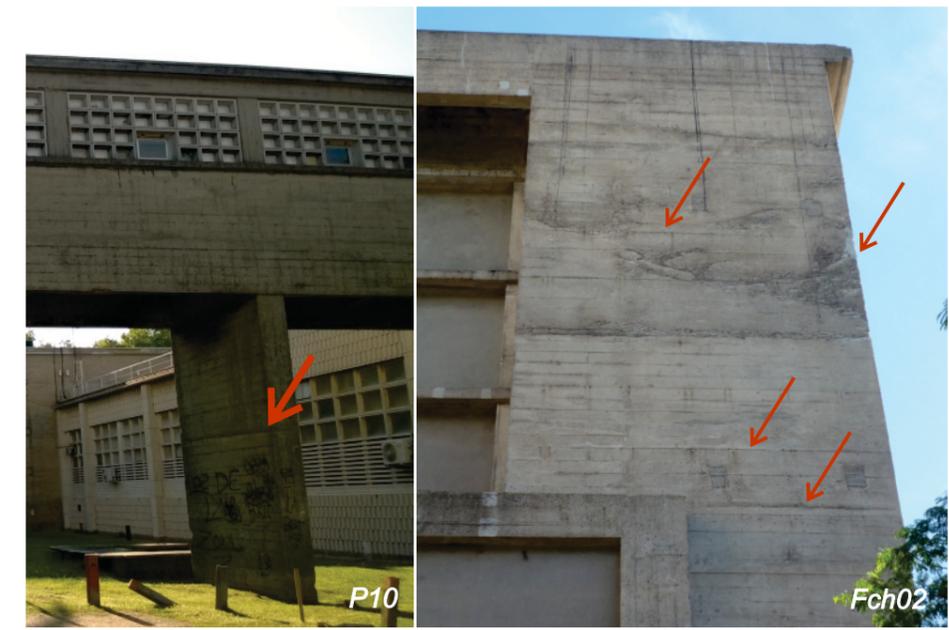


# Facultad de Ingenieria de la UDELAR

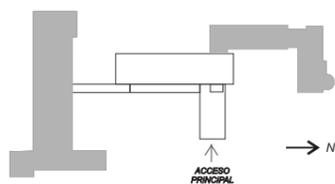


<b>Elemento estructural:</b>	<i>Pilar y fachada</i>	<b>Localización:</b>	<i>Exterior, estacionamiento</i>
<b>Síntoma:</b>	<p><i>Fuerte erosión a distintas alturas del pilar</i></p> <p><b>Morfología de la fisuración:</b></p> <p><i>Hendiduras que marcan transversalmente la totalidad del pilar, con notoria distinción del material (hormigón) de la parte superior con respecto a la inferior con relación a este eje. Material disgregado y áridos decantados.</i></p>		
<b>Causa/s:</b>	<p>- <i>Hormigón muy pobre en contenido de c.p.</i></p>		
<b>Mecanismos de deterioro/degradación:</b>	<p>- <i>Proceso prolongado de erosión, por estar sometido a las condiciones ambientales.</i></p>		
<b>Origen:</b>	<p>- <i>Errores de ejecución:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ <i>Errores en el mezclado del hormigón, insuficiente o demasiado enérgico, obteniendo un material heterogéneo.</i></li> <li>+ <i>Errores en el vibrado y/o curado, hormigón muy poroso, coqueas.</i></li> <li>+ <b>Errores en el llenado</b>, se nota claramente llenados, segregación de sus fases.</li> </ul> <p>- <i>Errores de proyecto:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ <i>Alta relación agua/cemento, hormigón pobre.</i></li> <li>+ <i>Hormigón visto en forma rústico con encofrado de tabla, generando rebarbas muy pronunciadas entre las juntas de los encofrados. (Previsto revestimiento que nunca se realizó)</i></li> </ul>		
<b>Efectos y consecuencias:</b>	<p>- <i>Marcas, manchas, distintas coloraciones, fisuras, erosión superficial con pérdida de pasta así como también en las juntas del encofrado, generando un hormigón más poroso, con irregularidades donde alojarse hongos y humedades.</i></p> <p>- <i>Pérdida de hermeticidad / estanqueidad de la pieza.</i></p> <p>- <i>Ayuda al proceso de oxidación de armaduras.</i></p>		
<b>Recomendación:</b>	<p>- <i>Eliminación del hormigón suelto y disgregado, limpieza y posterior llenado con mortero de reparación.</i></p>		

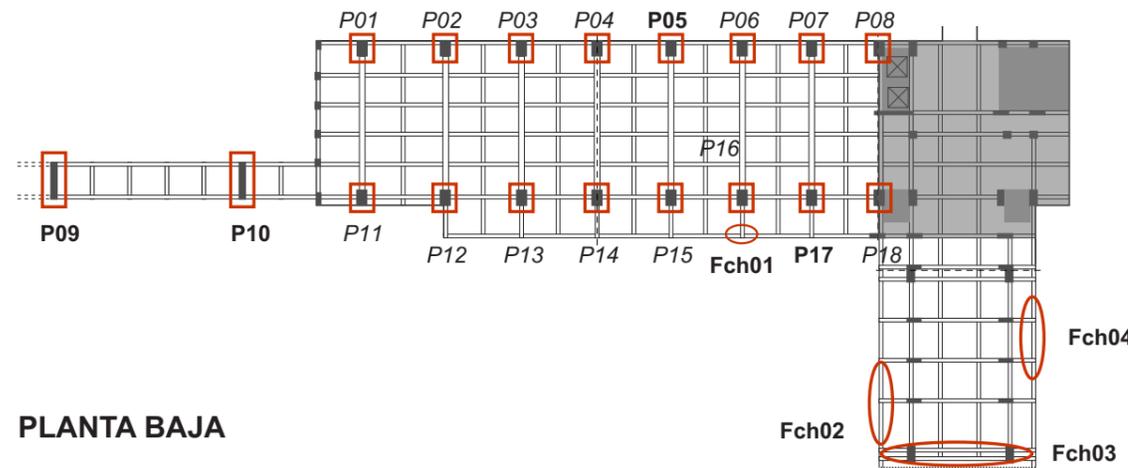
Relevamiento fotográfico:

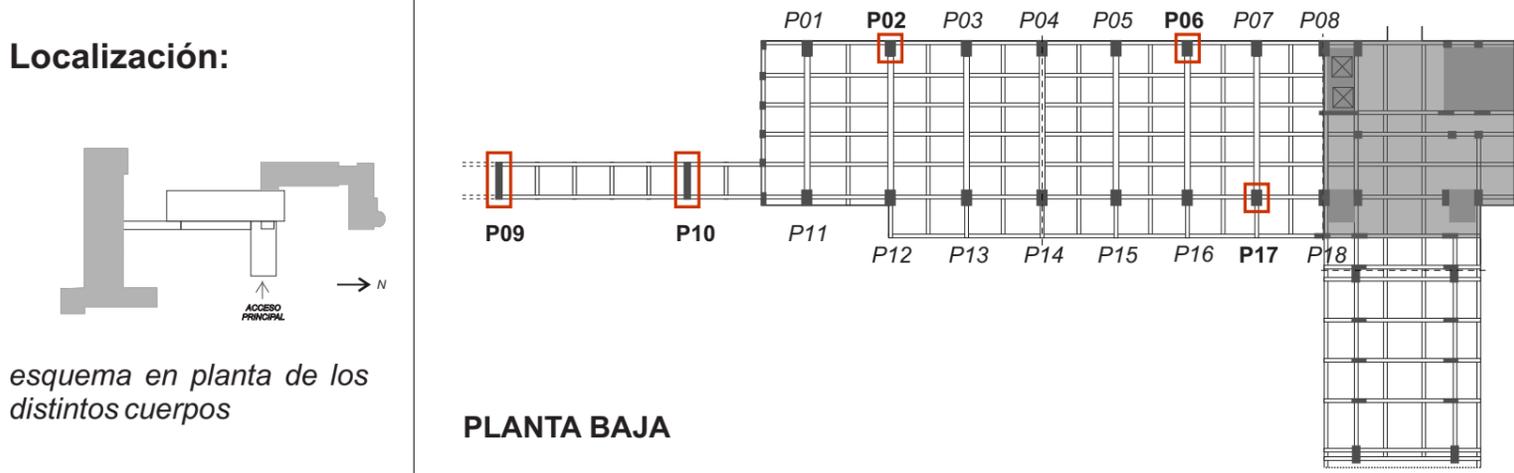


Localización:



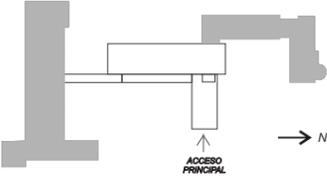
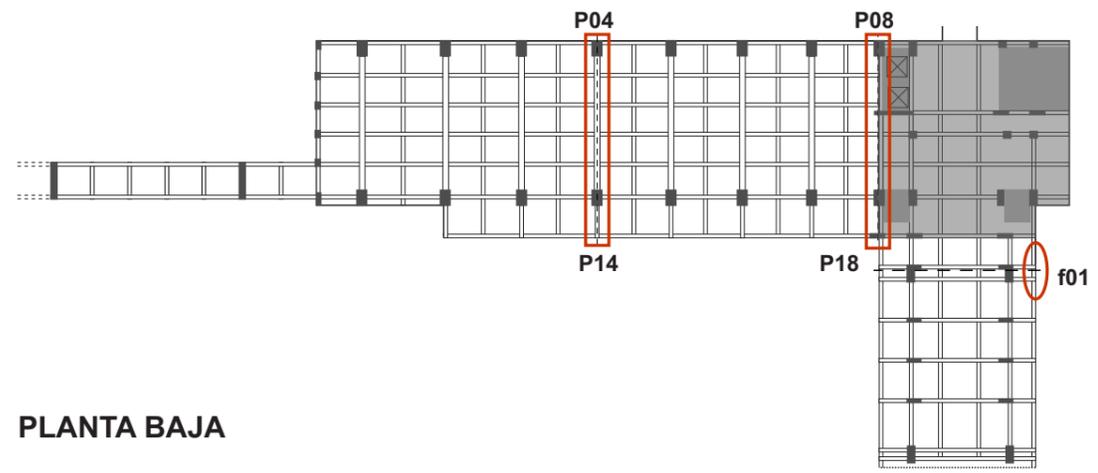
esquema en planta de los distintos cuerpos



<b>Elemento estructural:</b>	Pilar	<b>Localización:</b>	Exterior, estacionamiento
<b>Síntoma:</b>	<p>Fisura</p> <p><b>Morfología de la fisuración:</b></p> <p>Fisuras y desprendimientos en las aristas del pilar, en sentido vertical, paralelas a las armaduras principales.</p>		
<b>Causa/s:</b>	- Oxidación de armaduras.		
<b>Mecanismos de deterioro/degradación:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carbonatación del hormigón.</li> <li>- Fuerte presencia de CO<sub>2</sub> por ser un estacionamiento</li> <li>- Erosión mecánica debido a golpes accidentales de autos en el estacionamiento.</li> </ul>		
<b>Origen:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Errores de ejecución y/o proyecto:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Recubrimiento insuficiente.</li> </ul> </li> <li>- Errores de ejecución:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Errores en el vibrado y/o curado (condiciones ambientales desfavorables), hormigón no estanco, mal compactado, con capilares.</li> <li>+ Errores en el mezclado y/o llenado.</li> </ul> </li> <li>- Errores de proyecto:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Alta relación agua/cemento, hormigón poroso y de menor resistencia. Se nota claramente en P09 y P10, para el resto de los pilares el hormigón es de mejor calidad (mayor porcentaje de c.p.).</li> </ul> </li> </ul>		
<b>Efectos y consecuencias:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fisuras, grietas, desprendimiento del recubrimiento, pérdida de material.</li> <li>- Quedan a la vista armaduras principales y estriado, lo que produce la corrosión de armaduras.</li> </ul>		
<b>Recomendación:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cepillado, limpieza y protección de armaduras.</li> <li>- Eliminación del hormigón suelto, limpieza y posterior llenado con mortero de reparación.</li> <li>- Se observan acciones de mantenimiento correctamente ejecutadas en casi todos los pilares de este cuerpo.</li> </ul>		
<b>Localización:</b>	 <p>esquema en planta de los distintos cuerpos</p> <p><b>PLANTA BAJA</b></p>		

Relevamiento fotográfico:



<b>Elemento estructural:</b>	<i>Pilar / viga</i>	<b>Localización:</b>	<i>C1: exterior. / C2: interior.</i>
<b>Síntoma:</b>	<p><i>Fisuras que acompañan junta de dilatación.</i></p> <p><b>Morfología de la fisuración:</b></p> <p><i>Aumento variable del espesor de la junta, pequeñas fisuras a lo largo del recorrido de la junta de dilatación.</i></p>		
<b>Causa/s:</b>	<p>- <i>Junta de dilatación incorrecta.</i></p>		
<b>Mecanismos de deterioro/degradación:</b>	<p>- <i>La estructura tiende a dilatarse y contraerse, a tener cambios en su volumen, debido a los cambios de temperatura, esas solicitaciones no son resistidas correctamente por la junta, lo cual genera un proceso de deterioro. Acentuándose por la ausencia de mantenimiento y por la agresión del medio ambiente.</i></p>		
<b>Origen:</b>	<p>- <i>Errores de ejecución y/o proyecto:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ <i>El espesor de la junta de dilatación es insuficiente.</i></li> <li>+ <i>Utilización de material inadecuado para la junta, de elasticidad insuficiente.</i></li> </ul>		
<b>Efectos y consecuencias:</b>	<p>- <i>C1: fisuras, grietas, pérdida de hormigón y material de la junta.</i></p> <p>- <i>C2: fisuras, grietas, pérdida de material de la junta, de revoque y pintura, suciedad.</i></p>		
<b>Recomendación:</b>	<p>- <i>Retirar el material de la junta, y realizar una nueva del espesor requerido.</i></p> <p>- <i>Reparar zonas afectadas por el desprendimiento de hormigón, revoque y pintura para el caso considerado.</i></p>		
<b>Localización:</b>	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;">  <p>esquema en planta de los distintos cuerpos</p> </div> <div style="flex: 2;">  <p>PLANTA BAJA</p> </div> </div>		

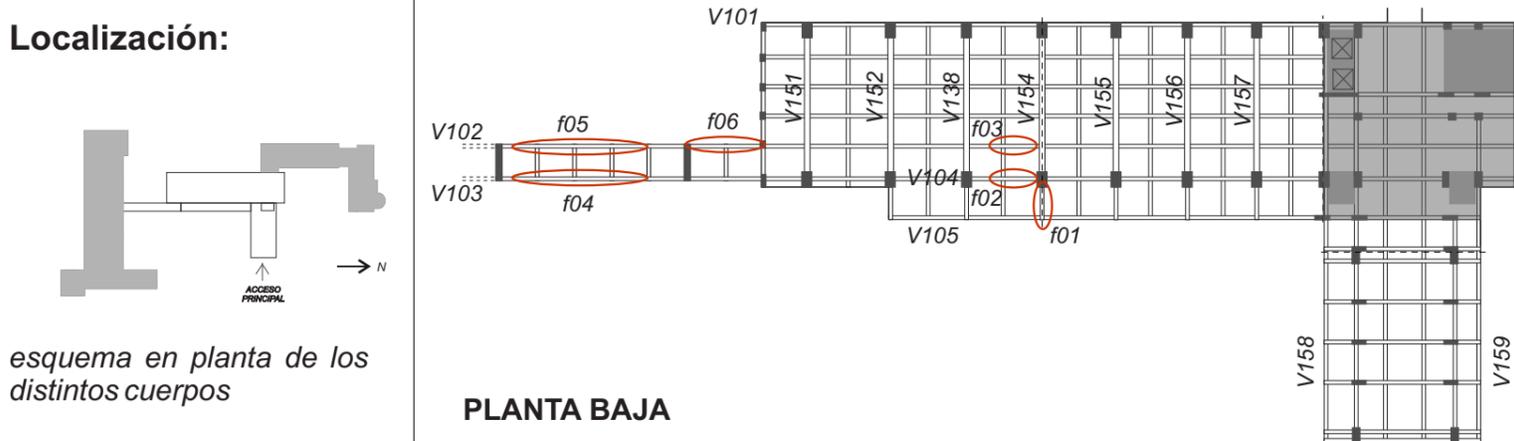
**Relevamiento fotográfico:**

CASO 1



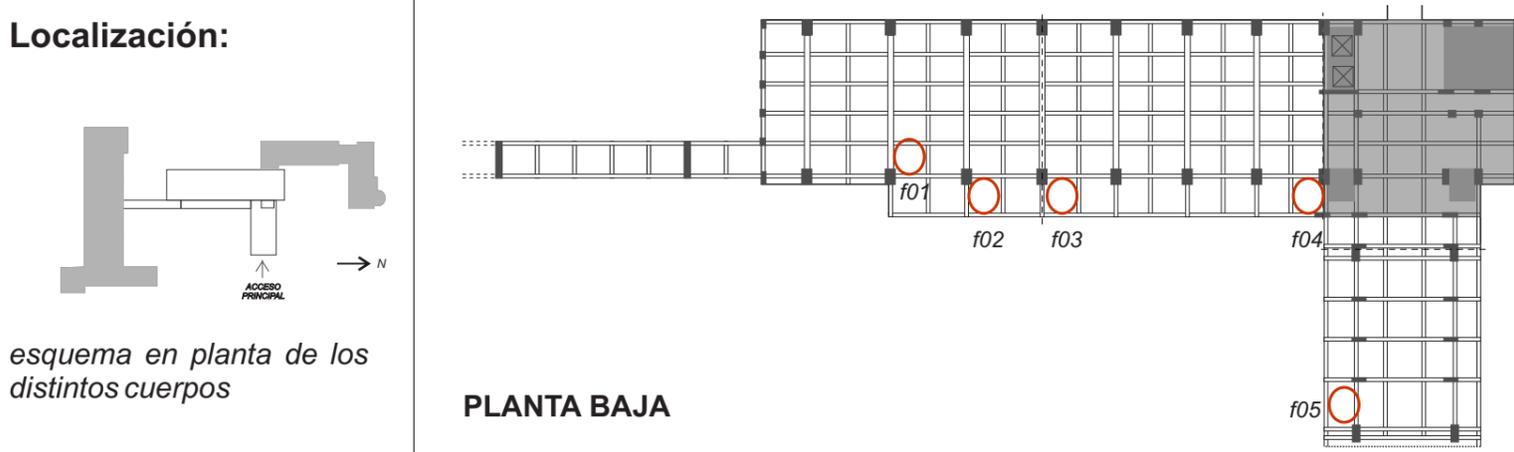
CASO 2



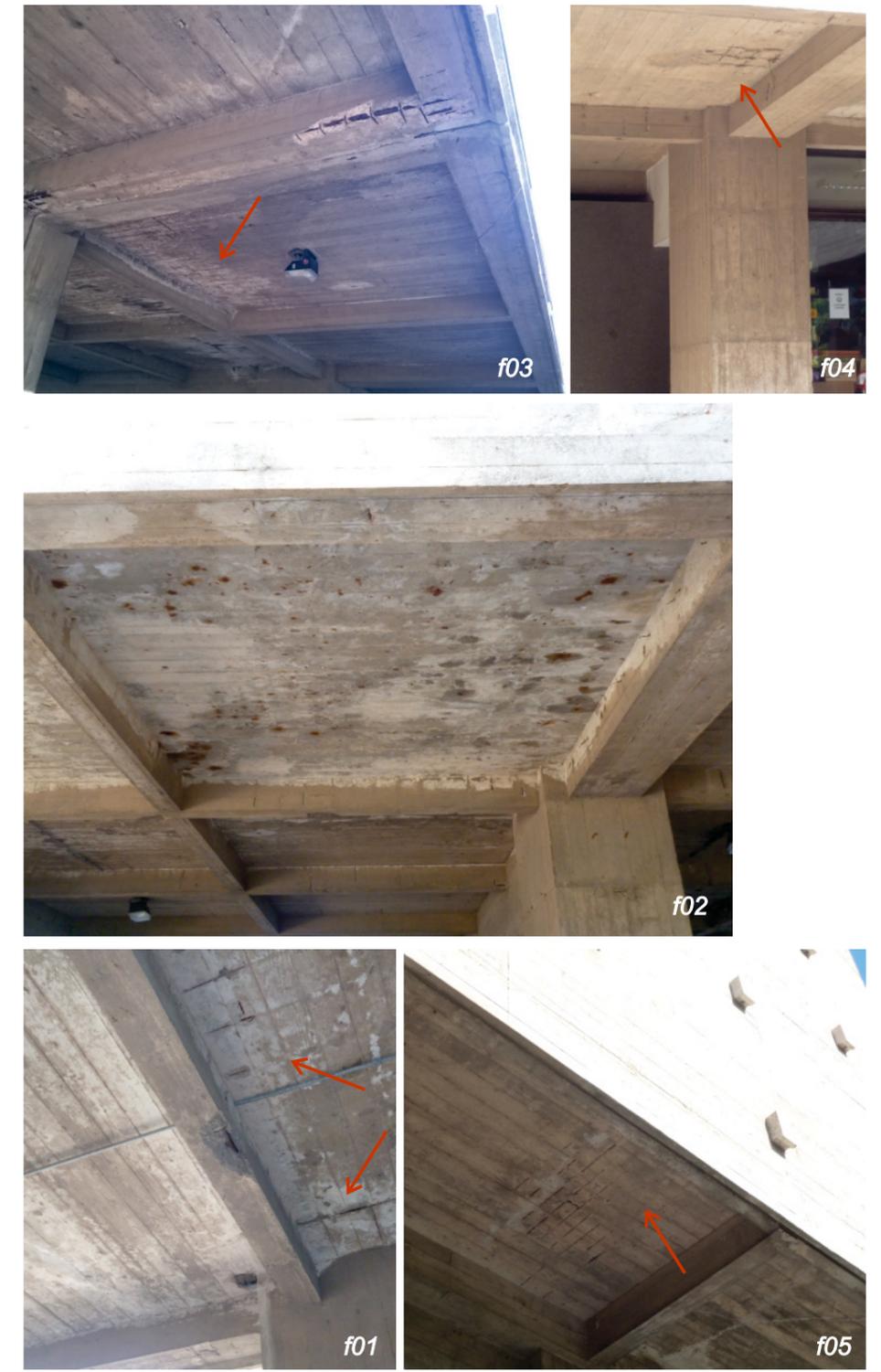
<b>Elemento estructural:</b>	Vigas	<b>Localización:</b>	Exterior, estacionamiento
<b>Síntoma:</b>	Fisuras <b>Morfología de la fisuración:</b> Las fisuras coinciden con la ubicación de las armaduras, y se desarrollan en paralelo a la dirección de las armaduras principales.		
<b>Causa/s:</b>	- Oxidación de armaduras.		
<b>Mecanismos de deterioro/degradación:</b>	- Carbonatación del hormigón. - Fuerte presencia de CO <sub>2</sub> por ser un estacionamiento (en planta baja). - Agresión del medio ambiente.		
<b>Origen:</b>	- Errores de ejecución y/o proyecto: + <b>Recubrimiento insuficiente</b> + Estribado con mucha separación (en ocasiones). + Alta relación agua/cemento, hormigón poroso y de menor resistencia. - Errores de ejecución: + <b>Armaduras principales con poca separación entre ellas</b> , problemas en el colado del hormigón. + Errores en el vibrado y/o curado (condiciones ambientales desfavorables), hormigón no estanco, mal compactado, con capilares. - Problemas en la finalización de obra: + Se deja Hormigón visto en forma rústico con encofrado de tabla, generando rebarbas muy pronunciadas entre las juntas de los encofrados.		
<b>Efectos y consecuencias:</b>	- Erosión, fisuras, grietas, desprendimiento del recubrimiento, corrosión de armaduras, aceleración del proceso de carbonatación del hormigón. - Quedan a la vista armaduras principales y estribado en encuentros de viga-viga y viga-pilar.		
<b>Recomendación:</b>	- Retiro del hormigón flojo. - Cepillado, limpieza y protección de armaduras. Evaluar el daño que presentan las armaduras (disminución de áreas de acero que represente un riesgo), refuerzo y posterior llenado con mortero de reparación. - Se observan acciones de mantenimiento mal ejecutadas.		
<b>Localización:</b>	 <p>esquema en planta de los distintos cuerpos</p> <p><b>PLANTA BAJA</b></p>		

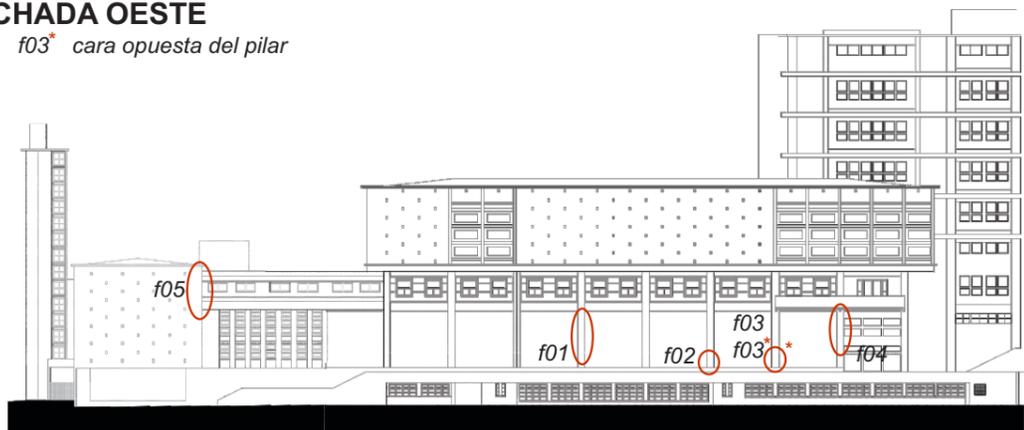
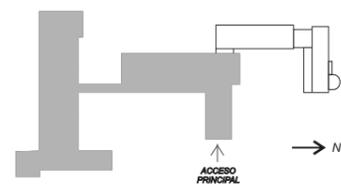
Relevamiento fotográfico:



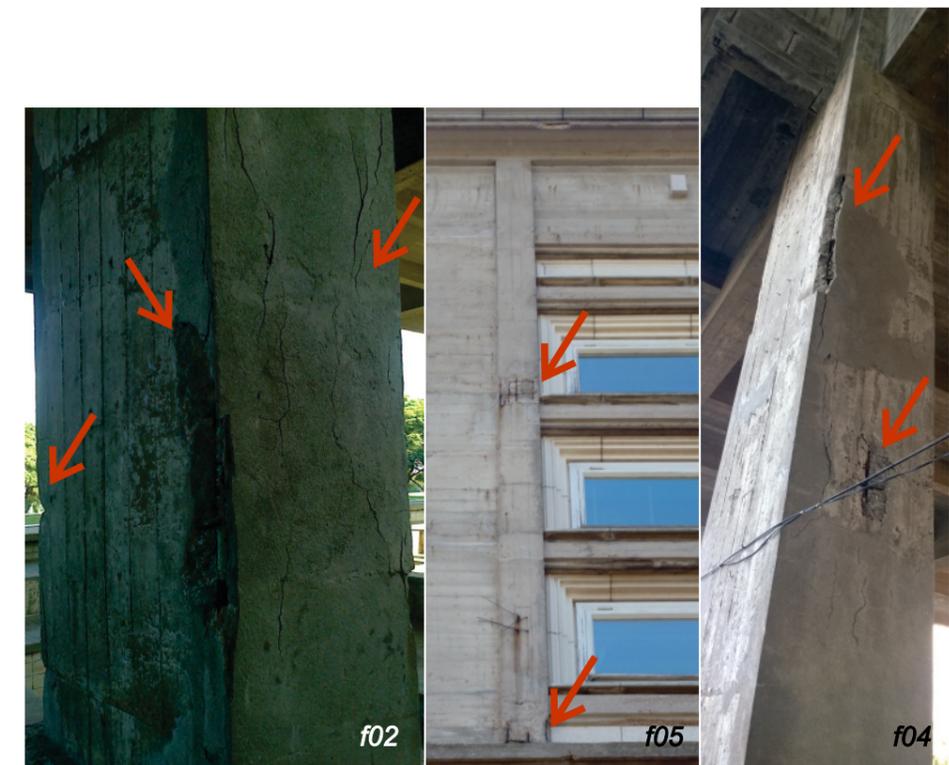
<b>Elemento estructural:</b>	Losa	<b>Localización:</b>	Exterior, estacionamiento
<b>Síntoma:</b>	1- Fisuras 2- Manchas de humedades. <b>Morfología de la fisuración:</b> 1- Fisuras y desprendimientos en la cara inferior de la losa, en el sentido de las armaduras principales. Apareciendo mayormente en las cercanías de los apoyos con las vigas. 2- Manchas en la cara inferior de la losa, principalmente en las zonas cercanas al apoyo con las vigas.		
<b>Causa/s:</b>	1- Oxidación de armaduras. 2- Presencia de agua.		
<b>Mecanismos de deterioro/degradación:</b>	1- Carbonatación del hormigón. 1- Fuerte presencia de CO <sub>2</sub> por ser un estacionamiento (en planta baja). 1- Ataque de cloruros. 2- Presencia de agua por tiempo prolongado, ambiente favorable para que continúen desarrollándose las humedades.		
<b>Origen:</b>	- Errores de ejecución y/o proyecto: + No se tuvo en cuenta la zona de construcción. + El recubrimiento resulta insuficiente.		
<b>Efectos y consecuencias:</b>	1- Desprendimiento del recubrimiento dejando las armaduras al exterior. 2- Eflorescencias en distintos sectores. 2- Manchas de humedad.		
<b>Recomendación:</b>	- Limpieza y protección de armaduras. - Eliminación del hormigón suelto, limpieza y posterior llenado con mortero de reparación.		
<b>Localización:</b>	 <p>esquema en planta de los distintos cuerpos</p> <p><b>PLANTA BAJA</b></p>		

Relevamiento fotográfico:



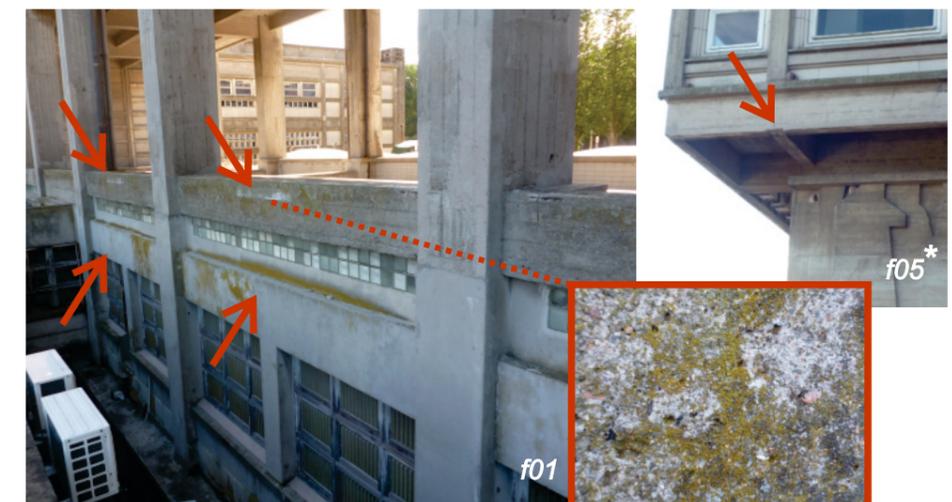
<b>Elemento estructural:</b>	<i>Pilar</i>	<b>Localización:</b>	<i>Exterior.</i>
<b>Síntoma:</b>	<p><i>Fisuras</i></p> <p><b>Morfología de la fisuración:</b></p> <p><i>Fisuras verticales, paralelas y cercanas a las armaduras; manifestandose primeramente en los vértices del pilar.</i></p>		
<b>Causa/s:</b>	<p>- Oxidación de armaduras.</p>		
<b>Mecanismos de deterioro/degradación:</b>	<p>- Carbonatación del hormigón.                  - Agresión del medio ambiente. Proceso de erosión.                  - Ataque de cloruros.                  - Ausencia de mantenimiento.</p>		
<b>Origen:</b>	<p>- Errores de ejecución y/o proyecto:                  + <b>Recubrimiento insuficiente.</b></p> <p>- Errores de ejecución:                  + Errores en el vibrado y/o curado (condiciones ambientales desfavorables), hormigón no estanco, mal compactado, con capilares.                  + Errores en el mezclado y/o llenado.</p> <p>- Errores de proyecto:                  + <b>Alta relación agua/cemento, hormigón poroso y de menor resistencia.</b></p>		
<b>Efectos y consecuencias:</b>	<p>- Fisuras, grietas, desprendimiento del recubrimiento, pérdida de material.                  - Quedan a la vista armaduras principales y estribado, lo que favorece la corrosión de armaduras.                  - Manchas de humedades, debido a la presencia de agua y a que el elemento no sea suficientemente estanco.</p>		
<b>Recomendación:</b>	<p>- Cepillado, limpieza y protección de armaduras.                  - Eliminación del hormigón suelto, limpieza y posterior llenado con mortero de reparación.                  - Se observan acciones de mantenimiento correctamente ejecutadas; y otras incorrectas y antiguas que necesitan una nueva reparación.</p>		
<b>Localización:</b>	<p><b>FACHADA OESTE</b>  <i>f03* cara opuesta del pilar</i></p>   <p>esquema en planta de los distintos cuerpos</p>		

Relevamiento fotográfico:



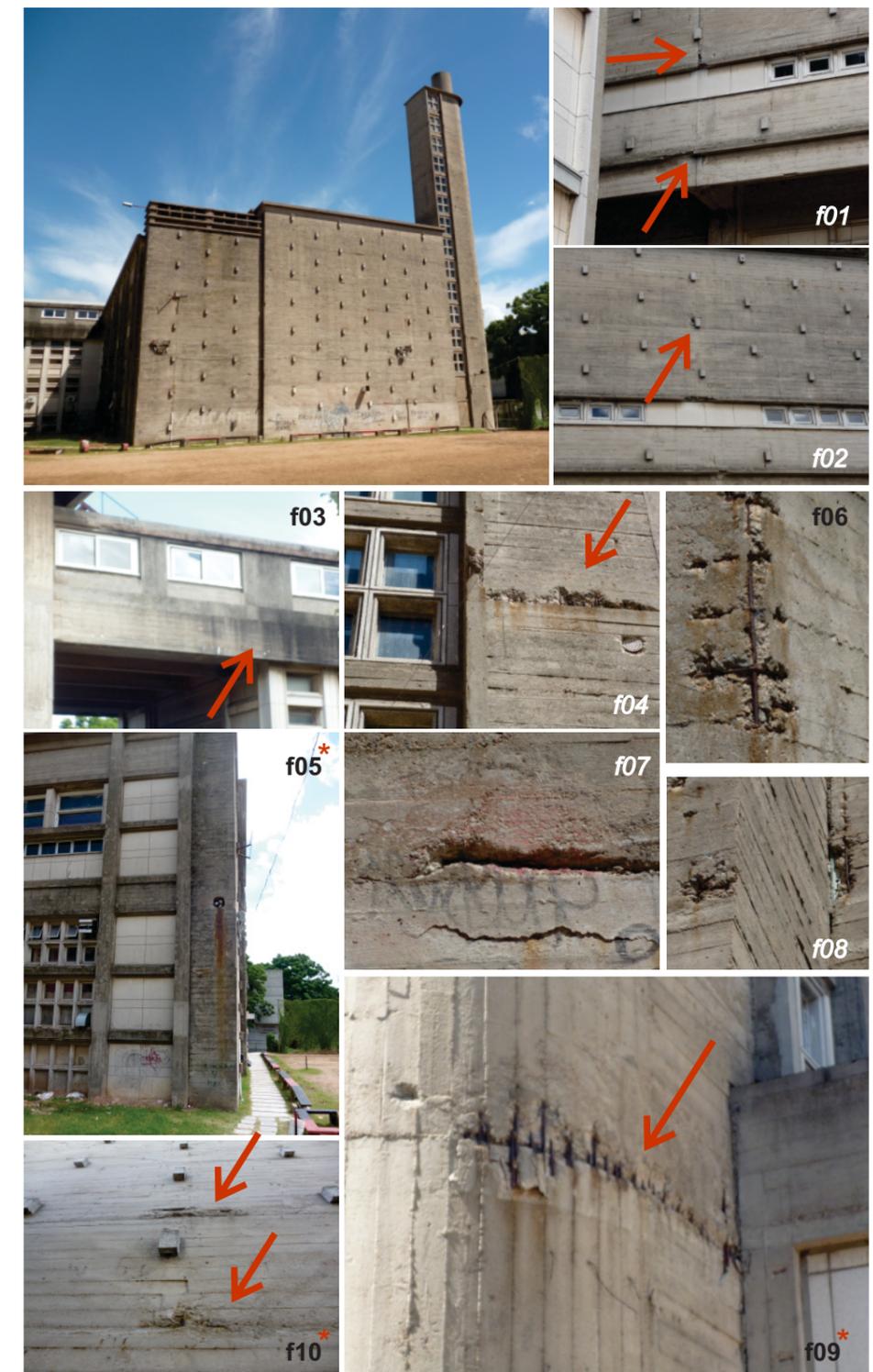
<b>Elemento estructural:</b>	Vigas	<b>Localización:</b>	Exterior.
<b>Síntoma:</b>	1- Fisuras 2- manchas de humedad. <b>Morfología de la fisuración:</b> Fisuras paralelas y cercanas a las armaduras principales y estribado; manifestandose primeramente sobre la cara inferior y en aristas.		
<b>Causa/s:</b>	1- Oxidación de armaduras. 2- Presencia de agua.		
<b>Mecanismos de deterioro/degradación:</b>	1- Carbonatación del hormigón. 1- Ataque de cloruros. ½- Agresión del medio ambiente. ½- Ausencia de mantenimiento.		
<b>Origen:</b>	- Errores de ejecución y/o proyecto: <b>1+ Recubrimiento insuficiente.</b> ½+ Errores en el vibrado y/o curado (condiciones ambientales desfavorables), hormigón no estanco, mal compactado, con capilares. 1+ Errores en el mezclado y/o llenado. ½+ Alta relación agua/cemento, hormigón poroso y de menor resistencia. 2- Presencia de agua por tiempo prolongado, ambiente favorable para que continuen desarrollándose las humedades.		
<b>Efectos y consecuencias:</b>	1- Fisuras, grietas, desprendimiento del recubrimiento, pérdida de material. 1- Quedan a la vista armaduras principales y estribado, lo que favorece la corrosión de armaduras. 2- Manchas grandes de humedades. 2- Manchas de hongos en ángulos abiertos y sobre la superficie de vigas de hormigón poroso, en sectores de mucha humedad (f01).		
<b>Recomendación:</b>	- Cepillado, limpieza y protección de armaduras. - Eliminación del hormigón suelto y sectores de mucha humedad (picar), limpieza y posterior llenado con mortero de reparación.		
<b>Localización:</b>	<p><b>FACHADA OESTE</b>                  f03* / f04* / f05* vigas perpendiculares</p> <p>esquema en planta de los distintos cuerpos</p>		

Relevamiento fotográfico:



<b>Elemento estructural:</b>	Fachada	<b>Localización:</b>	Exterior.
<b>Síntoma:</b>	<p>Fisuras</p> <p><b>Morfología de la fisuración:</b></p> <p>Fisuras paralelas y cercanas a las armaduras; manifestandose primeramente en los vértices salientes y rebarbas del hormigón.</p>		
<b>Causa/s:</b>	- Oxidación de armaduras.		
<b>Mecanismos de deterioro/degradación:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carbonatación del hormigón.</li> <li>- Agresión del medio ambiente. Proceso de erosión.</li> <li>- Agresión de espacio circundante (espacio de recreación, cancha de fultbol).</li> <li>- Ataque de cloruros.</li> </ul>		
<b>Origen:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Errores de ejecución y/o proyecto:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Recubrimiento insuficiente.</li> </ul> </li> <li>- Errores de ejecución:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Errores en el vibrado y/o curado (condiciones ambientales desfavorables), hormigón no estanco, mal compactado, con capilares.</li> <li>+ Errores en el mezclado y/o llenado, presencia de coqueas.</li> </ul> </li> <li>- Errores de proyecto:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Alta relación agua/cemento, hormigón poroso y de menor resistencia.</li> </ul> </li> </ul>		
<b>Efectos y consecuencias:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fisuras, grietas, desprendimiento del recubrimiento, pérdida de material, principalmente en las fases de llenado.</li> <li>- Quedan a la vista armaduras principales y estribado, lo que favorece la corrosión de armaduras.</li> <li>- A causa de las fisuras, la fachada queda mas expuesta a la proliferación de hongos y humedades debido a la presencia de agua (condiciones externas).</li> </ul>		
<b>Recomendación:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cepillado, limpieza y protección de armaduras.</li> <li>- Eliminación del hormigón suelto, limpieza y posterior llenado con mortero de reparación.</li> <li>- La Fachada Oeste presenta las mismas lesiones con respecto a la Este, pero en ésta lucen mas pronunciadas debido a: + Agresión del espacio circundante (zona muy transitada, existencia de canchas para recreación); + Condiciones de luces y sombras arrojadas por los distintos cuerpos; + Surgimiento de lesiones secundarias por ausencia de mantenimiento en el sector.</li> </ul>		
<b>Localización:</b>	<p><b>FACHADA ESTE</b></p> <p>f03* fachada perpendicular      f09* fachada opuesta, fachada oeste</p> <p>f08* fachada lateral</p> <p>esquema en planta de los distintos cuerpos</p>		

Relevamiento fotográfico:



<b>Elemento estructural:</b>	Fachada	<b>Localización:</b>	Exterior.
<b>Síntoma:</b>	<p>Manchas de humedad.</p> <p><b>Morfología de la fisuración:</b></p> <p>Manchas de color amarillento en las uniones del revestimiento, apareciendo en la base de forma ascendente y en encuentros con pilares salientes.</p>		
<b>Causa/s:</b>	Humedad del ambiente, y condiciones externas a las que esta sometido.		
<b>Mecanismos de deterioro/degradación:</b>	- Agresión del medio ambiente.		
<b>Origen:</b>	<p>- Posibles errores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Impermeabilización insuficiente o incorrectamente ejecutada, debido a la presencia de humedad capilar (desde el suelo).</li> <li>+ Barrera impermeabilizante en fachada insuficiente debido a humedades de filtración.</li> <li>+ Elección de revestimiento con presencia de relieve, muchos ángulos, juntas entre el material, lo que favorece que se filtren las humedades.</li> </ul> <p>- Presencia de agua por tiempo prolongado, ambiente favorable para que continuen desarrollándose las humedades.</p>		
<b>Efectos y consecuencias:</b>	<p>- Pequeñas pero numerosas manchas de humedad y hongos en las fachadas, donde se encuentra este revestimiento.</p> <p>- Deterioro del material de la fachada y del hormigón que está detrás, ya que en períodos prolongados de esta situación se desencadenan otras patologías, las cuales van cambiando el p.h. del hormigón y se traduce en problemas de oxidación de las armaduras.</p>		
<b>Recomendación:</b>	<p>- Retirar revestimiento (en sectores que ameriten) y chequear en que estado se encuentra el hormigón.</p> <p>- Eliminación superficial del hormigón con humedad, limpieza, colocación de producto impermeabilizante y revestimiento.</p>		

Relevamiento fotográfico:



f05

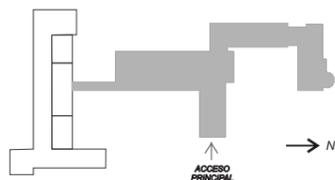


f04



f03\*

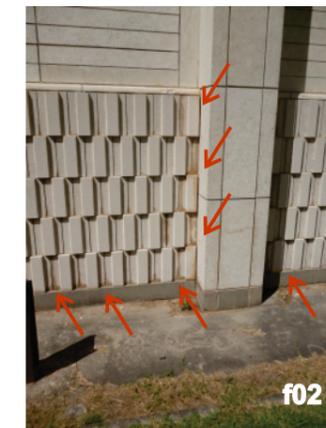
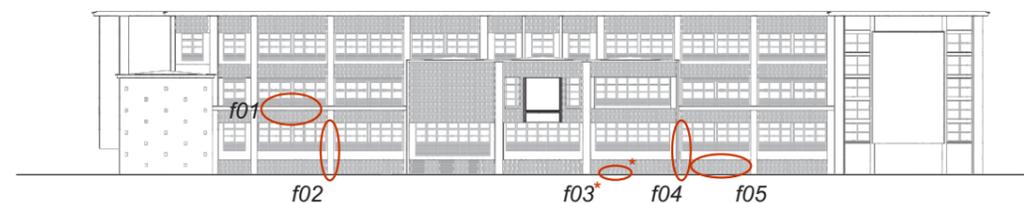
Localización:



esquema en planta de los distintos cuerpos

FACHADA NORTE

f03\* misma posición pero sobre fachada sur

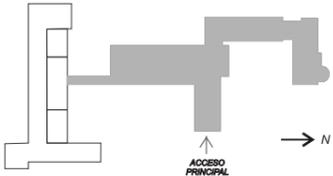
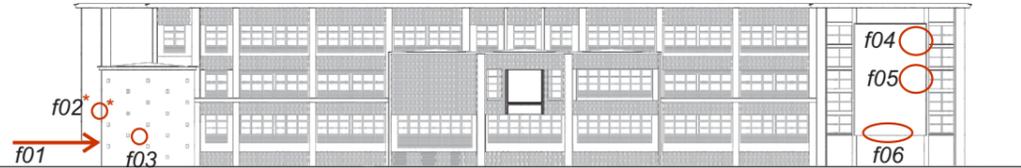


f02

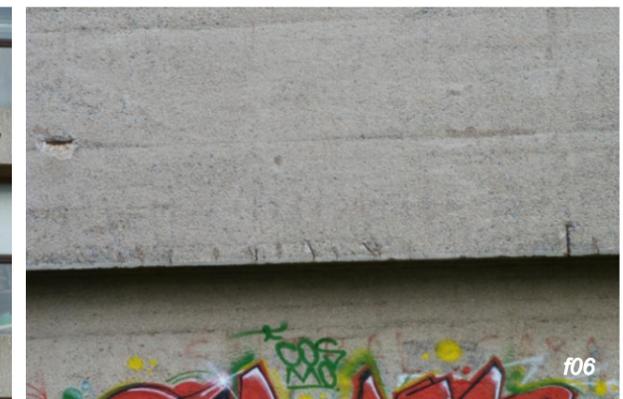


f01

a esta altura ya no presenta manchas amarillentas, porque se trata de humedad capilar

<b>Elemento estructural:</b>	Fachada	<b>Localización:</b>	Exterior.
<b>Síntoma:</b>	<p>Fuerte erosión</p> <p><b>Morfología de la fisuración:</b></p> <p>Erosión severa en el plano superficial, que permite distinguir los áridos utilizados.</p>		
<b>Causa/s:</b>	- Hormigón muy pobre en contenido de c.p.		
<b>Mecanismos de deterioro/degradación:</b>	- Agresión del medio ambiente.		
<b>Origen:</b>	<p>- Errores de ejecución:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Errores en el vibrado y/o curado, hormigón muy poroso, coqueras.</li> </ul> <p>- Errores de proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Alta relación agua/cemento, hormigón pobre.</li> <li>+ Hormigón visto en forma rústico.</li> <li>+ Errores en el llenado, se nota claramente llenados, segregación de sus fases.</li> </ul>		
<b>Efectos y consecuencias:</b>	<p>- Fuerte erosión superficial con pérdida de pasta así como también en las juntas del encofrado, generando un hormigón más poroso, con muchas irregularidades donde alojarse hongos y humedades.</p> <p>- Pérdida de hermeticidad / estanqueidad de la pieza.</p> <p>- Ayuda al proceso de oxidación de armaduras.</p>		
<b>Recomendación:</b>	<p>- Eliminación del hormigón disgregado, limpieza y posterior llenado con mortero de reparación.</p> <p>- Se eliminaría esta patología con el uso de algún revoque y/o revestimiento.</p> <p>- Se observan muchas reparaciones sobre las fachadas a modo de "parche".</p>		
<b>Localización:</b>	<p><b>FACHADA NORTE</b></p> <p>f02* cara opuesta de la fachada, de orientación suroeste</p>  <p>esquema en planta de los distintos cuerpos</p> 		

Relevamiento fotográfico:



## Conclusiones

Luego del estudio bibliográfico de diversas fuentes, el relevamiento de las obras elegidas, entrevistas realizadas y un posicionamiento crítico como estudiantes de arquitectura, podemos extraer algunas conclusiones.

La situación actual de los edificios es notoriamente diferente, pese a un entorno similar y a una densidad de uso quizás más intensa (menos favorable) en el caso de la facultad (considerando el gran aumento del estudiantado, y comparándolo con las familias que habitan el CH20) los resultados evidencian ser menos optimistas para el edificio de vivienda.

Ambos casos presentan lesiones de cuidado, reparables en mayor o menor medida, con las consecuencias económicas correspondientes, pero las reparaciones no son la solución al problema si no se actúa sobre las causas que las provocan.

Los dos edificios sufren los mismos procesos patológicos (en distinto grado), y las causantes son, la carbonatación del hormigón (en mayor medida) combinada con el ataque de cloruros consecuencia del ambiente marino y la formación de moho y hongos favorecida por el alto porcentaje de humedad del ambiente y algunos errores constructivos, todo esto se unifica dando como resultado una pérdida de alcalinidad en el hormigón, volviéndolo incapaz de proteger las armaduras, con lo que se da comienzo al proceso de oxidación y deterioro de las mismas.

El gran problema de estos edificios radica en que no se consideró el impacto del ambiente en ellos. Ya sea por error de diseño, por la escasa conciencia o conocimiento acerca de la durabilidad de la tecnología y los materiales empleados, por la incertidumbre en lo que respecta al entorno y su evolución (que es casi imposible de prever, desde el momento en que se proyectaron los edificios hasta hoy en día) hacia condiciones menos adecuadas, el ataque de los cloruros presentes en el aire,

evidentes considerando la presencia del mar, y la constante y densa circulación de vehículos en la rambla de Montevideo (que ha aumentado considerablemente), convirtieron a la carbonatación en su principal enemigo.

Si a este proceso le sumamos nuestra falta de conciencia en cuanto a la importancia del **mantenimiento en la construcción** y en este caso, en el mantenimiento de las estructuras, da como resultado estados de deterioro muy avanzados, que implican intervenciones mayores para recuperar y llevar la estructura a una condición adecuada, y con costos extremadamente elevados.

A modo de síntesis de nuestras fichas de diagnóstico, algunas observaciones para cada caso:

- ÷ Las fallas durante la etapa de diseño y/o ejecución representan la principal causa del estado actual de deterioro (recubrimientos insuficientes de las armaduras, ausencia de protecciones, hormigones de bajo contenido de cemento portland, utilización inadecuada del material, entre otros.).
- ÷ El escaso mantenimiento en el caso del CH20 y la falta de fondos para financiar uno más adecuado en la Facultad de Ingeniería permitieron en mayor o menor medida el avance de los procesos patológicos que hoy evidencian.

## Con respecto al CH20

La experimentación con un sistema constructivo no tradicional tuvo sus consecuencias en este caso, seguramente el PNV respondía y aun responde a una gran cantidad de exigencias, que hicieron del mismo una solución adecuada para el proyecto planteado, considerando además que los problemas que evidencia no están asociados a su capacidad resistente, sino a su escasa protección frente a algunos agentes del entorno.

Las lesiones más graves que presenta el edificio se manifiestan en los pilares que lo sostienen y conforman su sistema de fundación, los cuales fueron construidos de forma tradicional. Las fisuras presentes en los lados de la mayoría de los pilares son testigos de que existe un problema de carga, de dimensionado o de calidad de los materiales. Esta falla puede estar anunciando la posterior rotura del elemento, por lo que consideramos que son fisuras de alto riesgo. Todos los pilares rectangulares poseen esta lesión, excepto dos de ellos que debido a la presencia de la junta de dilatación fueron reforzados con un pilar pantalla en uno de sus lados.

Si bien ya lo mencionamos, es importante destacar que la carbonatación ha atacado tanto los paneles prefabricados como a la estructura de hormigón armado tradicional, dando cuenta de un evidente error de diseño y ejecución.

Tras el análisis de las fichas hemos reconocido que la elección por una terminación vista del hormigón, sin protecciones y los escasos recubrimientos de las armaduras no fue acertada al momento de enfrentarse a la agresividad del medio en que se implanta.

Sabemos que *“el Estado ha invertido entre la construcción original y actuaciones posteriores de mantenimiento más de USD 4 millones con mínima recuperación de lo invertido. En 43 años las tareas de mantenimiento general del edificio han sido*

escasas. El BHU entre junio de 1984 y julio de 2000 invirtió un monto aproximado de más de USD 635.000” (ANV, 2014 p. 5).

“Posteriormente, y frente a una nueva intimación municipal, por riesgos originados por la caída de los tapajuntas de hormigón deteriorados, el Estado debió invertir nuevamente más de USD 41.000. En 2013 una nueva intimación municipal por el deterioro del sobre techo de chapas, con riesgo de caída sobre la vía pública, genera una nueva intervención por un monto de USD 33.000. En función de ambas situaciones, y frente al deterioro evidente, la ANV solicita un informe estructural, donde se recomiendan 2 alternativas:

÷ Reparación radical o

÷ Relocalización de las familias y demolición” (ANV, 2014 p. 8).

El destino del edificio se encuentra de momento en espera del fallo de un juez, el cual ha otorgado un plazo para que sus habitantes presenten un nuevo informe antes de tomar la decisión final.

Durante nuestra investigación hemos dado con material que da cuenta de la existencia de las lesiones por lo menos desde unos diez años atrás, lo que nos lleva a pensar que tan acertado es hablar de peligro de derrumbe. Es evidente que el deterioro del edificio lo inhabilita para ser habitable ya que debemos pensar en la integridad física de las personas que allí viven.

Coincidimos con el Ingeniero Torrado en que “el colapso de la estructura es muy difícil de determinar. En el instante que se produzca la falla será instantánea y sin previo aviso” (ANV, 2014 p. 11).

*Hacemos nuestra parte de las conclusiones alcanzadas por el Ing. Torrado en su informe:*

*“La decisión adoptada para declarar el estado ruinoso del inmueble, el consiguiente realojamiento de sus moradores y la inmediata demolición del edificio es consecuencia lógica y responsable de las severas patologías que éste presenta. Múltiples causas, entre ellas la falta de mantenimiento, así como deficiencias técnicas intrínsecas, en su mayoría desconocidas en la época de construcción, han conducido a la situación actual. Adoptar medidas de recuperación edilicia obligaría a incurrir en costos desmedidos, no justificados en forma razonable, sobre todo por las incertidumbres que se tienen del estado interno de los elementos prefabricados y del sistema de ensamble de los mismos” (ANV, 2014 p. 12).*

*Como conclusión creemos que de acuerdo al tipo de investigación realizada y al escaso tiempo de desarrollo, pruebas y ensayos que no realizamos para estudiar más a fondo el estado de deterioro del edificio (considerando los objetivos de nuestra tesina), no resultaría adecuado proponer un plan de acción del talante de la demolición. Sí reconocemos que pensar en un plan de mantenimiento es absolutamente inviable, y que además las fallas que se han manifestado son indicadores claros del futuro colapso de la estructura, pero de todas maneras, nos mantenemos firmes en nuestra postura de no tomar una decisión al respecto.*

## Con respecto a la Facultad de Ingeniería

Frente a un entorno prácticamente igual y edades bastante similares, el panorama para este edificio es muy diferente comparado con el caso anterior.

El proceso de la carbonatación del hormigón, acentuada por los cloruros en el aire debido a la presencia del mar y el Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) de los vehículos, tanto desde la rambla y circulaciones cercanas así como también desde su propio estacionamiento, combinado con la posterior oxidación de las armaduras que quedaron expuestas tras los desprendimientos han dejado en el edificio grandes marcas.

Es evidente que su sistema estructural no se ve comprometido pese a su situación actual, pero el avance de este proceso patológico puede ocasionar a futuro, mayores complicaciones, sin contar que hoy en día el simple desprendimiento del recubrimiento de una viga que está a diez metros del suelo representa un riesgo inminente para sus usuarios.

Al igual que en el CH20 la decisión de un acabado con hormigón visto y escasos recubrimientos fue poco acertada, seguramente esto y algunos errores de tipo constructivos (mala dosificación del hormigón, material disgregado y la mala compactación durante el llenado que provoca oquedades, disminuyendo la capacidad del hormigón de proteger las armaduras) están vinculados al alejamiento (involuntario) de Vilamajó y Hill de la obra mucho antes de que fuera terminada. Sin intenciones de especular, la situación seguramente sería otra si el edificio estuviera revestido tal y como lo indicaba el proyecto original.

*“Expresión y construcción constituyen una unidad... Se pretende extender esta relación de veracidad a la ornamentación haciendo que el tratamiento directo del material, sin intermediarios... refuerce la impresión producida por la forma estructural”*,

*explicó Hill 45 años antes. Sin embargo, desconocimientos en la técnica del hormigón visto, errores en la puesta en obra y la falta de algunas terminaciones previstas, han ocasionado delicadas patologías constructivas. Graves han sido también los resultados de algunas emparchadas reparaciones” (SCHEPS, 2008, p. 49).*

Los ensayos realizados por la Ingeniero Química Susana Rivero en 1994 dieron porcentajes de cloruros, sulfatos y calcio normales en la masa de hormigón (Ver FING, 1994, p. 7), valores que creemos que han variado debido a la evolución del entorno desde aquel entonces.

En el mismo informe se identificó otro problema:

*“Se estimó la composición del hormigón respecto a las fracciones de cemento, arena y grava constituyente según metodología simplificada (7). El análisis concluye que las muestras extraídas se corresponden con las siguientes fracciones:*

Muestra 1	Cemento	39.8 kg/m <sup>3</sup>	(1.7%)
	Arena	1646.0 kg/m <sup>3</sup>	(72.5%)
	Grava	582.4 kg/m <sup>3</sup>	(25.7%)
Muestra 2	Cemento	90.0 kg/m <sup>3</sup>	(3.9%)
	Arena	1536.7 kg/m <sup>3</sup>	(66.4%)
	Grava	686.4 kg/m <sup>3</sup>	(29.7%)
Muestra 3	Cemento	52.1 kg/m <sup>3</sup>	(2.3%)
	Arena	1657.8 kg/m <sup>3</sup>	(73.4%)
	Grava	549.7 kg/m <sup>3</sup>	(24.3%)

*Las muestras fueron extraídas de los pilares, a una altura coincidente con el cruce pilar-viga, reflejando un contenido muy pobre de cemento” (FING, 1994, p. 7).*

Todo esto da cuenta de que la situación por la que atraviesa el edificio no ha pasado por alto, y está siendo estudiada desde hace mucho tiempo, realizando acciones de mantenimiento y volviendo a presentar las mismas patologías años mas tarde. También podemos extraer de estos estudios que nuestra observación fue acertada en cuanto a que el hormigón que utilizaron era muy pobre en porcentaje de cemento portland, y muy alto con relación a los áridos, por lo que favoreció el desarrollo anticipado de muchas de las patologías que hoy presenta.

En una comunicación con Adrián Santos, Asistente Académico del Decano de la Facultad de Ingeniería, nos hemos informado acerca del Plan de Obras de Mantenimiento (POM) de la facultad (Ver Anexo 01). Desde el POM se organiza la gestión y ejecución de mantenimiento preventivo, correctivo y mejorativo del edificio; financiado por el Estado (manifiestan que es escaso) y por fondos obtenidos por otros medios. También existen perspectivas de ampliación del edificio, parte de estas están actualmente en obra y otra parte ya se ha concretado (Edificio Polifuncional Faro).

Mes a mes el POM emite un boletín de obras de mantenimiento con los planes y avances, en su edición N°101 de noviembre 2012 se detallan datos acerca de los resultados obtenidos tras los avances de las obras solicitadas en el llamado a licitación N° 01/12 (Ver FING, 2012c, p. 13 y 14).

El bloque Sur, que además de ser el que presenta la mayor área de revestimiento en comparación a los otros bloques, y dado el avance de las obras de mantenimiento, se ve en muy buenas condiciones (lo hemos constatado con las visitas a obra), la diferencia es notoria si lo comparamos con algunos sectores que aún no han sido reparados.

Para cerrar, estamos seguros de que luego de las obras de mantenimiento (donde ya están contempladas las sugerencias que ofrecemos para algunos casos en nuestras fichas) el aspecto en general del edificio mejorará, esto de la mano de las protecciones previstas en la licitación para reducir los efectos de las causantes de las lesiones que hoy padece y el crecimiento en área ya programado, resulta impensada la idea de un colapso en la facultad, más podemos decir que el edificio seguirá formando parte de nuestro compendio de edificaciones destacadas por muchos años más.

## Bibliografía

- ÷ ALCONPAT. (2004). Primer congreso Uruguayo de patología y gestión de la calidad en la construcción, Algunas recomendaciones en el proyecto de estructuras de hormigón armado en casos frecuentes, Arq. Haroutun Chamlian. Montevideo, Uruguay. 47p.
- ÷ ALCONPAT. (2004). Primer congreso Uruguayo de patología y gestión de la calidad en la construcción, Un caso interesante en errores de proyecto y ejecución en una estructura de hormigón armado, Arq. Haroutun Chamlian y Ing. E. Kliche. Montevideo, Uruguay. 13p.
- ÷ ANV. (2014). Informe de situación conjunto habitacional 20. 37p.  
Disponible en Internet (<http://www.aldia.com.uy/pdf/Presentacion-CH-20.pdf>)  
Acceso: 15 de febrero de 2014.
- ÷ BELLO, Estefanía y EPIFANIO, Gimena. (2011). Patologías en estructuras de hormigón armado. Tesina. Tutor: Ramiro Chaer. Facultad de Arquitectura. UDELAR. Montevideo, Uruguay. 58p.
- ÷ BROTO, Carles. Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. Conceptos generales y fundamentos. España. 2005. 1389p. ISBN 8496424375.  
Disponible en Internet  
([http://higieneysseguridadlaboralcvvs.files.wordpress.com/2012/07/enciclopedia\\_broto\\_de\\_patologias\\_de\\_la\\_construccion.pdf](http://higieneysseguridadlaboralcvvs.files.wordpress.com/2012/07/enciclopedia_broto_de_patologias_de_la_construccion.pdf))  
Acceso: 5 de enero de 2014.
- ÷ DUTRA, L. - EPIFANIO, G. – OTERO, J. – QUINTANS, F. – REILLY. K. – SILVEIRA, V. (2008). Prefabricación de hormigón. Trabajo académico: Construcción 3. Facultad de Arquitectura, UDELAR. Montevideo, Uruguay. 44p.
- ÷ FING (Facultad de Ingeniería), RIVERO, Susana Ing. Quim. (1994). Informe sobre el estudio de las causas determinantes de la corrosión del hormigón

armado pertenecientes a la sala de máquinas de la facultad de ingeniería.  
Montevideo, Uruguay. 9p.

Disponible en internet

[http://www.comprasestatales.gub.uy/Pliegos/pliego\\_a191130.zip](http://www.comprasestatales.gub.uy/Pliegos/pliego_a191130.zip)

Acceso: 27 de febrero de 2014.

- ÷ FING (Facultad de Ingeniería). (2006). Ponencia: La experiencia de la gestión de los activos físicos en la Facultad de Ingeniería de la UDELAR: un enfoque basado en la Teoría de Sistemas. Montevideo, Uruguay. 28p.

Disponible en internet

<http://www.fing.edu.uy/archivos/plandeobras/congresos/uruman2006.pdf>

Acceso: 27 de febrero de 2014.

- ÷ FING (Facultad de Ingeniería). (2012a). Licitación pública N° 01/12. Trabajos de reparaciones de hormigones de fachada del edificio de la Facultad de Ingeniería. Montevideo, Uruguay. 45p.

Disponible en internet

[http://www.comprasestatales.gub.uy/Pliegos/pliego\\_a191130.zip](http://www.comprasestatales.gub.uy/Pliegos/pliego_a191130.zip)

Acceso: 27 de febrero de 2014.

- ÷ FING (Facultad de Ingeniería). (2012b). Láminas del pliego para licitación pública N° 01/12. Trabajos de reparaciones de hormigones de fachada del edificio de la Facultad de Ingeniería. Montevideo, Uruguay. 15 láminas formato A3.

Disponible en internet

[http://www.comprasestatales.gub.uy/Pliegos/pliego\\_a191130.zip](http://www.comprasestatales.gub.uy/Pliegos/pliego_a191130.zip)

Acceso: 27 de febrero de 2014.

- ÷ FING (Facultad de Ingeniería). (2012c). Boletín mensual de noticias del Plan de Obras de Mantenimiento. Montevideo, Uruguay. 30 p.

Disponible en internet

<http://www.fing.edu.uy/sites/default/files/2011/3220/2012-13boletin.pdf>

Acceso: 27 de febrero de 2014.

- ÷ GORDIN, Eduardo W. (2009). Patologías habituales de la construcción. col. Walter M. Wischnivetzky. Primera edición. Buenos Aires, Argentina. 198p. ISBN 978-987-24272-0-7.
- ÷ HELENE, Paulo y PEREIRA CAMPOS, Fernanda. (2003). Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigón. Reparación, Refuerzo y Protección. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Programa de Cooperación Iberoamericana. Sub Programa XV Corrosión e Impacto Ambiental sobre Materiales, CYTED. São Paulo, Brasil. 775p. ISBN 8590370712, 9788590370710.
- ÷ IMCC (Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto, A.C.). (2000). Revista construcción y tecnología. La carbonatación, enemigo olvidado del concreto. Disponible en Internet (<http://www.imcyc.com/revista/2000/dic2000/carbonatacion.htm>)

Acceso: 8 de marzo de 2014.

- ÷ MONJO CARRIÓ, Juan. (1998). Tratado de rehabilitación. Director del master y del tratado de rehabilitación. Primera edición. Madrid, España. 459p. ISBN 84-89150-24-9.
- ÷ PEREZ NOBLE Construcciones. Disponible en Internet (<http://www.homeropereznoble.com/siatema.php>)

Acceso: 15 de febrero de 2014.

- ÷ SCHEPS GRANDAL, Juan Gustavo. (2008). 17 Registros. Facultad de Ingeniería de Montevideo (1936-1938) de Julio Vilamajó, arquitecto. Tesis Doctoral. Uruguay, Montevideo. 953p.

## Anexo 01

Fragmento de la comunicación vía mail con Adrián Santos (AS), asistente académico del Decano de la Facultad de Ingeniería (FING):

**- En principio nos interesa saber cuál es realmente tu cargo, cuanto tiempo hace que desempeñas esa función y si te especializas en algún área.**

AS - Mi cargo es de Asistente Académico (AA) del Decano. Desde hace más de 20 años en FING se creó el Plan de Obras y Mantenimiento (POM) que se encarga de todos los temas edilicios (desde obra nueva a mantenimiento, eficiencia energética, accesibilidad, etc.). Depende directamente del Decano. Yo hace 10 años que soy AA. Lo mío es la gestión. Desde el POM hacemos desde la gestión y ejecución del mantenimiento preventivo, correctivo, mejorativo del edificio con el personal de FING y de las empresas contratadas, hasta la planificación de éstas actividades, necesidades económicas, detección y programación de obras que el funcionamiento de FING y su cuerpo docente + estudiantes requiere, etc. Desde recibir el pedido para destapar un baño, hasta el plan de mantenimiento preventivo de los sistemas de detección y alarma de incendio, hasta la prospección de las necesidades de aulas, laboratorios, oficinas, etc. para los próximos años. Tenemos un plan de desarrollo edilicio que incluye un crecimiento de un 30% del área edificada, así como tenemos un plan anual de mantenimiento preventivo de los edificios e instalaciones.

Hay algo de material al respecto (si bien no está muy actualizado) en una ponencia que realizamos a un congreso de mantenimiento. Además tenemos diferentes documentos respecto a la planificación a largo plazo, el mantenimiento, la sustentabilidad, la accesibilidad y la eficiencia energética. No están muy actualizados, y responden básicamente al quinquenio pasado, donde el presupuesto comenzó a ser un poco mejor. Además editamos un boletín electrónico mensual donde informamos de todas las actividades relativas al edificio que se realizan y planifican.

Te paso los links de lo que está en la web:

<http://www.fing.edu.uy/archivos/plandeobras/congresos/uruman2006.pdf>

<http://www.fing.edu.uy/boletines>

**- ¿Existe algún plan de mantenimiento hoy en día para la facultad?**

AS - Si. Es el plan anual de mantenimiento preventivo de los edificios e instalaciones. Tenemos un software, desarrollado por estudiantes (en el marco de un curso de grado de FING), donde ingresamos desde las solicitudes llegadas desde los usuarios del edificio hasta las actividades planificadas. Tenemos cada local del edificio codificado y entonces las tareas se asignan a un local y con determinada frecuencia. Entonces el programa nos dispara las Órdenes de Trabajo en las fechas determinadas.

Además tenemos un manual de uso y mantenimiento de los edificios, tanto de los históricos como de los nuevos y vamos manteniendo los as-built de los edificios cuando hacemos intervenciones. Si bien no tuvimos al inicio planos del edificio as - built, el ir incluyendo las obras realizadas, nos ha dado a lo largo del tiempo un nivel de definición importante.

**- ¿Si lo existe, en que consiste, en caso de no existir, cómo se administra el tema?**

AS - La pregunta está un poco contestada en la respuesta anterior

**- ¿Cuáles son sus prioridades hoy en día?**

AS - Las prioridades son diversas, dinámicas, y están atadas a la consecución de fondos. Hay prioridades relativas a las patologías del edificio, hay otras relativas a las

necesidades urgentes de las actividades propias de facultad, otras relativas a requerimientos legales (accesibilidad, bomberos). A la vez, al igual que las actividades de FING son muy dinámicas.

Finalmente, y en tanto lo que destina la UDELAR para el mantenimiento edilicio es francamente insuficiente (140 pesos/m<sup>2</sup>/año) estamos permanentemente buscando formas de financiar las necesidades. La UDELAR tiene varios programas: obras críticas, seguridad contra incendio, Mejora de la enseñanza, mejora de las condiciones de trabajo y seguridad laboral, etc. En estos programas hay que presentar proyectos y los mejor evaluados terminan siendo financiados. Entonces cada año presentamos distintos problemas, en forma de proyecto, a los efectos de lograr la financiación de las necesidades. Si obtenemos la financiación hacemos las intervenciones, y si no la obtenemos, buscamos otras formas de financiar.

**- ¿Cómo se procede con el mantenimiento? (estamos interesados sobre todo en los elementos estructurales, pilares, vigas y losas)**

AS - Las tareas están en el plan anual de mantenimiento preventivo de los edificios e instalaciones. La ejecución de los trabajos depende de la financiación. En 2012 y 2013 realizamos una inversión importante en los elementos estructurales de los cuerpos Central y Sur ya que obtuvimos recursos. Ahora estamos planteando la necesidad de fondos para el resto del complejo edilicio. Anteriormente, en 1994-1997 fueron las últimas intervenciones al respecto.

**- ¿Qué opinión tienes a cerca de las lesiones que presenta hoy el edificio? (por ejemplo los pilares de Planta baja que no tienen recubrimiento en algunas partes y quedan las armaduras a la vista)**

AS - Más que opinión, tenemos estudios. Si bien desde el punto de vista estructural no representan un riesgo inminente, si lo hay respecto a la seguridad ya que los desprendimientos al caer pueden provocar accidentes sobre bienes o personas. Asimismo de no actuarse en un período razonable, dichos elementos pueden comenzar a sufrir afectaciones que comiencen a generar patologías mayores, que conduzcan a riesgos estructurales.

Te adjunto link a la licitación que publicamos hace un par de años donde está el estudio, un relevamiento fotográfico, procedimiento para la reparación, etc.

[http://www.comprasestatales.gub.uy/Pliegos/pliego\\_a191130.zip](http://www.comprasestatales.gub.uy/Pliegos/pliego_a191130.zip)