

**LEVANTAMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LAS AREAS  
PERTENECIENTES A LA SEDE BUCARICA, PARA SU INCLUSION EN EL  
PROYECTO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

**DESCUBRIENDO**

**CARACTERIZACIÓN DE FISURAS Y GRIETAS EN ESTRUCTURAS DE  
HORMIGON, CASO DE ESTUDIO: PISCINA SEDE BUCARICA**

**JENSLEY RUEDA MONTOYA**



**FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2007**

**LEVANTAMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LAS AREAS  
PERTENECIENTES A LA SEDE BUCARICA, PARA SU INCLUSION EN EL  
PROYECTO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

**DESCUBRIENDO**

**CARACTERIZACIÓN DE FISURAS Y GRIETAS EN ESTRUCTURAS DE  
HORMIGON, CASO DE ESTUDIO: PISCINA SEDE BUCARICA**

**JENSLEY RUEDA MONTOYA  
Cód 1992136**

**PRÁCTICA EMPRESARIAL DESARROLLADA EN LA OFICINA DE  
PLANEACION DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.**

**Director del proyecto  
ING. JORGE H. GOMEZ GOMEZ**

**Tutor responsable  
ING. EUCLIDES ALFONSO RUEDA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2007**

A mi familia,  
y a todas las personas  
que de una u otra forma  
contribuyeron en este proceso.

## TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS .....	3
1. GENERALIDADES .....	4
1.1 OFICINA DE PLANEACIÓN UIS .....	4
1.2 SEDE BUCARICA.....	4
1.3 PRÁCTICA EMPRESARIAL .....	5
1.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	5
2. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO .....	7
2.1 LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO Y DIGITALIZACIÓN .....	7
2.2 BASE DE DATOS.....	11
2.3 TOPOLOGÍAS .....	12
3. DIFERENCIAS ENCONTRADAS ENTRE LA CARTOGRAFIA ANTERIOR Y LA ACTUAL PERTENECIENTE A LA SEDE BUCARICA.....	13
4. CARACTERIZACION DE FISURAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGON. CASO DE ESTUDIO: PISCINA SEDE BUCARICA .....	19
4.1 JUSTIFICACIÓN.....	19
4.2 MARCO CONCEPTUAL.....	20
4.2.1 Definiciones .....	20
4.2.1.2 Fisuración .....	20
4.2.2 Clasificación de Fisuras.....	20
4.2.2.1 Según su tamaño .....	20
4.2.2.2 Según su comportamiento .....	21
4.2.3 Causas .....	21
4.2.3.1 Fisuras de ahogamiento.....	22
4.2.3.2 Fisuras por asentamiento plástico .....	23
4.2.3.3 FISURAS POR RETRACCIÓN HIDRÁULICA .....	25
4.2.3.4 Fisuras por Entumecimiento.....	27
4.2.3.5 Fisuras de Origen Térmico .....	27
4.2.3.6 Fisuras de ejecución en estado plástico .....	28
4.2.3.7 Fisuras Por Solicitaciones Excesivas .....	29
4.2.3.8 Fisuras por corrosión de las armaduras .....	46
4.2.3.9 Fisuras por Exceso de Deformación.....	49
4.3 CASO DE ESTUDIO: PISCINA SEDE BUCARICA .....	54
4.3.1 Generalidades.....	54
4.3.2 Ubicación y tipos de fisuras presentes en la piscina .....	57
4.3.2.1 Daños en la superficie.....	57

4.3.2.2 Daños en las caras internas de la piscina.....	60
4.3.2.3 Daños en las esquinas .....	62
4.3.2.4 Daños en las caras externas de los muros .....	65
4.3.3 Análisis Estructural.....	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
BIBLIOGRAFIA.....	70

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Puerta de Acceso Calle 35	8
Figura 2. Punto en común para los 3 niveles.	9
Figura 3. Plano del levantamiento inicial.	10
Figura 4. Ubicación de la subestación eléctrica	11
Figura 5. Detalle de la portería del parqueadero.	13
Figura 6. Detalle locales de la calle 36	14
Figura 7. Detalle muro oblicuo en el sector de la piscina.	14
Figura 8. Detalle muro oblicuo en sala de cómputo de la Escuela de Derecho.	15
Figura 9. Detalle columnas y salientes sala de computo Escuela de Derecho.	15
Figura 10. Detalle baños.	16
Figura 11. Detalle Centro de Conciliación.	16
Figura 12. Detalle del mezanine Centro de Conciliación.	17
Figura 13. Columnas faltantes en el salón Hormiga.	17
Figura 14. Detalle ventana de baños ala sur.	18
Figura 15. Detalle muros divisorios en oficinas del pasillo central.	18
Figura 16. Control de fisuración	21
Figura 17: Fisuras por retracción plástica, esquema de la evaporación, la trayectoria del sangrado. Las grietas aparecen generalmente cuando la evaporación es mayor que el sangrado.	22
Figura 18. Fisuras por asentamiento plástico. Vacíos y esfuerzos que se generan en el asentamiento plástico.	24
Figura 19. Fisuras por asentamiento plástico. Parte superior de la superficie externa de una bóveda de concreto reforzado. Las grietas se encuentran sobre las barras del acero de refuerzo.	24
Figura 20. Fisura por retracción hidráulica.	25
Figura 21. Fisuras de retracción en placas.	26
Figura 22. Fisuras de retracción en láminas y muros.	27
Figura 23. Fisuras de ejecución en estado plástico.	29
Figura 24. Evolución de una fisura de momento flector.	30
Figura 25. Fisuras por flexión simple, flexión compuesta y vigas pared.	32
Figura 26. Planta y alzado de muro sometido a flexión horizontal	32
Figura 27. Fisuras en ménsula debido a la flexión.	33
Figura 28. Evolución de una fisura de esfuerzo cortante	35
Figura 29. Desplazamiento de la parte superior del muro de contención ejecutado con bloques.	37
Figura 30. Aspecto esquemático de fisuras de punzonamiento. Vistas frontal y plantas de pilar central y de borde.	37

Figura 31. Fisuras de agotamiento en compresión y compresión elevada sin estribado superior.	39
Figura 32: Fisuras verticales de compresión paralelas a la carga.	40
Figura 33. Fisuración por torsión de una viga.	41
Figura 34. Fisuración por cortante y por torsión	42
Figura 35. Casos de desplazamientos en las armaduras.	45
Figura 36. Corrosión de la armadura	46
Figura 37. Fases de degradación del concreto. El hormigón armado es joven y estable pero comienza la penetración del CO <sub>2</sub> y del oxígeno.	47
Figura 38. Fases de degradación del concreto. La carbonatación avanza en dirección del acero que pronto se hará pasivo.	47
Figura 39. Fases de degradación del concreto. La corrosión comienza en presencia de humedad. Se produce la primera fisuración.	48
Figura 40. Fases de degradación del concreto. Oxidación importante del acero con formación de sales expansivas. Fragmentación y manchas de óxido.	48
Figura 41. Distintos casos de fisuras en cerramientos.	51
Figura 42. Fisuras en tabiques de planta baja (poca altura y esbelto).	52
Figura 43. Fisuración debida a asientos excesivos.	54
Figura 44. Piscina sede Bucarica.	55
Figura 45. Vista superior de la piscina.	56
Figura 46. Vista frontal de la piscina.	56
Figura 47. Ubicación de daños en la superficie.	57
Figura 48. Fisuras en la placa.	58
Figura 49: Fisuras en el rompe olas.	59
Figura 50: Asignación de nombres a los muros de la piscina.	60
Figura 51: Planta y perfil caras A y D.	60
Figura 52. Mancha en muro norte (A).	61
Figura 53. Manchas en el muro occidental (D).	61
Figura 54. Ubicación de fisuras en las esquinas.	62
Figura 55. Fisura y deterioro de muro exterior en esquina BC.	63
Figura 56. Fisura y deterioro de muro exterior en esquina CD.	63
Figura 57. Fisura y deterioro de muro exterior en esquina DA.	64
Figura 58. Fisuras por oxidación del acero de refuerzo.	65
Figura 59. Corte transversal para cálculo de esfuerzos.	67

## RESUMEN

**TÍTULO:** LEVANTAMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LAS AREAS PERTENECIENTES A LA SEDE BUCARICA, PARA SU INCLUSION EN EL PROYECTO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
DESCUBRIENDO  
CARACTERIZACIÓN DE FISURAS Y GRIETAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGON, CASO DE ESTUDIO: PISCINA SEDE BUCARICA\*

**AUTOR:** RUEDA MONTOYA , Jensley. \*\*

**PALABRAS CLAVES:** SIG, levantamiento, digitalización, topologías, shapes, fisuras.

### DESCRIPCIÓN:

La oficina de planeación de la Universidad Industrial de Santander se encuentra desarrollando el proyecto SIG – UIS, con el cual se pretende optimizar el uso de áreas de trabajo y actualizar la información cartográfica de la Universidad.

Este proyecto de grado, desarrollado en la modalidad de práctica empresarial en la oficina de Planeación, tiene como objeto en primera instancia mostrar el trabajo de campo para el desarrollo del SIG – UIS realizado en la sede Bucarica, el cual consistió en el levantamiento arquitectónico de la sede, digitalización y recolección de información con el fin de elaborar los shapes necesarios para el SIG ; y en segunda instancia mostrar y caracterizar los daños presentes en la piscina de la sede.

El libro tiene como fin aportar información útil para la toma de futuras decisiones referentes al funcionamiento de la estructura analizada.

---

\* Proyecto de Grado - Práctica Empresarial.

\*\* Facultad de Ingenieras Físico-Mecánicas. Ingeniería Civil. GOMEZ GOMEZ, Jorge Hernando.

## ABSTRACT

**TITLE:** RISE AND UPDATE OF THE INFORMATION OF THE AREAS PERTAINING TO SEAT BUCARICA, FOR ITS INCLUSION IN THE PROJECT OF A GIS DISCOVERING CHARACTERIZATION OF FISSURES AND CRACKS IN CONCRETE STRUCTURES, CASE OF STUDY: HOST SWIMMING POOL BUCARICA.\*

**AUTHOR:** RUEDA MONTOYA, Jensley. \*\*

**KEY WORDS:** GIS, rise, digitalization, topologies, shapes, fissures.

### DESCRIPTION:

The office of planning of the Universidad Industrial de Santander is developing the project SIG - UIS, with which it is tried to optimize the use of work areas and to update the cartographic information of the University.

This project of degree, developed in the modality of enterprise practice in the office of Planning, must like object in first instance show the work of field for the development of SIG - UIS made in the Bucarica seat, which consisted of the architectonic rise of the seat, digitalization and harvesting of information with the purpose of elaborating shapes necessary for the SIG; and in second instance to show and to characterize the present damages in the swimming pool of the seat

The book has as aim to contribute useful information for the taking of future referring decisions to the operation of the analyzed structure .

---

\* Degree Project in modality of Enterprise Practice.

\*\* Faculty of physical-mechanical engineerings. Civil engineering. GOMEZ GOMEZ, Jorge Hernando.

## INTRODUCCIÓN

Conocer los recursos físicos y humanos con los que se cuenta es indispensable para cualquier organización pública o privada teniendo en cuenta que estos son el pilar de una excelente planeación. Por esta razón, desde hace algún tiempo la oficina de planeación de la Universidad Industrial de Santander se encuentra desarrollando el proyecto SIG – UIS, con el cual se pretende optimizar el uso de áreas de trabajo, actualizar la información cartográfica de la universidad y en general, actualizar la base de datos de recursos físicos y humanos, que como se mencionaba anteriormente, es fundamental para una buena planeación.

Cabe señalar que la mejor manera de procesar esta información es mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG), ya que este permite: recolectar, almacenar, recuperar, analizar, modelar y representar todo un conjunto de datos ligados a un espacio.

Los trabajos necesarios para la realización de este proyecto SIG-UIS, han sido realizados por estudiantes de la Universidad Industrial de Santander en modalidad de práctica empresarial. Cada grupo de trabajo se ha centrado en ciertas áreas del campus universitario, aportando los planos actualizados y la información requerida según una metodología de trabajo diseñada por la oficina de planeación de la Universidad.

De esta manera, el objetivo central de este trabajo es describir la manera en la que se contribuyó al proyecto SIG – UIS, por medio de la recolección de información perteneciente a la sede Bucarica; como aporte personal, se presentará como tesis central, las fisuras y grietas en estructuras de hormigón, siendo éste uno de los principales problemas que registra la piscina de la sede y

tema de interés tanto para la administración de la misma, como para la oficina de Planeación.

Para este propósito dicho trabajo se estructura en cinco capítulos. En el primer capítulo titulado "Generalidades" se tiene como intención exponer los tópicos mas importantes que tienen que ver con el desarrollo de la práctica empresarial. En el segundo capítulo se identifica el "Desarrollo Del Plan De Trabajo", el cual describe todas las actividades realizadas para el cumplimiento de los objetivos planteados. El tercer capítulo se titula "Diferencias Encontradas Entre La Cartografía Anterior Y La Actual Perteneciente A La Sede Bucarica" realiza un diagnóstico detallado de las principales diferencias encontradas. El cuarto capítulo está dedicado a tratar el tema de fisuras en el hormigón, teniendo como caso de estudio la piscina de la sede Bucarica. En el quinto y último capítulo que lleva por nombre "Conclusiones y Recomendaciones", se hace una síntesis de lo expuesto en los capítulos anteriores, es decir, se presenta un balance final de la investigación y se plantean algunas recomendaciones utilizando las herramientas expuestas en capítulos anteriores.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Recopilar, analizar y evaluar la información actual correspondiente a la distribución arquitectónica de la sede Bucarica; para ser incluidos en el Sistema de Información Geográfica de la Universidad Industrial de Santander.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Revisar y actualizar la información correspondiente a los planos arquitectónicos del Hotel Bucarica.
- Recopilar la información necesaria para elaborar los planos arquitectónicos de la sede Bucarica, y de esta manera contar con cartografía cien por ciento actualizada y confiable que permitan el buen desarrollo del SIG .
- Recolectar información tal como áreas de uso, tipos de piso, áreas de pintura, etc. para ser implementada en una base de datos.
- Elaborar las topologías con los planos actualizados para su posterior exportación a shapes.
- Ubicar e identificar las diferentes fisuras o grietas de la piscina de la sede Bucarica mediante inspección visual.
- Dar un diagnóstico de los problemas encontrados en la piscina de la sede Bucarica, basándose en la información recolectada.

## **1. GENERALIDADES**

En este primer capítulo se tratan temas generales relacionados con la práctica empresarial tales como la oficina de Planeación de la Universidad, ya que esta es, en términos del reglamento estudiantil, la empresa contratante, y la sede Bucarica puesto que es el lugar donde se realizaron los trabajos, entre otros.

### **1.1 OFICINA DE PLANEACIÓN UIS**

La oficina de Planeación de la Universidad Industrial de Santander es una dependencia de la rama administrativa la cual cumple diferentes funciones con el fin de llevar un correcto desarrollo de la universidad en cuanto a su planificación institucional se refiere.

Entre las funciones de la oficina de Planeación no solo está la elaboración de tareas de logística en pro de la institución, también está atenta de la participación e integración de las diferentes dependencias que conforman la Universidad. También es un organismo que asesora constantemente al Rector en la ejecución de proyectos, planes de desarrollo y correcta administración de recursos para la inversión en obras civiles dentro del Campus para lograr la consolidación de un proceso cuyo resultado se ve reflejado en todo lo que hoy es el centro educativo mas reconocido del oriente Colombiano.

### **1.2 SEDE BUCARICA<sup>1</sup>**

El edificio de la Sede Bucarica, fue diseñado por el arquitecto español Germán Tejeiro de la Torre y se inauguró como Hotel Bucarica el 10 de diciembre de 1941.

---

<sup>1</sup> [www.vanguardia.com/2007/1/28/gal.htm](http://www.vanguardia.com/2007/1/28/gal.htm). El artículo se llama “El Hotel Bucarica Hóspede la historia de una ciudad”.

El Consejo de Monumentos Nacionales del Ministerio de Cultura lo declaró Monumento Nacional mediante resolución No 002 del 12 de marzo de 1982, por su antigüedad, autenticidad, singularidad, representatividad, valor estético, arquitectónico, histórico y documental como bien inmueble en la región Santander. Su utilización como hotel terminó a finales de 1999, fecha a partir de la cual se convierte en sede empresarial y cultural de la Universidad Industrial de Santander, albergando en su interior a algunas dependencias universitarias, como es el caso de: la Dirección de Extensión; las emisoras universitarias UIS Estéreo y UIS A.M.; el Centro de Estudios Regionales; la Oficina de Control Interno Disciplinario; el Consultorio Jurídico de la Escuela de Derecho; los salones Santander, Hormiga y Río de Oro; la sala de exposiciones Macaregua, así como también algunas corporaciones en convenio con el sector productivo.

### **1.3 PRÁCTICA EMPRESARIAL**

Una de las modalidades de Trabajo de Grado es la Práctica Empresarial, la oficina de Planeación de la Universidad Industrial de Santander ha venido utilizando estudiantes para el desarrollo de sus diferentes actividades brindándoles la oportunidad de realizar su trabajo de grado en esta modalidad.

De esta manera, para la realización del proyecto SIG – UIS, la oficina de Planeación ha solicitado estudiantes de último semestre para que participen en la implementación de éste.

### **1.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Un SIG se puede definir como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una tecnología que

permite gestionar y analizar la información espacial, y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato.

## **2. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO**

El plan de trabajo inicial consistía en tomar los planos existentes y hacer una revisión. Luego de tomar varias medidas se comprobó que existía diferencia entre las distancias leídas en campo y las distancias suministradas por los planos impresos, existían también inconsistencias tales como muros, salientes, accesos y columnas faltantes o a veces sobrantes en los planos suministrados. Por esta razón se decidió volver a elaborar los planos arquitectónicos de la sede Bucarica partiendo de cero, es decir, se levantó el edificio en un ciento por ciento.

### **2.1 LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO Y DIGITALIZACIÓN**

El levantamiento arquitectónico de la sede Bucarica se realizó utilizando una cinta métrica en fibra de vidrio y un flexómetro para medir distancias cortas. Consistió en la toma de medidas de todos los muros, divisiones, accesos y en general toda el área de la sede con el fin de elaborar los planos arquitectónicos con datos actuales y confiables para la posterior realización del SIG.

El proceso de digitalización se realizó a la par con la toma de medidas ya que de esta forma es más fácil hallar en el plano digitalizado inconsistencias o errores en las mediciones tomadas en campo.

Este proceso se realizó siguiendo las exigencias del *MANUAL PARA LA NORMALIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA DIGITAL DE LA UIS* el cual posee una normatividad estructurada para la digitalización de todo tipo de planos para la Universidad.

**Figura 1. Puerta de Acceso Calle 35**



Fuente: Autor del Proyecto.

El levantamiento partió de un punto arbitrario, este fué una puerta ubicada sobre la calle 35, desde este lugar comenzó la medición de todos los muros y divisiones que componen el primer piso de la sede, en el cual se encuentran los salones Santander, Hormiga y Río de Oro, la sala de exposiciones Macaregua, la piscina, la recepción y el Consultorio Jurídico de la Escuela de Derecho. El mayor inconveniente que se presentó en este nivel fue la aparición de muros oblicuos, es decir, muros cuyos ejes no coincidían con los ejes de coordenadas supuestos. Esto se descubrió pronto ya que como se mencionó anteriormente, la digitalización se hacía al mismo tiempo que la toma de medidas y esto permitió observar que cuando se intentaba cerrar un área, esta no coincidía en el plano que se estaba digitalizando. Luego de rectificar varias veces las medidas, se llegó a la conclusión del muro oblicuo. En el capítulo 3 se muestra gráficamente lo mencionado.

El levantamiento del segundo y tercer nivel comenzó con la ubicación de un punto común para los 3 niveles que serviría de referencia<sup>2</sup>. Se realizó por etapas ya que la mayoría de las oficinas de estos niveles se encuentran ocupadas por empresas privadas ajenas a la Universidad. La administración de la sede sugirió comenzar el levantamiento por las áreas comunes (pasillos, corredores, baños) y las oficinas desocupadas y luego de terminada esta labor el paso a seguir era ser presentado en cada una de las oficinas faltantes y pactar una fecha y hora exacta para realizar el levantamiento. Esto produjo retraso ya que hubo días en los que no se pudo levantar ningún lugar.

**Figura 2 Punto en común para los 3 niveles.**

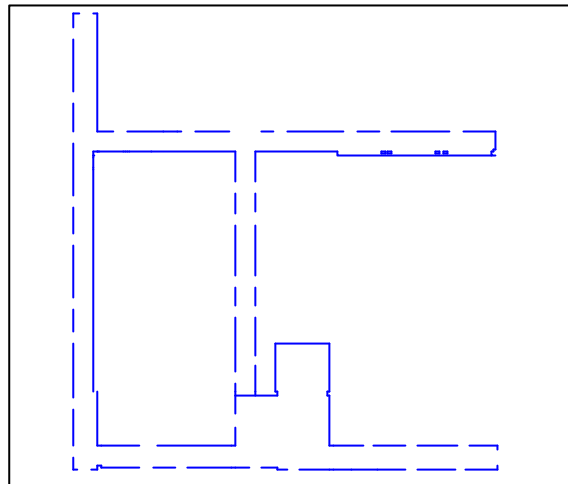


Fuente: Autor del Proyecto.

---

<sup>2</sup> Esto para comprobar la veracidad de las medidas en el momento de la digitalización.

**Figura 3. Plano del levantamiento inicial.**

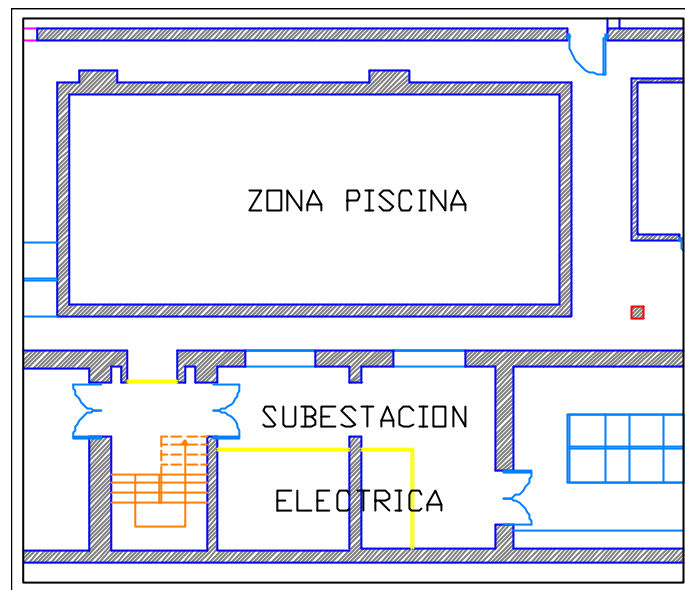


Fuente: Autor del Proyecto.

Durante esta etapa también se encontraron diferencias entre los planos y lo que se observaba en campo; estas diferencias eran comúnmente en distancias, muros faltantes y puertas o accesos creados por nuevos inquilinos, ya que cuando se alquilan 2 oficinas contiguas se hace un acceso en el muro que las divide, y a su vez cuando los inquilinos que tienen alquiladas dos oficinas contiguas dejan la sede, estos accesos son sellados nuevamente con ladrillo.

Las áreas correspondientes al sótano y los exteriores fueron levantadas de la misma forma con la que se levantó el resto del edificio. Se reiteran las diferencias entre lo real y la cartografía anterior. (Capítulo 3, Figura 15). Mientras se realizaba el levantamiento del sótano se encontró evidencia del grave deterioro de la piscina y el riesgo que existe con la subestación eléctrica y la motobomba ubicadas cerca, esto motivó a la investigación de una solución a este problema (Capítulo 4).

**Figura 4. Ubicación de la subestación eléctrica**



Fuente: Autor del Proyecto.

Una vez culminada la digitalización de los planos éstos fueron entregados a Planeación-UIS, para su revisión y verificación para luego realizar el acta de entrega. Esta labor fue coordinada por el Ing. E. Alfonso Rueda, tutor de la práctica y el ingeniero Luís Eugenio Prada, Administrador de la Sede Bucarica.

Ahora se cuenta con planos 100% actualizados que incluyen todas las divisiones modulares de las diferentes oficinas, cambios en la arquitectura de algunos espacios (apertura de nuevas puertas y sellado de otras, muros y pisos) y los mezanines ubicados en el centro de conciliación y el CIDLIS.

## **2.2 BASE DE DATOS**

Para el desarrollo del SIG – UIS se requiere una base de datos que agrupe información de áreas, tipo de pisos, tipo de pinturas, capacidad del área entre

otros, de la sede Bucarica con el fin de conocer en detalle los recursos y tipos de materiales presentes en la sede.

Una base de datos se puede definir como un conjunto de información relacionada que se encuentra agrupada ó estructurada; tiene mucha importancia en el ritmo de vida que llevamos en los actuales momentos, ya que ésta acelera el ritmo en el momento de realizar la búsqueda de información.

La información requerida para la creación de la base de datos se obtuvo de mano de la Ing. Luz Marina Duarte, Profesional adjunta a la oficina de Administración de la sede Bucarica.

### **2.3 TOPOLOGÍAS**

La topología se define como las diferentes relaciones espaciales entre objetos geográficos. Aunque a nivel geográfico las relaciones entre los objetos son muy complejas, siendo muchos los elementos que interactúan sobre cada aspecto de la realidad, la topología de un S.I.G. reduce sus funciones a cuestiones mucho más sencillas, como por ejemplo conocer el polígono (o polígonos) a que pertenece una determinada línea, o bien saber qué agrupación de líneas forman una determinada estructura.

Esta labor se realizó sin ningún contratiempo, se utilizó el software Autodesk Map 2006 el cual se encuentra en la oficina de Planeación.

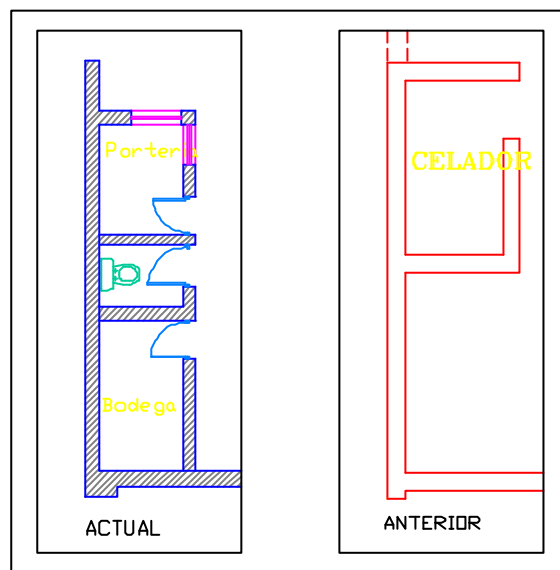
Se realizó la topología de polígonos ya que esta es la que corresponde al tipo de información que se está trabajando en esta práctica empresarial.

### 3. DIFERENCIAS ENCONTRADAS ENTRE LA CARTOGRAFIA ANTERIOR Y LA ACTUAL PERTENECIENTE A LA SEDE BUCARICA.

Como se mencionó en el capítulo 2, durante las mediciones a lo largo de toda la sede, se identificaron incongruencias en la cartografía existente. A continuación se describen las más comunes como testimonio de la exactitud con la que se levantó la sede Bucarica.

- En el área correspondiente a la portería del parqueadero no se encontraban registrados el baño y una bodega.

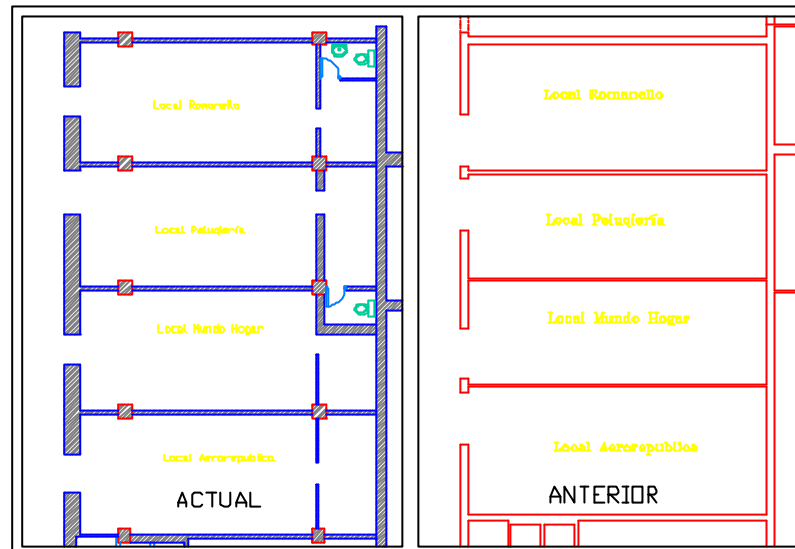
Figura 5. Detalle de la portería del parqueadero.



Fuente: Autor del Proyecto.

- Los locales ubicados sobre la calle 36 no mostraban las divisiones al final de cada local ni las columnas.

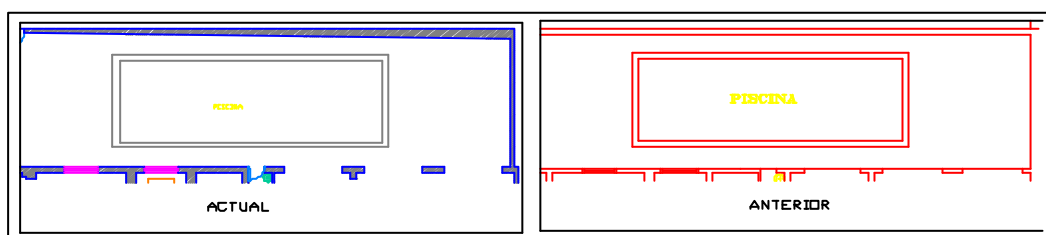
Figura 6. Detalle locales de la calle 36



Fuente: Autor del Proyecto.

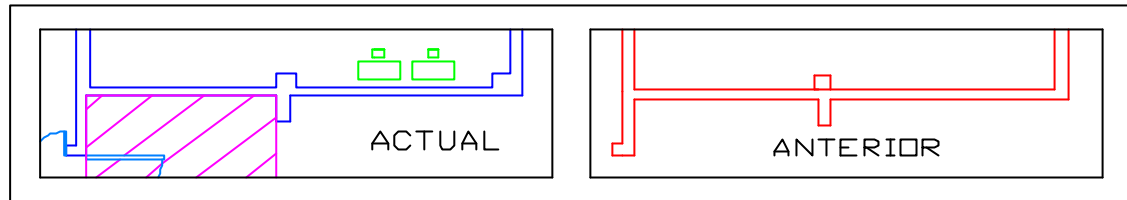
- Se encontraron dos muros oblicuos, uno en el sector de la piscina, el muro occidental y el otro es el muro oriental de la sala de cómputo de la Escuela de Derecho.

Figura 7. Detalle muro oblicuo en el sector de la piscina.



Fuente: Autor del Proyecto.

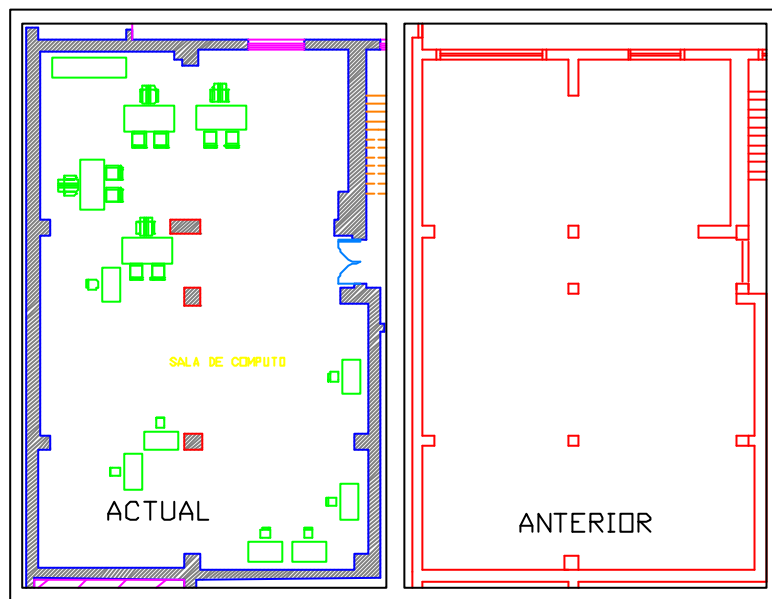
**Figura 8. Detalle muro oblicuo en sala de cómputo de la Escuela de Derecho.**



Fuente: Autor del Proyecto.

- En la sala de cómputo de la Escuela de Derecho se presentan diferencias en las medidas y formas de salientes y columnas.

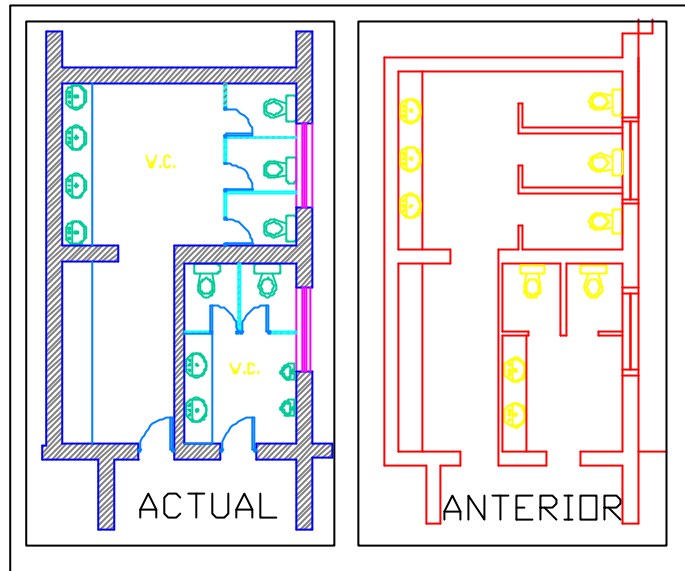
**Figura 9. Detalle columnas y salientes sala de cómputo Escuela de Derecho.**



Fuente: Autor del Proyecto.

- En el sector de los baños, la posición de las puertas de los sanitarios no era correcta. Además, se observa un muro faltante en el costado occidental.

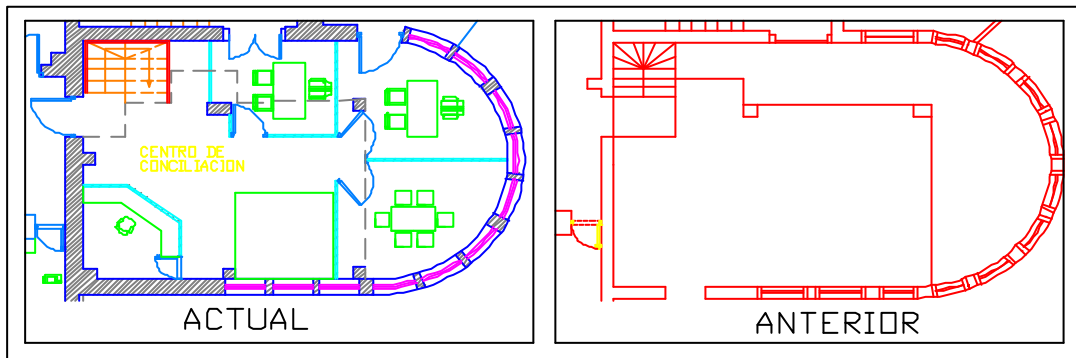
**Figura 10. Detalle baños.**



Fuente: Autor del Proyecto.

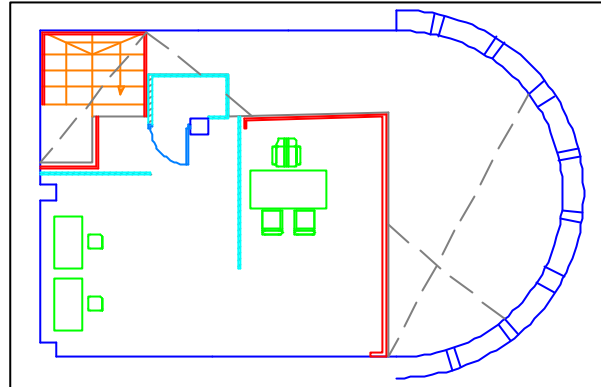
- En el Centro de conciliación del Consultorio Jurídico de la Escuela de Derecho no se encontraban registradas las divisiones modulares ni tampoco existía plano del mezanine presente en este lugar.

**Figura 11. Detalle Centro de Conciliación.**



Fuente: Autor del Proyecto.

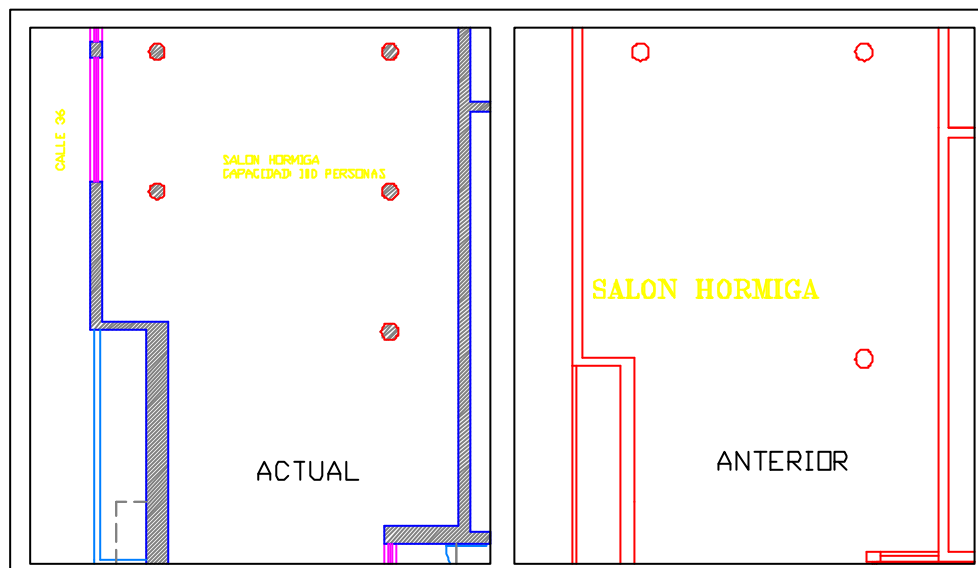
**Figura 12. Detalle del mezanine Centro de Conciliación.**



Fuente: Autor del Proyecto.

- En los planos antiguos, en el área perteneciente al salón Hormiga, no se encuentran registradas dos columnas.

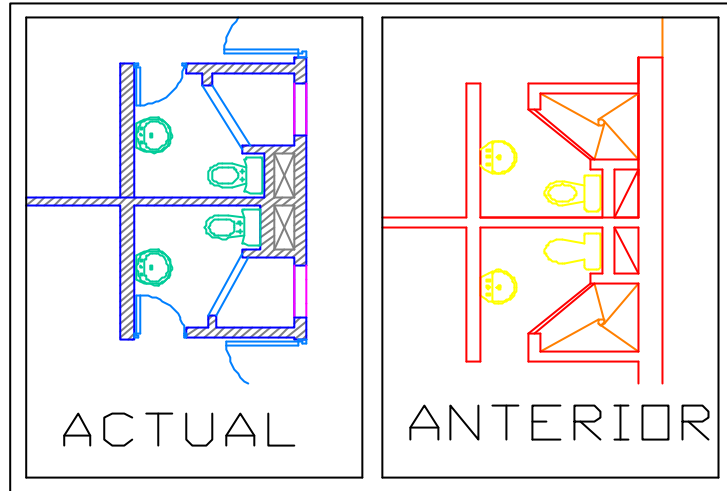
**Figura 13. Columnas faltantes en el salón Hormiga.**



Fuente: Autor del Proyecto.

- En todas las oficinas del pasillo sur hacía falta registrar las ventanas de los baños.

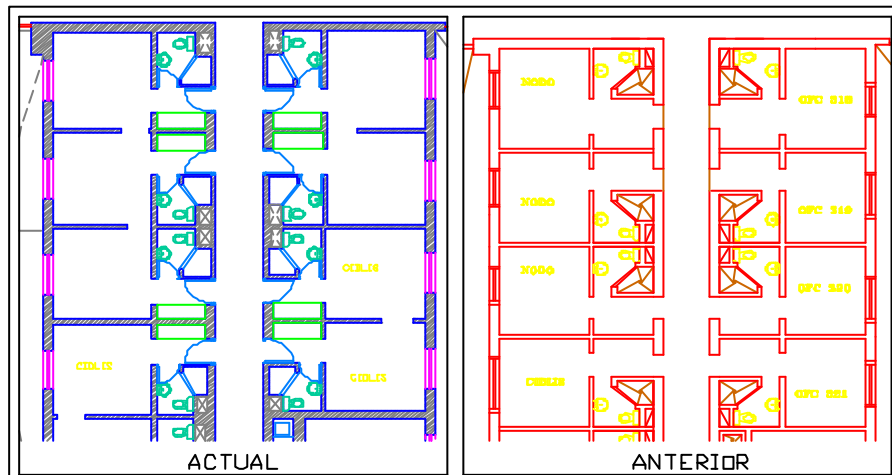
**Figura 14. Detalle ventana de baños ala sur.**



Fuente: Autor del Proyecto.

- Accesos creados en los muros divisorios de las oficinas del pasillo central del tercer nivel.

**Figura 15. Detalle muros divisorios en oficinas del pasillo central.**



Fuente: Autor del Proyecto.

## **4. CARACTERIZACION DE FISURAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGON. CASO DE ESTUDIO: PISCINA SEDE BUCARICA**

### **4.1 JUSTIFICACIÓN**

La naturaleza del hormigón, el proceso de hidratación del cemento y las acciones atmosféricas, hacen que las fisuras estén consustanciadas con el mismo. La piscina de la sede Bucarica fue construida hace ya varias décadas con hormigón reforzado y en la actualidad presenta fisuras que dan lugar a filtraciones de agua, las cuales se pueden apreciar desde la parte superior y desde el sótano, ya que la base de la piscina se encuentra en este lugar. Desde el momento en que el edificio pasó a ser parte de la Universidad Industrial de Santander, ésta se ha comprometido con su conservación y mantenimiento llevando a cabo los estudios y obras necesarias para cumplir con el objetivo de mantener en buen estado la edificación.

Con estos antecedentes es necesaria la realización de un estudio - que identifique los diferentes tipos de fisuras ubicación, tamaño, causas de aparición, etc. - a las paredes de la piscina de la sede con el fin de presentar un informe que contenga soluciones a los problemas antes mencionados.

Por otro lado, los beneficios de realizar este estudio se traducen no solo en tener un conocimiento conciso de la raíz del problema a tratar (fisuras y grietas en estructuras de hormigón), si no en poder desarrollar el ejercicio de la ingeniería de manera seria y profesional, de tal forma que mas adelante este trabajo esté reflejado en la concepción de soluciones más viables, mantenimiento adecuado, conservación del entorno arquitectónico y en la optimización de costos.

## 4.2 MARCO CONCEPTUAL

### 4.2.1 Definiciones

**4.2.1.1 Patología Estructural<sup>3</sup>.** La patología estructural se define como el estudio del comportamiento de las estructuras cuando presentan evidencia de fallas, buscando detectar sus causas y proponer acciones correctivas.

**4.2.1.2 Fisuración.** La fisuración se define como la rotura en la masa del hormigón que se manifiesta exteriormente con un desarrollo lineal. Las causas de esta fisuración son varias, y su apreciación es difícil. Las fisuras son uno de varios síntomas que se presentan en una estructura y que pueden ser indicativos de un fallo, tanto en su seguridad como en su durabilidad.

### 4.2.2 Clasificación de Fisuras

#### 4.2.2.1 Según su tamaño<sup>4</sup>

- Microfisuras: ( $e < 0.05$  mm) carecen de importancia, no son indicadores de problemas estructurales.
- Fisuras: ( $0.1 < e < 0.2$  mm) las fisuras en general no son peligrosas, salvo en ambientes agresivos, en los que pueden favorecer la corrosión, fenómeno que se presenta en la piscina de la sede Bucarica.<sup>5</sup>
- Macrofisuras: ( $e > 0.2$  mm) son fisuraciones que pueden tener repercusiones estructurales de importancia.

<sup>3</sup> PEREZ VALCARCEL, Juan. Patología de Estructuras. Pág 37.

<sup>4</sup> Ibid. Pág 37.

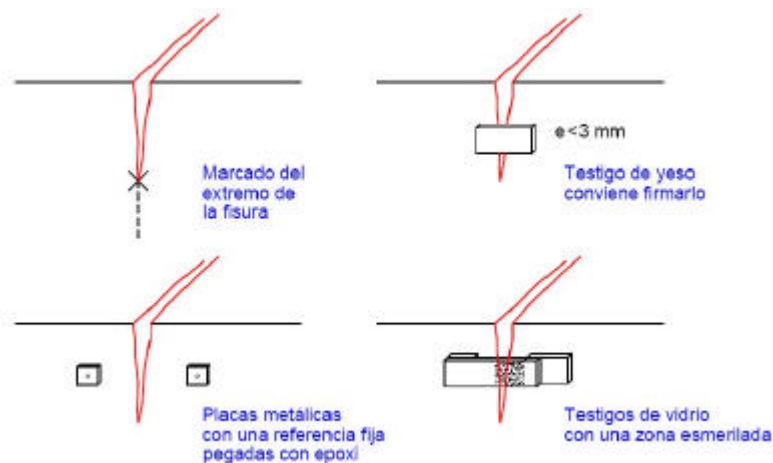
<sup>5</sup> La piscina es un ambiente agresivo ya que el agua contiene cloro y este es un elemento que oxida el acero más rápidamente.

#### 4.2.2.2 Según su comportamiento

- Vivas: continúan su movimiento, abriéndose o cerrándose.
- Muertas: se encuentran estabilizadas en su estado final.

A continuación se muestran diferentes métodos para detectar el comportamiento de la fisura.

Figura 16. Control de fisuración



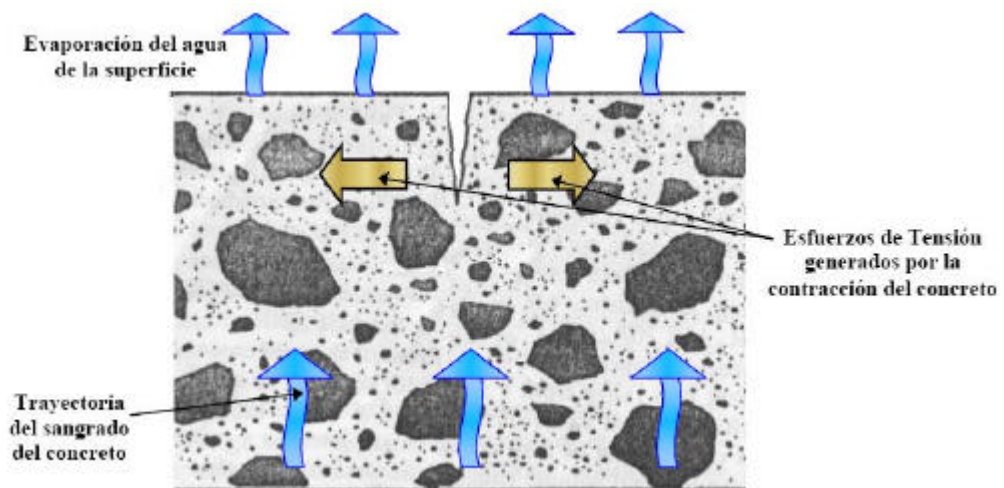
Fuente: PEREZ VALCARCEL, Juan. Patología de Estructuras. Pág 40.

**4.2.3 Causas.** Las principales causas de aparición de fisuras se deben a problemas intrínsecos del hormigón, especialmente ligadas al proceso de fraguado. También pueden estar ligadas a defectos de fabricación o de puesta en obra del hormigón.

La fisuración se produce siempre que la deformación a tracción a la que el hormigón está sometido excede de su propia capacidad y siempre que la tensión de tracción a la que el hormigón esté sometido sea superior a su resistencia a tracción.

**4.2.3.1 Fisuras de afogado.** Las fisuras de retracción plástica son fisuras relativamente cortas, poco profundas y erráticas que pueden aparecer durante los trabajos de terminación en días ventosos, con baja humedad y alta temperatura del aire. La rápida evaporación de la humedad superficial supera a la velocidad ascendente del agua de exudación, causando que la superficie del hormigón se contraiga más que el interior. Mientras el hormigón interior restringe la contracción del hormigón superficial, se desarrollan tensiones de tracción que exceden la resistencia del hormigón y consecuentemente se desarrollan fisuras en la superficie. Las fisuras de retracción plástica varían desde unos pocos centímetros de largo hasta 1,50 ó 2,00 m y suelen tener una profundidad de 2 a 3 cm. aunque pueden penetrar hasta la mitad o más del espesor de la losa cuando las condiciones ambientales son muy adversas y las prácticas de protección y curado resultan deficientes.

**Figura 17: Fisuras por retracción plástica, esquema de la evaporación, la trayectoria del sangrado. Las grietas aparecen generalmente cuando la evaporación es mayor que el sangrado.**



Fuente: PEREZ VALCARCEL, Juan. Patología de Estructuras. Pág 41.

Este tipo de patología, resulta bastante común en placas debido a que, al contrario de lo que ocurre en otros elementos estructurales que se encuentran protegidos por los encofrados durante algunos días como por ejemplo vigas o columnas, existe una extensa superficie del hormigón expuesta al medio ambiente desde el primer momento. Si no se dispone de adecuadas condiciones de protección, la superficie del hormigón tiende a perder humedad por evaporación. Como resulta obvio, la velocidad de evaporación superficial aumenta a medida que la temperatura (ambiente y del hormigón) y la velocidad del viento son mayores y la humedad relativa es más baja. Es por eso que, para evitar o minimizar estas fisuras, se recomienda actuar sobre la mezcla de hormigón y sobre la técnica de protección y curado.

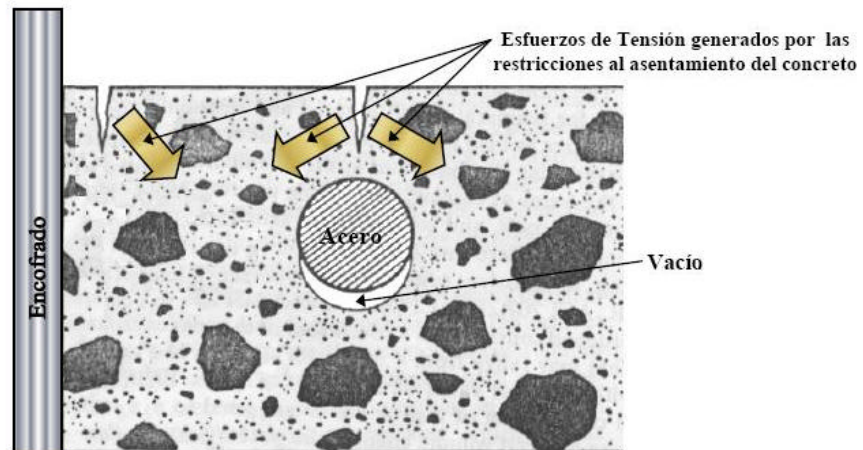
**4.2.3.2 Fisuras por asentamiento plástico.** Las fisuras por asentamiento plástico o disminución de volumen del concreto se desarrollan por la tendencia del concreto a seguir consolidándose y las restricciones que ofrecen el acero de refuerzo y/o las formaletas, o por asentamientos desiguales debidos a profundidades diferentes del concreto.

Después de la colocación, vibrado y acabado, el concreto tiene la tendencia a seguir consolidándose. Durante este periodo, el concreto en estado plástico puede restringirse localmente por el acero de refuerzo, un concreto colocado anteriormente, o los encofrados.

Estas restricciones locales pueden resultar en vacíos bajo las barras de acero de refuerzo y/o en grietas adjuntas a los elementos que restringen el movimiento.

Las fisuras por asentamiento plástico aparecen ubicadas sobre el acero de refuerzo o contiguo a los elementos que restringen el movimiento.

**Figura 18. Fisuras por asentamiento plástico. Vacíos y esfuerzos que se generan en el asentamiento plástico.**



Fuente: PEREZ VALCARCEL, Juan. Patología de Estructuras. Pág 41.

**Figura 19. Fisuras por asentamiento plástico. Parte superior de la superficie externa de una bóveda de concreto reforzado. Las grietas se encuentran sobre las barras del acero de refuerzo.**



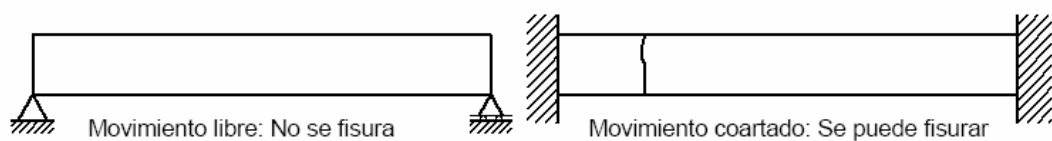
Fuente: PEREZ VALCARCEL, Juan. Patología de Estructuras. Pág 42.

**4.2.3.3 Fisuras Por Retracción Hidráulica.** Una vez fraguado el hormigón, este sigue experimentando un cambio de volumen debido a la pérdida del agua de cristalización y del gel que rodea al cemento, produciéndose contracciones debido a la retracción hidráulica, y por tanto fisuraciones.

Las fisuras por retracción hidráulica que surgen en el proceso de endurecimiento del hormigón se manifiestan también en grupos y se cortan en ángulos rectos. Presentan bordes agudos y bien definidos y atraviesan granos de árido. Surgen en las primeras semanas del hormigonado.

Cuanto más rígida es una estructura, más coartada estará, con lo cual mayor retracción y fisuración experimentará. Cuando una viga sufre la retracción se acorta, en caso de pilares esbeltos, éstos la siguen, por lo que aparecen fisuras en el pie del pilar; sin embargo, si los soportes son rígidos, surgen fisuras en la viga, ya que la propia rigidez de los pilares impide el acortamiento de la viga. En el caso de muros de hormigón, si no se han dejado juntas de retracción, el muro se fisurará cada 10-12 m, pudiendo aparecer a su vez con el tiempo un nuevo grupo de fisuras intermedias.<sup>6</sup>

**Figura 20. Fisura por retracción hidráulica.** Si la estructura tiene su disminución de dimensiones coartada puede romperse.



Fuente: PEREZ VALCARCEL, Juan. Patología de Estructuras. Pág. 42.

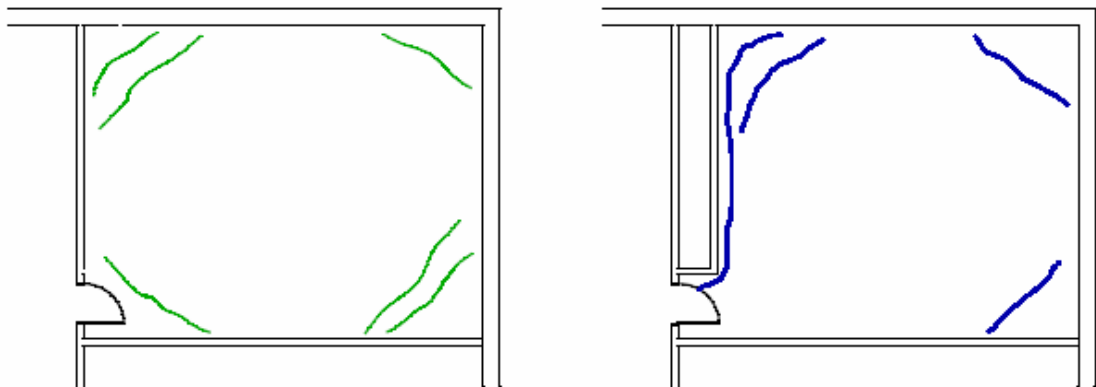
<sup>6</sup> Patología de la edificación – daños por retracción del hormigón. Pág. 2.

En elementos superficiales las fisuras de retracción son muy habituales suponiendo las armaduras un impedimento interior al libre acortamiento del hormigón. En el caso de placas apoyadas en sus bordes y sin libertad de movimientos en las dos direcciones principales, la fisuración suele presentarse a inglete, formando ángulo de  $45^\circ$ , junto a las esquinas.

El hormigón armado retrae menos que el hormigón en masa, ya que en este caso no existe coacción ninguna y el hormigón se fisura por tracción, pues su resistencia a este esfuerzo es inferior a las tensiones provocadas por el acortamiento.<sup>7</sup>

La fisuración superficial irregular en muros y losas (piel de cocodrilo) constituye un ejemplo de retracción hidráulica a pequeña escala. Generalmente hay fisuración irregular cuando la capa superficial tiene mayor contenido de humedad que el interior del hormigón. El resultado es una serie de fisuras finas y poco profundas, con poca separación.

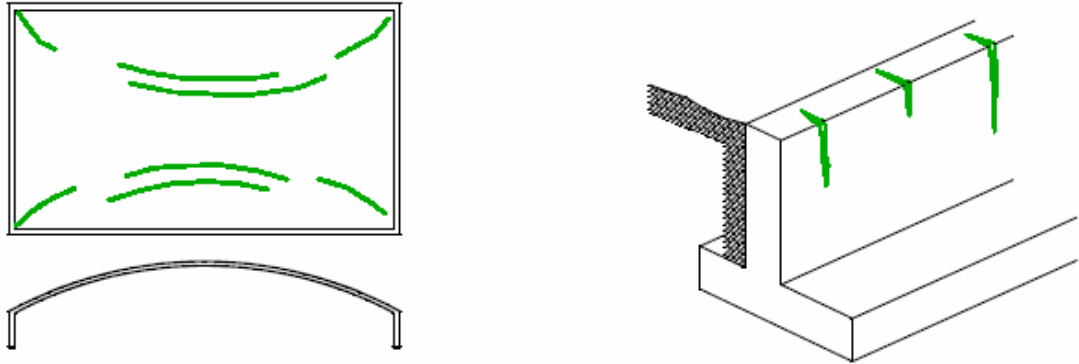
**Figura 21. Fisuras de retracción en placas.**



Fuente: PEREZ VALCARCEL, Juan. Patología de Estructuras. Pág 42.

<sup>7</sup> Patología de la edificación – daños por retracción del hormigón. Pág. 2.

Figura 22. Fisuras de retracción en láminas y muros.



Fuente: PEREZ VALCARCEL, Juan. Patología de Estructuras. Pág 42.

**4.2.3.4 Fisuras por Entumecimiento .** El entumecimiento es el efecto contrario a la retracción. Así como el hormigón que fragua en el aire disminuye de volumen (retracción), el hormigón que fragua sumergido en agua aumenta de volumen (entumecimiento). Los efectos son similares pero contrarios a los de la retracción, pero en la práctica las patologías por entumecimiento son casi inexistentes.<sup>8</sup>

**4.2.3.5 Fisuras de Origen Térmico.** Las diferencias de temperatura dentro de una estructura de hormigón pueden ser provocadas por partes de la estructura que pierden calor de hidratación a diferentes velocidades, o por condiciones climáticas que enfrían o calientan una parte de la estructura hasta una mayor temperatura o con una mayor velocidad que otra. Estas diferencias de temperatura ocasionan cambios diferenciales de volumen. Si las tensiones de tracción provocadas por los cambios diferenciales de volumen superan la capacidad de deformación por tracción del hormigón, éste se fisurará.

---

<sup>8</sup> PEREZ VARCACEL, Juan. Patología de las Estructuras. Pág. 24.

Los procedimientos para reducir la fisuración de origen térmico incluyen reducir la máxima temperatura interna, demorar el inicio del enfriamiento, controlar la velocidad a la cual se enfría el hormigón y aumentar la resistencia a la tracción del hormigón.<sup>9</sup>

**4.2.3.6 Fisuras de ejecución en estado plástico.** Este tipo de fisuras son las que se producen normalmente en las primeras horas de vida del hormigón por asentamiento o deslizamiento del mismo. En general son fisuras poco importantes que sólo afectan a la estética de la estructura.

Los casos mas frecuentes son:

- Deslizamiento del hormigón en rampas o piezas inclinadas.
- Movimientos del encofrado.
- Desplazamientos en la armadura al picar o vibrar el hormigón.
- Asientos en el hormigón fresco impedidos parcialmente por un encofrado. Son frecuentes en huecos de muros hormigonados en una sola vez o en uniones viga-pilar o placa-muro si también se hormigonan conjuntamente.

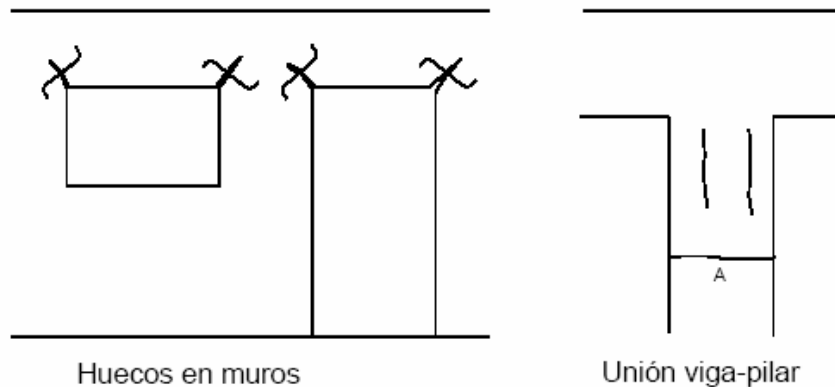
En todos estos casos debe esperarse una o dos horas con el hormigonado a nivel de la cara superior del hueco para permitir el asentamiento del hormigón fresco. También pueden ponerse en los huecos unas pequeñas armaduras que cosan la posible fisuración de la esquina<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> Fisuras y Grietas en Morteros y Hormigones; sus causas y remedios. Pág. 4.

<sup>10</sup> PEREZ VARCACEL, Juan. Patología de las Estructuras. Pág. 25.

Figura 23. Fisuras de ejecución en estado plástico.



Fuente: PEREZ VALCARCEL, Juan. Patología de Estructuras. Pág 42.

En el caso de una unión viga-pilar es de hacer notar que si la fisura horizontal es poco visible o queda disimulada por algún elemento, puede confundirse con la situación previa al colapso del pilar por desplazamiento de estribos, es decir una patología especialmente grave, mientras que en realidad carecería de importancia.

**4.2.3.7 Fisuras Por Solicitaciones Excesivas<sup>11</sup>.** Son las fisuras que causan la mayor alarma y en la mayoría de los casos las que corresponden a las patologías mas graves, puesto que indican que el hormigón está alcanzando o ha sobrepasado su capacidad resistente.

#### 4.2.3.7.1 Fisuras por Flector

##### - Descripción de los Daños

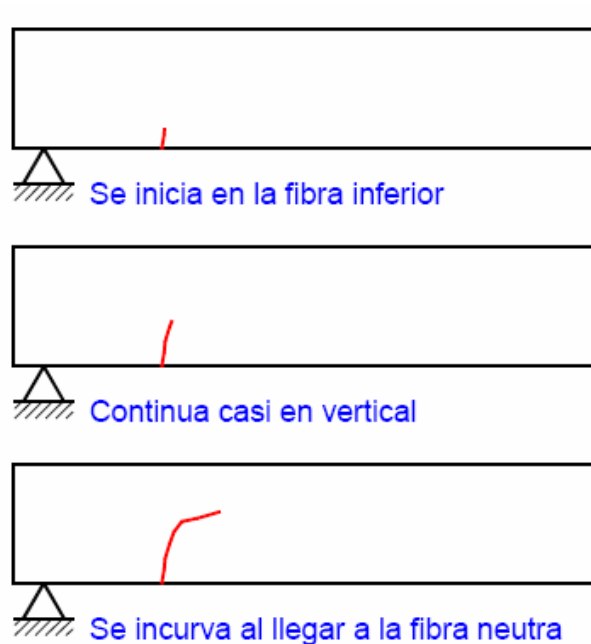
VIGAS. Las fisuras de flexión se inician en la armadura, progresa en vertical hacia la fibra neutra y al final se curva hacia el interior buscando el punto de aplicación

---

<sup>11</sup> Ibid. Pág. 26.

de la carga deteniéndose al alcanzar la cabeza de compresión. Desde la aparición de las primeras fisuras hasta que se producen los daños más severos, transcurre un período de tiempo que permite actuar sobre el elemento.

**Figura 24. Evolución de una fisura de momento flector.**



Fuente: PEREZ VALCARCEL, Juan. Patología de Estructuras. Pág 42.

En las vigas, la rotura por flexión puede producirse:

- **En el centro del vano**, ésta se inicia en la zona de tracción y progresa en vertical curvándose al alcanzar la zona de compresión (momento de mayor riesgo por proximidad a la rotura).

Dado que el número y abertura de las fisuras depende de la cuantía de armadura nos podemos encontrar con diferentes casos:

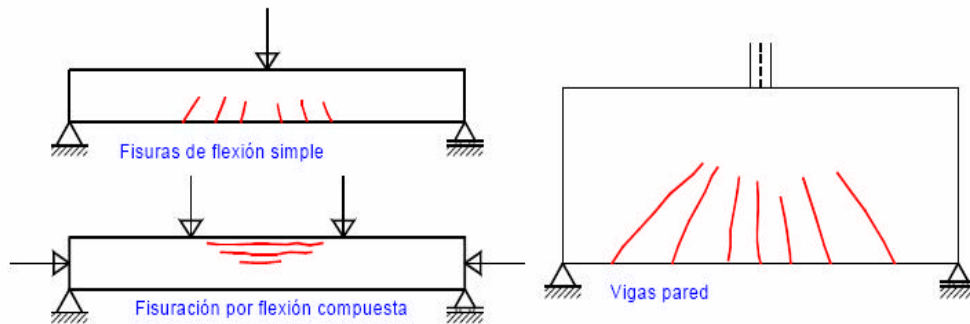
- Mayor porcentaje de armadura: las fisuras suelen ser varias y finas

- Cuantía excesiva: se puede producir el aplastamiento del hormigón en la zona comprimida.
- Menor porcentaje de armadura: menos fisuras pero de mayor abertura.
- No cumple la cuantía mínima de armadura: puede partir de forma frágil: cuando se fisura el hormigón se rompe la armadura al instante (por ejemplo, en el caso en que se dispone de armado mínimo y se obtiene un hormigón de mayor resistencia que el previsto, ya que la cuantía ya no sería la mínima necesaria).
- **En los extremos de las vigas:** las fisuras se van cerrando a medida que descienden, hasta alcanzar la zona de compresión. Esta rotura es más peligrosa que la del vano, pues al quedar reducida la sección al fisurarse el hormigón disminuye la resistencia a cortante. Si además nos encontramos con vigas de borde o brochales, al tener que soportar torsiones, se agrava el problema.

En general, las características principales de las fisuras de flexión:

- Aparecen en la fibra inferior progresando aproximadamente en vertical
- No afectan a todo el canto, si no que se detienen en la fibra neutra
- Aparecen siempre varias y muy juntas
- Aparecen bajo carga y desaparecen al retirar ésta
- Son perpendiculares al eje de la pieza y se inclinan luego más o menos según el valor del esfuerzo cortante evolucionan lentamente

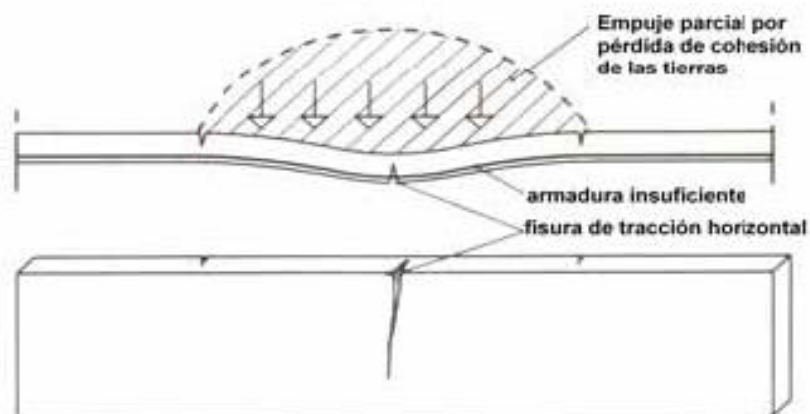
**Figura 25. Fisuras por flexión simple, flexión compuesta y vigas pared.**



Fuente: PEREZ VALCARCEL, Juan. Patología de Estructuras. Pág 42.

**MUROS.** Cuando un muro de contención se calcula y se arma en ménsula y las tierras pierden su cohesión inicial en una zona soportada por el muro, si éste no tiene la armadura suficiente, debido a ese empuje parcial se produce una flexión que provoca una tracción horizontal originándose una fisura vertical, más abierta en la parte superior y que se va cerrando a medida que desciende (siendo más abierta en la parte exterior del muro, transversalmente).

**Figura 26. Planta y alzado de muro sometido a flexión horizontal**

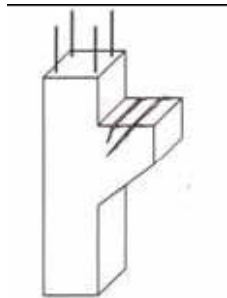


Fuente: CARCAMO, Marlón. Agrietamiento del Concreto en Estado Plástico. Pág. 2.

En muros muy coartados pueden surgir fisuras con inclinación entre 45 y 60° cerca de las esquinas, al producirse en ese punto una tracción horizontal ya que en las esquinas pasa de trabajar en ménsula vertical a flexión horizontal.

**MÉNSULAS.** En el caso de las ménsulas las fisuras que aparecen son abiertas y se van cerrando a medida que descienden.

**Figura 27. Fisuras en ménsula debido a la flexión.**



Fuente: CARCAMO, Marlón. Agrietamiento del Concreto en Estado Plástico. Pág. 2.

- **Origen De Los Daños.** A continuación se expone, por tipología de elemento, algunos de los motivos por los cuales se producen las patologías por flexión anteriormente comentadas:

**Vigas:**

- Armadura insuficiente o mal situada (menor número de barras o de diámetro inferior)
- Omisión de patillas en vigas extremas o escasa longitud de anclaje
- Sección insuficiente

- Sobrecarga excesiva
- Hormigón de menor resistencia
- Desencofrado prematuro o incorrecto
- Mayor luz de la considerada en cálculo

#### **Muros:**

- Cálculo y dimensionamiento incorrecto
- No prever flexión horizontal
- Cuantías geométricas muy bajas de la armadura longitudinal (exceso de hormigón, escasez de armadura)
- Aumento del empuje por acumulación de agua en el trasdós del muro

#### **Ménsulas:**

- Armadura insuficiente
- Longitud de anclaje escasa o mal situada
- Carga excesiva

#### **4.2.3.7.2 Fisuras por Cortante**

##### **- Descripción Y Origen De Los Daños**

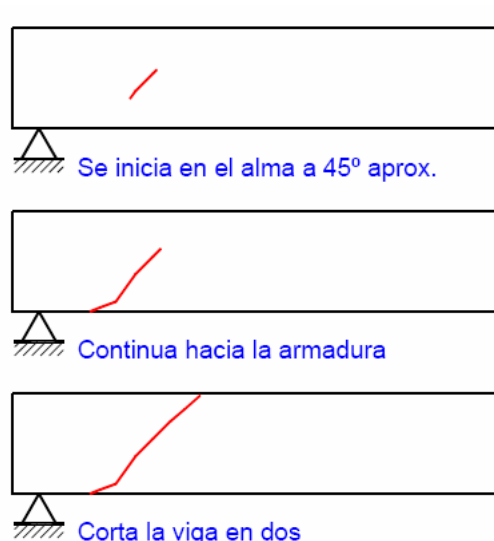
VIGAS. El riesgo de las fisuras por cortante es mas elevado cuanto menos armadura transversal exista en la pieza, con una cuantía mas elevada se obtiene mayor tiempo de aviso y en ausencia de esta armadura la rotura será inmediata,

por lo que se ha de tener muy en cuenta en aquellas piezas, como viguetas, nervios o losas, que no llevan esta disposición de armado.

En las vigas de hormigón armado se distinguen dos tipos de esfuerzo cortante: el producido por excesiva tracción diagonal y el producido por una compresión excesiva de la biela:

- Las primeras fisuras tienen una inclinación entre  $45^\circ$  y  $75^\circ$  hacia el pilar, si no existe un momento flector apreciable o si existe, respectivamente. Son de ancho variable, mayor nivel de la armadura de tracción (zona central) y que generalmente se cierra al llegar a la cabeza comprimida. Suelen presentarse varias fisuras paralelas pero con una separación apreciable.
- Las producidas por una compresión excesiva son fisuras de  $45^\circ$  con un ancho constante a lo largo de la misma, y en general muy fino (entre los 0.05 y 0.1 mm) que no suelen alcanzar los bordes superior e inferior de la pieza.

**Figura 28. Evolución de una fisura de esfuerzo cortante**



Fuente: PEREZ VALCARCEL, Juan. Patología de Estructuras. Pág 42.

En general, el origen de la insuficiente resistencia a cortante en las vigas puede ser:

- Colocación de estribos de menor diámetro y a mayores seriaciones de las necesarias.
- Ejecución de estribos de dos ramas cuando debería ser de cuatro.
- Colocación de cercos sin cerrar o con escasa longitud de anclaje.
- Viga de menor dimensión que la indicada.
- Hormigón de menor resistencia que el estimado en los cálculos.
- Aplicación de una sobrecarga mayor a la estructura por cambio de uso del edificio.
- Cálculo erróneo.

MENSULAS. Las fisuras son finas y con tendencia a los  $45^\circ$  llegando a seccionar el elemento. Se producen por escasez de armadura transversal, mala colocación de la misma o por una sección insuficiente.

MUROS. Los muros han de calcularse a esfuerzo cortante. Debido a empujes parciales se presentan fisuras en vertical y en horizontal, cerradas y en distintos planos. Estas fisuras se deben a una sección insuficiente para soportar el esfuerzo cortante o la aplicación de carga excesiva.

**Figura 29. Desplazamiento de la parte superior del muro de contención ejecutado con bloques.**

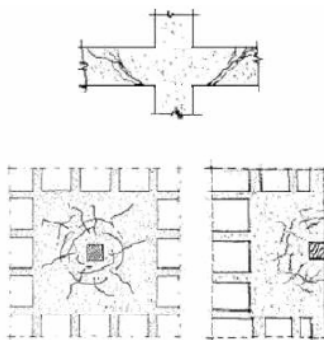


Fuente: Patología de la Edificación. Daños a elementos estructurales por esfuerzo cortante, ASEFA. Pág. 5.

**4.2.3.7.3 Fisuras por Punzonamiento.** El esfuerzo de punzonamiento se produce en una pieza por tracciones debidas a tensiones tangenciales provocadas por una carga o reacción localizada en una superficie pequeña de un elemento bidireccional de hormigón.

- **Descripción de los Daños.** En este tipo de forjados el daño se caracteriza por una rotura de la placa alrededor del pilar en el que apoya de forma troncopiramidal o troncocónica cuya directriz es el área cargada.

**Figura 30. Aspecto esquemático de fisuras de punzonamiento. Vistas frontal y plantas de pilar central y de borde.**



Fuente: Patología de la Edificación. Daños a elementos estructurales por esfuerzo cortante, ASEFA. Pág. 5.

La superficie de rotura es la superficie crítica de punzonamiento, que arranca del perímetro donde apoya la losa y se eleva con una inclinación de  $30^{\circ}$  -  $45^{\circ}$ .

Las roturas se producen bruscamente, sin previo aviso, con consecuencias verdaderamente trágicas.

- **Origen De Los Daños.** La rotura de punzonamiento se produce por las tracciones que se generan perpendicularmente a las bielas internas de compresión que siguen la dirección de la superficie crítica de rotura, por las tensiones tangenciales que se generan debido a las cargas que soporta la losa.

Puede deberse a:

- Aumento de cargas que ha de soportar la losa, no previsto, superando la sobrecarga para la que ha sido calculada.
- Presencia de huecos en zonas próximas a los pilares
- Calculo incorrecto
- Planteamiento previo en proyecto de las armaduras incorrecto; escasez o ausencia de armadura de punzonamiento, etc.
- Defectos de ejecución: colocación de estribos, anclajes, recubrimientos, fallos de soldadura de los elementos metálicos en conexión con las losas de hormigón, etc.
- Falta de resistencia del hormigón
- Corrimiento de la armadura de punzonamiento
- Valoración inadecuada de los posibles momentos flectores

La presencia de huecos en las proximidades de los pilares aumenta las deformaciones de las placas y aunque éstas tengan los cantos adecuados para las luces que disponen se producirían daños en las tabiquerías. Estos huecos reducen la capacidad resistente de la placa frente a los esfuerzos de punzonamiento y también de flexión, ya que disminuyen los empotramientos y el perímetro crítico y aumentan las deformaciones.

#### 4.2.3.7.4 Fisuras por compresión

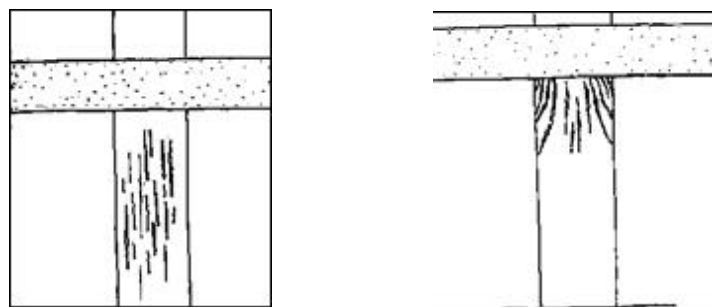
##### - Descripción y origen de los daños

**DESCRIPCIÓN.** En pilares provoca diversas formas de fisuración según la esbeltez (relación altura / espesor) del mismo y si se coarta o no la dilatación transversal en sus extremos así como la heterogeneidad del hormigón a lo largo de la pieza, el reparto no homogéneo de las compresiones, etc.

Son muy peligrosas ya que indican que el pilar se encuentra al borde de su agotamiento, es decir, que el hormigón está agotando prácticamente su capacidad resistente y puede traducirse en un colapso inminente.

Pueden aparecer fisuras finas y juntas en la cara de un soporte esbelto, a mitad de su longitud. Las fisuras de agotamiento tienden a concentrarse en el tercio superior del pilar, la zona más débil de resistencia y donde suele fallar el estribado, aumentando las fisuraciones en las cabezas, justo debajo de los forjados.

**Figura 31. Fisuras de agotamiento en compresión y compresión elevada sin estribado superior.**

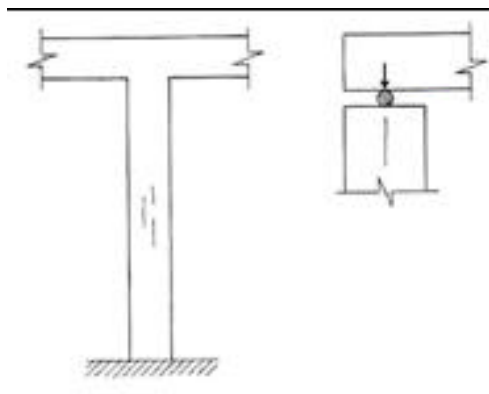


Fuente: Patología de la Edificación. Daños a elementos estructurales por esfuerzo cortante, ASEFA. Pág. 3.

Las fisuras verticales en los pilares indican colapso inminente por aplastamiento del hormigón, si estuviera zunchado el pilar saltaría primeramente el recubrimiento, aunque seguiría resistiendo pero con importantes deformaciones.

Una carga concentrada de compresión puede originar fisuras con directriz paralela a la carga ya que al aplicarse ésta sobre una sección determinada, tenderá a distribuirse por la pieza (bielas o compresiones) ocasionando tracciones (tirantes o tracciones) que provocan la aparición de las fisuras a lo largo de la pieza, *teoría de bielas y tirantes*.

**Figura 32: Fisuras verticales de compresión paralelas a la carga.**



Fuente: Patología de la Edificación 29. Daños a elementos estructurales por esfuerzo normal, ASEFA. <http://asefa.es>. Pág. 3.

Si tenemos un pilar ejecutado con hormigones de mala calidad, la rotura comenzará en la parte superior descendiendo hasta la zona central, puesto que el hormigón de la cabeza del pilar es algo más débil por las segregaciones que se producen durante el vertido por un mal vibrado.

**ORIGEN.** Las fisuraciones provocadas por los esfuerzos de compresión, principalmente se deben a las siguientes causas:

- Dimensionado incorrecto:

- secciones insuficientes
- armadura insuficientes

- Mala selección de los materiales: hormigones de mala calidad

- Aumento de luces de vanos o crujías no contempladas en los cálculos (viguetas o vigas de luces superiores a las previstas) o entradas en carga prematura

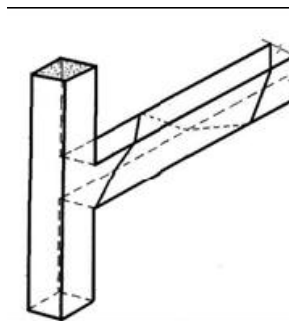
- Ejecución incorrecta: estribos caídos o inexistentes

- Movimientos no considerados en el cálculo que provocarían momentos excesivos en pilares muy rígidos (asientos diferenciales en la cimentación, sismo, viento, empujes...)

**4.2.3.7.5 Fisuras de torsión.** La sollicitación torsora (momento torsor  $T_x$ ) es producida por las fuerzas paralelas a la sección y que no cortan al eje perpendicular a ella (pares torsores, que son iguales y de sentidos contrarios) y aquellos momentos localizados que tengan la dirección del eje perpendicular a la sección. Los momentos torsores producen giros.

#### - Descripción de los Daños

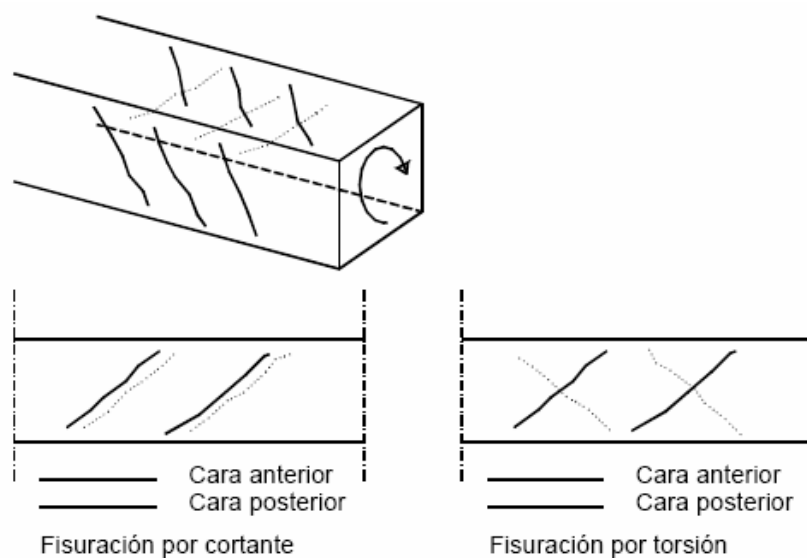
Figura 33. Fisuración por torsión de una viga.



Fuente: Patología de la Edificación 34. Daños a elementos estructurales por esfuerzo de torsión, ASEFA. <http://asefa.es>. Pág. 1.

La torsión produce fisuras a 45° que buzan en dirección opuesta en ambas caras de las vigas (la rotura a torsión de una viga es contraria a la de cortante, la fisura toma distinta inclinación en cada cara).

**Figura 34. Fisuración por cortante y por torsión**



Fuente: PEREZ VALCARCEL, Juan. Patología de Estructuras. Pág 42.

Las fisuras que se producen tienen un aspecto similar a las del esfuerzo cortante y por tanto pueden ser confundidas con ellas. El principal criterio para distinguirlas es que en el caso del cortante las fisuras están inclinadas en el mismo sentido en las dos caras opuestas en tanto que las de torsión están inclinadas en sentidos contrarios.

- **Origen De Los Daños.** Algunas causas por las que pueden surgir fisuras de torsión son:

- Sección insuficiente del elemento

- Armadura transversal y longitudinal insuficientes
- Cercos sin soldar o con escasa longitud de anclaje (normalmente suele ser necesario 20 cm de longitud de solape)
- Mayor torsor del previsto
- Hormigón de menor resistencia
- Cálculo deficiente (no previsión del esfuerzo de torsión, insuficiente resistencia de la viga,...)
- Deformación excesiva del zuncho de fachada por la transmisión de carga de los voladizos superiores
- Insuficiente rigidez del forjado
- Flecha excesiva por luces grandes de forjado
- Deformación excesiva en forjados reticulares
- Brochal o viga que arriostra pórticos de luces descompensadas y no se ha tenido en cuenta en los cálculos la torsión.

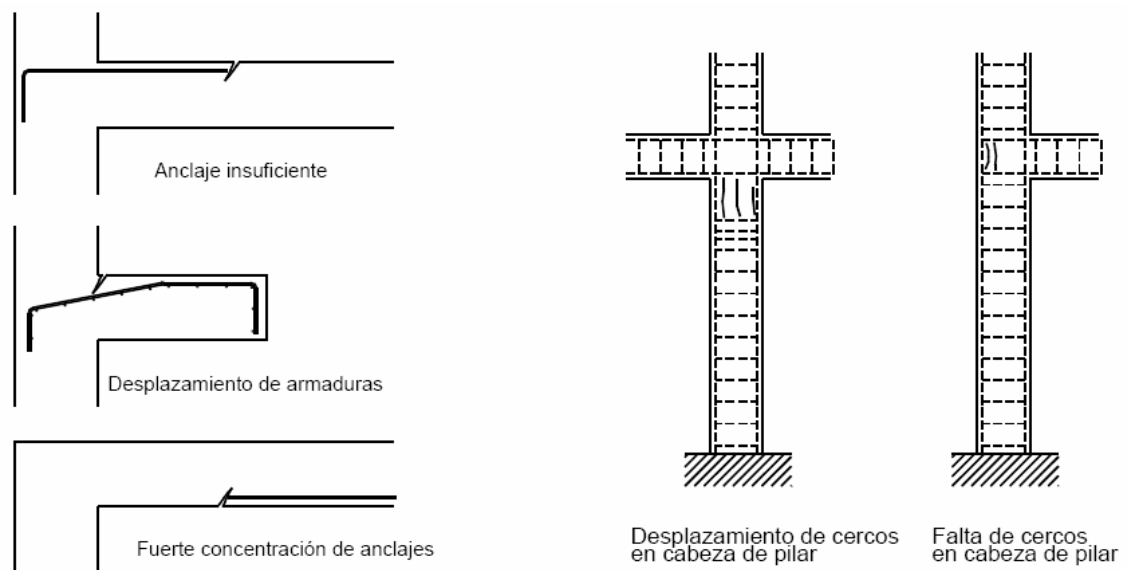
#### **4.2.3.8 Fisuras por mala disposición de la Armadura**

- **Descripción Y Origen De Los Daños.** Las malas disposiciones de la armadura pueden dar lugar a patologías sumamente graves. A continuación se describen las principales causas de aparición de fisuras debidas a errores durante la fase de encofrado y a la colocación de las armaduras.

- Armadura de espera de los pilares insuficiente: de esta forma no se ancla el pilar con el forjado y la armadura se desliza en el hormigón, apareciendo una fisura en el encuentro viga-pilar y disminuyendo la capacidad mecánica de la sección. El corte de la armadura en pilares extremos expondría éstas a la corrosión.
  
- Doblado de armaduras en espera posterior al hormigonado. En pilares de sección variable por plantas, cuando se va a hormigonar la viga, una vez se ha hormigonado el pilar, suelen doblarse las barras pudiendo partir las esquinas del pilar, disminuyendo el recubrimiento, por lo que puede afectarles la corrosión.
  
- Exceso o insuficiente recubrimiento de armadura de pilares o vigas. En caso de ser excesivo el recubrimiento, el hormigón sufrirá mayores retracciones, pudiendo llegar, en ocasiones, a romper el hormigón, penetrando agua y/o humedad e iniciar la corrosión de la armadura. La falta de recubrimiento expone a la armadura a la acción de los agentes agresivos del ambiente, el agua, etc.,
  
- Recrecido de cabeza de pilares, en aquellos que tienen una altura inferior a la de proyecto. Si no se hace de forma adecuada el recrecido provocará fisuras en diagonal en los cerramientos de las plantas superiores.
  
- Omisión de separadores en vigas o viguetas. Al no colocarse calzos para separar la armadura del encofrado se disminuye la adherencia del hormigón con el acero además de exponer a éste a la corrosión.
  
- Insuficiente longitud de anclaje en vigas extremas. Al deslizarse la barra en el hormigón puede aparecer una pequeña fisura vertical en la cara superior de la viga, cerca del encuentro con el pilar. Existe peligro de estabilidad del elemento al no colaborar el acero y el hormigón.

- Separación excesiva entre cercos. En el caso de pilares provocaría el pandeo de la armadura longitudinal, disminuiría la resistencia a cortante y a torsión así como la resistencia del hormigón, por dejar de estar confinado por los estribos, en esa zona, sufriendo mayores deformaciones y apareciendo fisuras verticales a centro de cara.
- Separación insuficiente entre barras. La armadura demasiado junta provoca un hormigonado deficiente ya que no pasa el hormigón, dejando oquedades que hacen disminuir la resistencia del elemento que se trate.
- Falta de la armadura de piel en vigas de gran canto o elementos no resistentes. Se producen fisuras de retracción del hormigón.

**Figura 35. Casos de desplazamientos en las armaduras.**



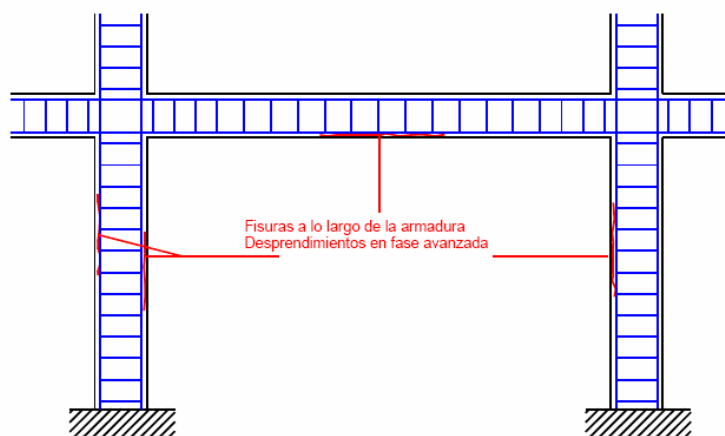
Fuente: PEREZ VALCARCEL, Juan. Patología de Estructuras. Pág 42.

**4.2.3.9 Fisuras por corrosión de las armaduras.** Los elementos de hormigón armado a la intemperie, balcones, cornisas, son los lugares donde con más frecuencia donde aparecen daños debidos al desprendimiento del hormigón, que tienen su origen, la mayoría de las veces, en la corrosión de sus armaduras. Estas patologías se manifiestan primero mediante el desprendimiento del hormigón de una forma puntual o longitudinal, dejando las armaduras próximas a la superficie, sin protección, por lo que con el tiempo quedan recubiertas por una película de oxido que se manifiesta mediante la aparición de manchas en la zona afectada.

El acero al corroerse aumenta de volumen en una proporción de 10 veces aproximadamente, por lo que actúa como una cuña interna que hace saltar el recubrimiento de hormigón. Lógicamente este efecto se producirá a lo largo de las armaduras y normalmente aparecerán dichas fisuras manchadas de óxido, por lo que esta patología es muy fácil de detectar.

Las primeras armaduras en corroerse son las de la armadura principal y en fase avanzada los cercos. Es en este momento cuando la patología empieza a ser peligrosa en pilares, puesto que pueden pandear las armaduras principales.

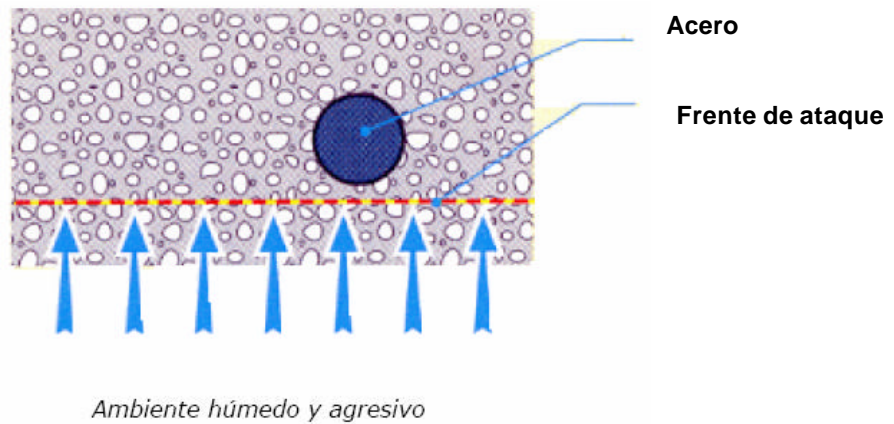
**Figura 36. Corrosión de la armadura**



Fuente: PEREZ VALCARCEL, Juan. Patología de Estructuras. Pág 42.

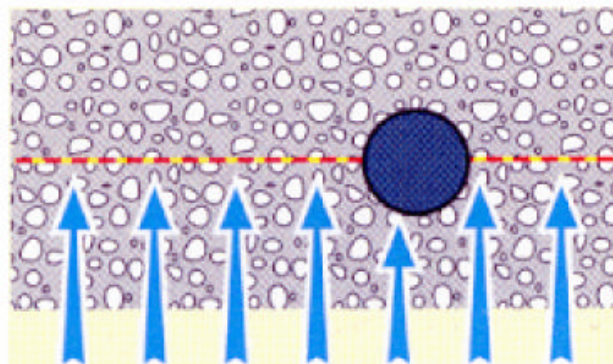
A continuación se muestran las fases de degradación del hormigón armado:

**Figura 37. Fases de degradación del concreto. El hormigón armado es joven y estable pero comienza la penetración del CO<sub>2</sub> y del oxígeno.**



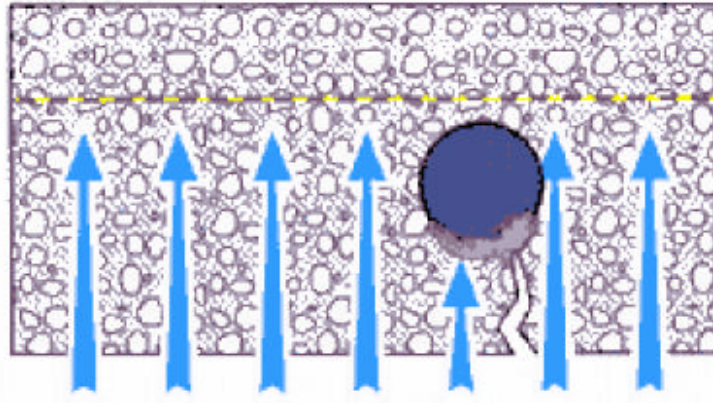
Fuente: Patología de la Edificación 14. La corrosión de las armaduras en el hormigón armado. ASEFA. <http://asefa.es>. Pág. 2-3.

**Figura 38. Fases de degradación del concreto. La carbonatación avanza en dirección del acero que pronto se hará pasivo.**



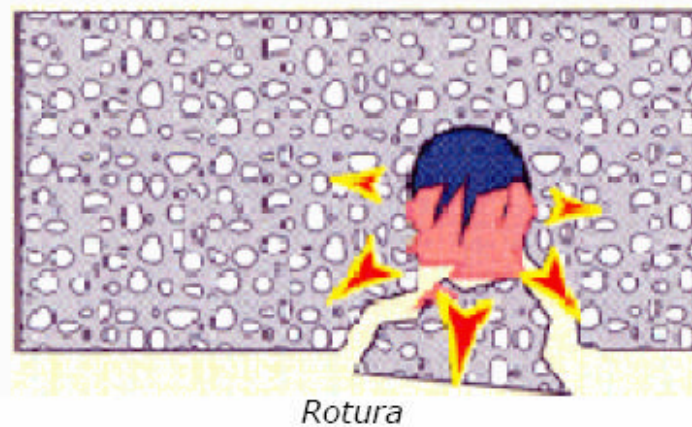
Fuente: Patología de la Edificación 14. La corrosión de las armaduras en el hormigón armado. ASEFA. <http://asefa.es>. Pág. 2-3.

**Figura 39. Fases de degradación del concreto. La corrosión comienza en presencia de humedad. Se produce la primera fisuración.**



Fuente: Patología de la Edificación 14. La corrosión de las armaduras en el hormigón armado. ASEFA. <http://asefa.es>. Pág. 2-3.

**Figura 40. Fases de degradación del concreto. Oxidación importante del acero con formación de sales expansivas. Fragmentación y manchas de óxido.**



Fuente: Patología de la Edificación 14. La corrosión de las armaduras en el hormigón armado. ASEFA. <http://asefa.es>. Pág. 2-3.

Las principales causas de aparición de las fisuras son:

- La mala calidad del hormigón
  - Porosidad excesiva del hormigón
  
- El insuficiente recubrimiento de las armaduras
  - colocación de las armaduras sin precaución respecto a las distancias mínimas a la superficie.

En general las patologías por corrosión no son urgentes, en el sentido de que se precisa un ataque muy severo para que la pérdida de sección de la armadura llegue a ser peligrosa. Por lo general la reparación puede hacerse con calma y tras un estudio completo para detectar las causas. Sin embargo es conveniente recordar que esta patología no se arregla por si misma y que hay que actuar necesariamente, aun sin prisa.

Lo mejor es evitar este problema utilizando hormigón compacto, con recubrimientos adecuados y cementos con alto contenido en cal si el ambiente es agresivo. Una vez de se produce la patología hay que sanear el hormigón dañado y reconstruirlo con un hormigón o mortero adecuado, protegiendo la superficie con un producto especial.

**4.2.3.10 Fisuras por Exceso de Deformación.** Flecha se define como la deformación de una viga, un arco u otro elemento análogo, perpendicularmente a su eje, por efecto de la carga, peso propio u otras causas.

También se pueden producir deformaciones por otras causas distintas a las solicitaciones a que están sometidos los elementos por las cargas externas como las de origen térmico, por retracciones, por asentos, etc.

## - Descripción De Los Daños

- **Fisuras en Tabiquería o en Cerramientos que apoyan sobre elementos estructurales.** Generalmente este tipo de fisuras en tabiquería no implica inseguridad de la edificación, tan solo una incompatibilidad de deformación con los forjados, presentando problemas estéticos que puede ocasionar molestias a los usuarios. Aunque puede darse el caso de que sean síntomas de un bajo nivel de seguridad si se han debido a secciones insuficientes o cargas excesivas.

En caso de que la tabiquería apoye en vigas que flectan, al estar adherida la tabiquería al forjado y flectar la viga inferior, la fisura será horizontal, cerrándose en los extremos.

Si la tabiquería apoya en brochales que flectan, la fisura sería abierta cerrándose a medida que se alejara del centro de la luz de la viga. El tabique que apoya sobre la viga que embrochala rompería con fisuras inclinadas descendiendo a medida que se aleja del brocal.

Si en cambio las particiones interiores apoyan en viguetas, si éstas flectaran, la fisura tendría una abertura constante en sentido transversal a las viguetas.

Cuando las viguetas tienen cambios bruscos de rigidez, al ser de luces diferentes, podrían aparecer fisuras cerradas en distintos planos, a lo largo de toda la vigueta, sin llegar a los apoyos.

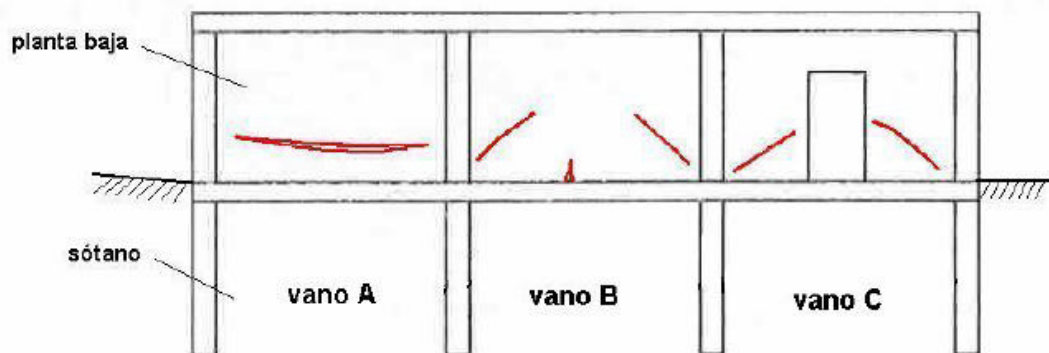
Si las viguetas no tuvieran la rigidez suficiente y la tabiquería se colocara en sentido transversal a ellas y muy adherida al forjado superior las fisuras serían horizontales y abiertas por igual en toda su longitud. Si la tabiquería estuviera construida en sentido de las viguetas o nervios de un forjado reticular las fisuras

serían abiertas en el centro de la luz cerrándose a medida que se acercan al apoyo.

En el caso de los cerramientos, si éstos tienen rigidez suficiente y están muy adheridos al forjado inferior, con el exceso de flexión aparecería una fisura horizontal abierta, cerrándose a medida que se aleja del centro de la luz (Figura tal, vano A). Si flexa el forjado y la viga tiene insuficiente rigidez surgiría una fisura entre ambos elementos, quedando una abertura entre la viga y el cerramiento.

Si el cerramiento está adherido a los pilares podían aparecer fisuras inclinadas que irían del centro del tabique a la unión entre ambos elementos así como una fisura vertical en el centro del vano, abierta en su parte inferior en la unión del cerramiento con el forjado (Figura tal, vano B). Si existieran huecos las fisuras serían iguales a las inclinadas anteriores. (Figura tal, vano C).

**Figura 41. Distintos casos de fisuras en cerramientos.**



Fuente: Patología de la Edificación 37. Daños en elementos no estructurales. ASEFA. <http://www.asefa.es>. Pág. 2-3

Si se tiene un forjado de gran luz que empotra en una viga de borde o de fachada éste hace que la viga gire hacia el interior de la edificación, se manifestaría con

una fisura abierta en fachada y en distintos planos que se va cerrando a medida que se acerca a los pilares.

Si el forjado apoya sobre muro de carga se deforma con levantamiento de las cabezas de las viguetas, apareciendo una fisura abierta en horizontal a lo largo de la fachada.

Los tabiques de planta baja sobres soleras, que estén retacados en su parte superior con el forjado primero, reciben las cargas de las plantas superiores. Si son de poca altura partirían con fisuras finas y verticales por aplastamiento, pero si fuera muy alto la rotura surgiría por pandeo con fisuras horizontales abiertas por una cara y cerradas por la otra.

**Figura 42. Fisuras en tabiques de planta baja (poca altura y esbelto).**



Fuente: Patología de la Edificación 37. Daños en elementos no estructurales. ASEFA. <http://www.asefa.es>. Pág. 2-3

**- FISURACION O ROTURA DE TABIQUES, VENTANALES, ETC. SOBRE LOS CUALES APOYAN ELEMENTOS ESTRUCTURALES.** En el caso de flecha negativa en vigas, que podría darse por ejemplo en pórticos de 3 vanos donde la viga interior es de luz pequeña y las de los vanos contiguos poseen luces muy grandes, al elevarse ésta, las fisuras que aparecerían en los tabiques serían verticales debido al aplastamiento que se produciría en el tabique si éste está muy retacado con el forjado superior.

## - Origen De Los Daños

Este tipo de fisuras se deben generalmente a:

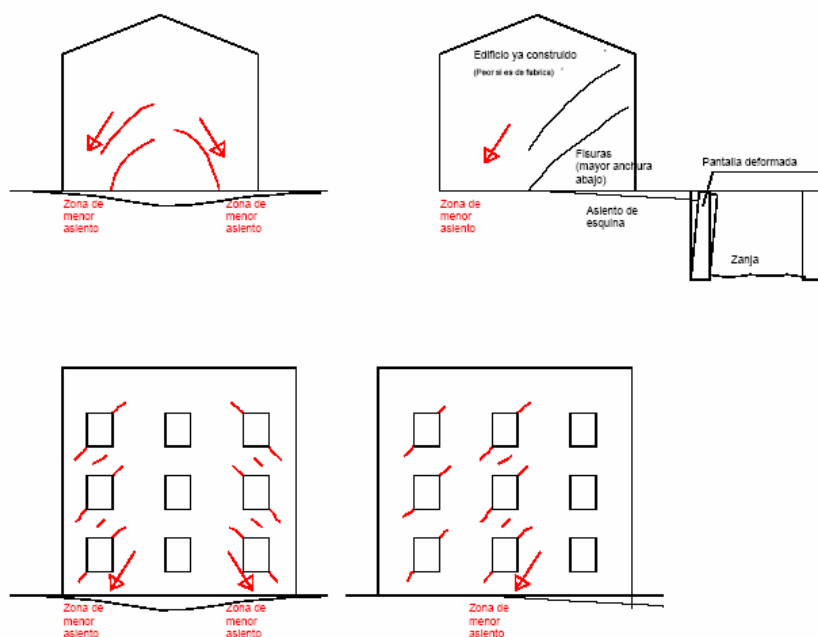
- Exceso de flecha de los elementos estructurales sobre los que apoyan o que están ligados a ellos.
- Excesiva flexibilidad o deformabilidad de los forjados y/o vigas por falta de rigidez de las vigas o viguetas, exceso de carga, falta de armadura, etc.
- No permitir la deformación del elemento.
- No calcular las deformaciones o hacerlo de forma incorrecta.
- No compensar las cargas en el caso de vigas de vanos contiguos o que conforman una junta de dilatación.
- Retacado excesivo de los tabiques en los forjados superiores.

**4.2.3.11 Fisuras por Asientos Excesivos.** La fisuración producida por asientos es una parte sustancial de las patologías observadas y en general suponen problemas difíciles y costosos de resolver. Esto y la propia incertidumbre de trabajar con un material como es el terreno, cuyas propiedades no son bien conocidas, hace que este tema sea de especial dificultad.

Los problemas de asientos no deben atribuirse al terreno. El terreno es como es y la obligación del técnico es averiguar sus características. La responsabilidad de la aparición de lesiones únicamente debe atribuirse a la estructura, que no ha podido adaptarse a las características del terreno real.

En la mayor parte de los casos la actuación consistirá en una intervención sobre la estructura o la cimentación, siendo muy poco frecuentes las intervenciones de consolidación sobre el terreno.

**Figura 43. Fisuración debida a asientos excesivos.**



### 4.3 CASO DE ESTUDIO: PISCINA SEDE BUCARICA

**4.3.1 Generalidades.** La piscina de la sede Bucarica fué la primera construida en la ciudad de Bucaramanga en el año de 1952<sup>12</sup> en el costado occidental de la sede. Fue construida con muros de hormigón reforzado formando un cajón que se puede observar en el sótano de la sede. Tiene una profundidad mínima de 0.84 metros y máxima de 2.46 metros. El largo que se extiende de norte a sur es de

<sup>12</sup> PARDO, Hernando. Presidente Sociedad santereana de Ing. de esa época, lo dice también Edmundo Gavasa de la Academia de Historia de Santander.

12.96 metros y el ancho es de 5.46 metros. Tiene una capacidad aproximada de 127 metros cúbicos de metros cúbicos de agua.

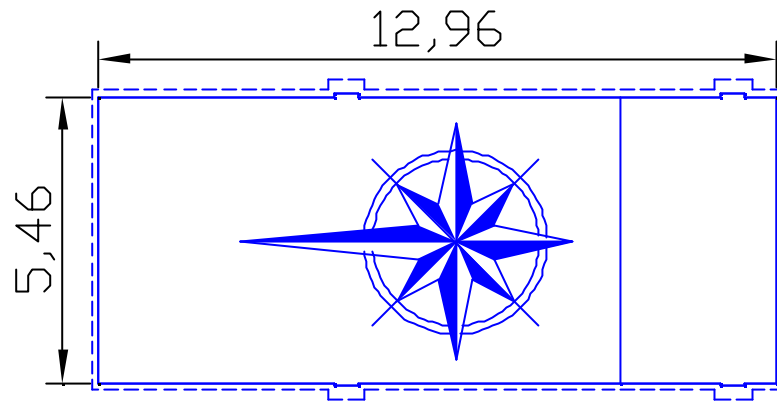
**Figura 44. Piscina sede Bucarica.**



Fuente: Autor del Proyecto.

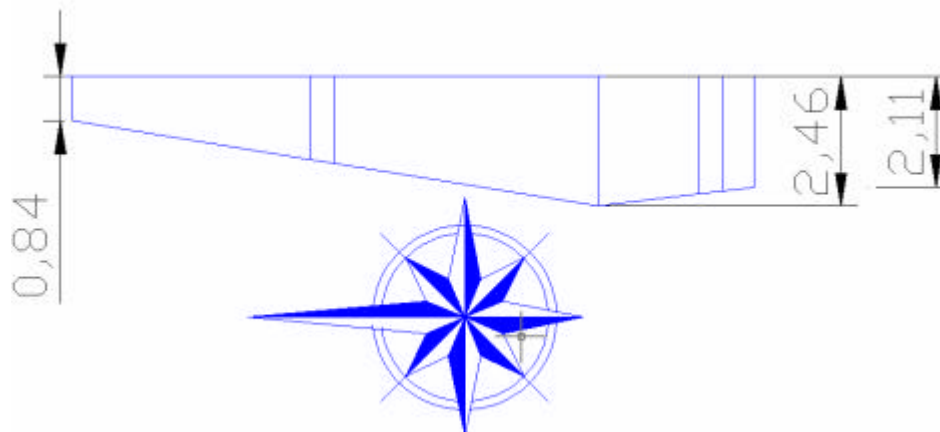
En la actualidad la piscina se encuentra llena hasta su máxima capacidad, el agua recibe el tratamiento químico y físico necesario para mantenerla en buen estado; sin embargo, la piscina no es usada debido al cambio de razón social que sufrió el hotel Bucarica al convertirse en la sede empresarial y cultural de la Universidad Industrial de Santander.

**Figura 45. Vista superior de la piscina.**



Fuente: Autor del Proyecto.

**Figura 46. Vista frontal de la piscina.**



Fuente: Autor del Proyecto.

Ahora bien, antes de especificar las reparaciones es necesario identificar su ubicación y establecer las causas de la fisuración. Estas causas fueron descritas en la sección 4.2. Una evaluación detallada de la fisuración observada permitiría detectar cuáles de estas causas se aplican a una situación determinada. Sin

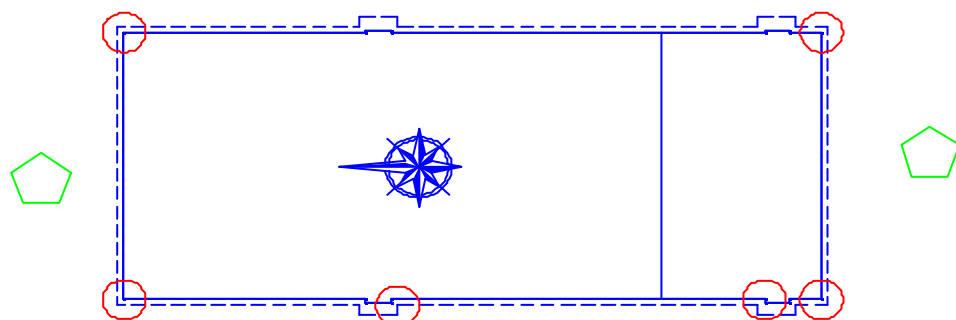
embargo, realizar las comparaciones entre lo observado y las causas descritas anteriormente es una tarea bastante difícil debido a la complejidad del tema y a las limitaciones de conocimiento ya que en la región no se cuenta con expertos en patología estructural. El alcance de este trabajo es dar un diagnóstico de los problemas hallados y tratar de detectar su origen para luego dar conclusiones que contribuyan en la toma de decisiones respecto a los problemas de la piscina.

**4.3.2 Ubicación y tipos de fisuras presentes en la piscina.** A continuación se expondrá mediante planos la ubicación de los daños más representativos hallados en la piscina. La metodología para referirse a los diferentes daños será la siguiente:

- Daños en la superficie, es decir, placa y rompe olas.
- Daños en las caras internas de los muros de la piscina.
- Daños en las esquinas.
- Daños en las caras externas de los muros.

**4.3.2.1 Daños en la superficie.** Los daños presentes en la superficie se encuentran principalmente en la placa (pentágonos verdes) y en el rompe olas (círculos rojos). Primero se tratarán las fisuras de la placa y luego las del rompe olas.

**Figura 47. Ubicación de daños en la superficie.**



Fuente: Autor del Proyecto.

**Figura 48. Fisuras en la placa.**



Fuente: Autor del Proyecto.

Luego de observar detalladamente las fisuras presentes en la placa que bordea la piscina, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Las fisuras son espontáneas, esto quiere decir que no son fisuras por asentamiento plástico.
- Son fisuras de longitud variable, no muy juntas entre ellas, razón por la cual se puede descartar que sean fisuras por ahogamiento.
- Se concluye que son fisuras de origen térmico, ya que los daños se encuentran solo en áreas de placa que no tienen cubierta, teniendo mayor exposición a agentes climáticos.

Estos daños presentes en la placa no son perjudiciales para la estructura pero si son problemas de estética, ya que dan mal aspecto en las zonas afectadas.

Además de estas fisuras, se presenta un deterioro en las uniones entre la placa y el rompe olas en todo su perímetro. En estas juntas, existe una especie de vara de madera la cual está completamente deteriorada debido a la exposición a la intemperie durante más de 50 años.

**Figura 49: Fisuras en el rompe olas.**



Fuente: Autor del Proyecto.

El rompe olas es una estructura que ha estado permanentemente expuesta a los agentes térmicos. Durante más de 50 años ha estado soportando diariamente los rayos directos del sol, la lluvia, el viento, los cambios de temperatura, etc.

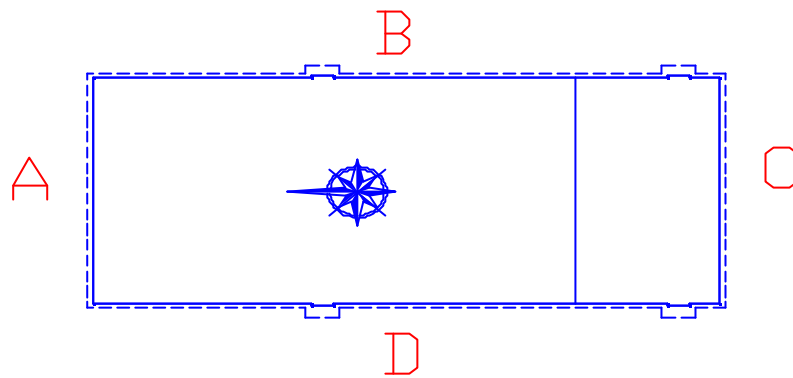
Los daños que se presentan son fisuras, deterioro y rotura del concreto y abombamiento, daños típicos por origen térmico.

Estos daños presentes en el rompe olas no indican problemas estructurales, solo problemas estéticos. Sin embargo, por medio de estas grietas entra agua de lluvia, no de la piscina porque como se mencionó anteriormente la piscina no se encuentra en uso. Esta agua proveniente de precipitaciones penetra por las grietas y por consiguiente busca camino por los vacíos que puedan encontrarse en el concreto arrastrando entre otros la cal del cemento, llegando a el acero de

refuerzo causándole corrosión y por último apareciendo en las caras externas problemas de filtración.

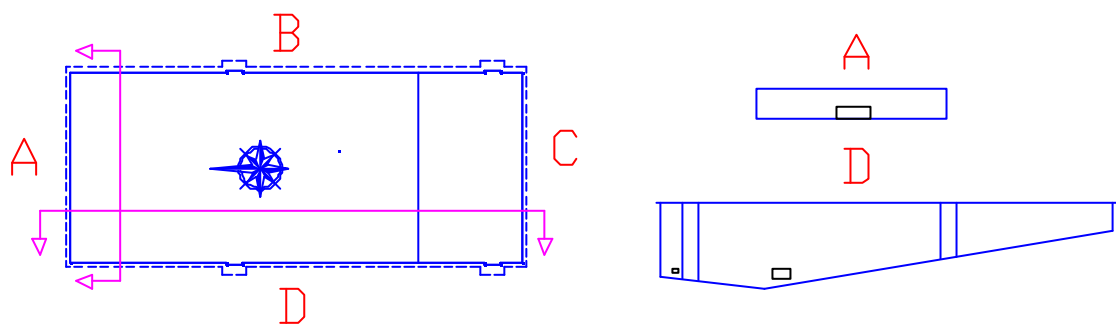
**4.3.2.2 Daños en las caras internas de la piscina.** Con el fin de conocer la ubicación de los daños se ha dado un nombre a cada cara de la piscina como se muestra a continuación:

**Figura 50: Asignación de nombres a los muros de la piscina.**



Fuente: Autor del Proyecto.

**Figura 51: Planta y perfil caras A y D.**



Fuente: Autor del Proyecto.

En los muros norte (A) y oeste (D) de la piscina se presentan cambios de color en el enchape ubicado en las zonas marcadas con rectángulos negros. Esto se

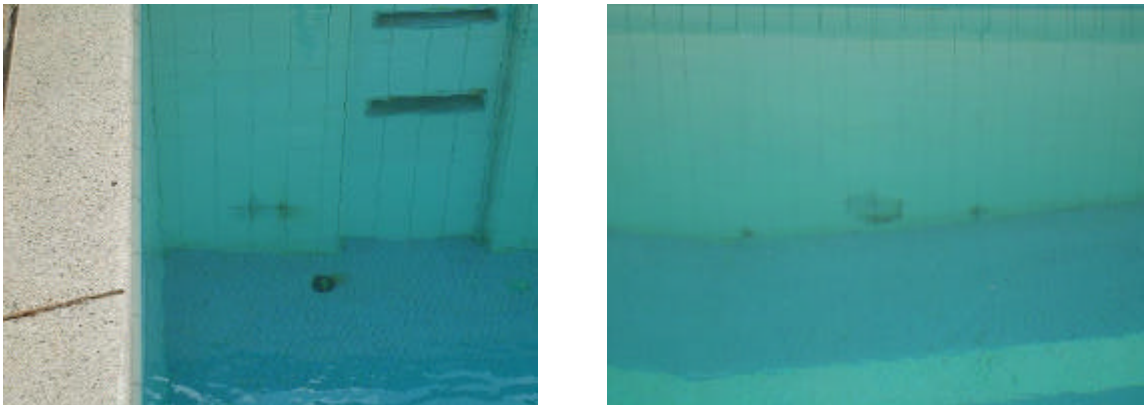
debe probablemente a que el agua está penetrando en el muro y al no poder continuar se devuelve arrastrando materiales como cal y oxido, si es que ha alcanzado el acero de refuerzo, lo cual es muy probable debido al color que se presenta.

**Figura 52. Mancha en muro norte (A).**



Fuente: Autor del Proyecto.

**Figura 53. Manchas en el muro occidental (D).**

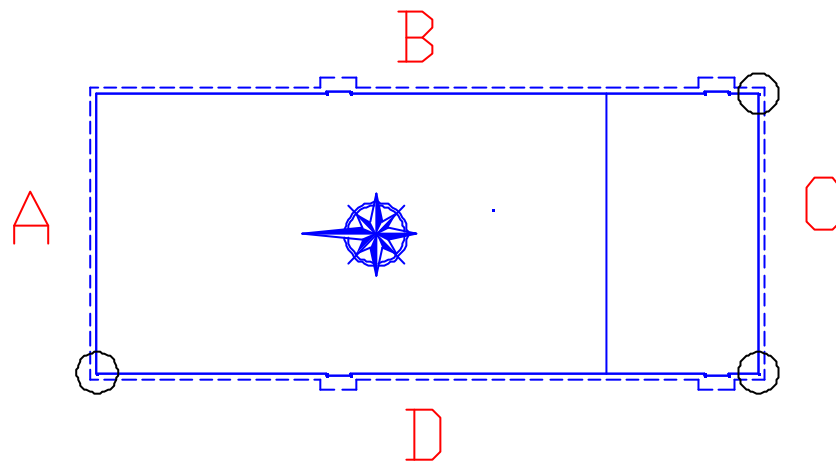


Fuente: Autor del Proyecto.

Estos problemas no presentan manifestaciones en la parte exterior de los muros pero es muy probable que lo hagan en un futuro.

**4.3.2.3 Daños en las esquinas.** Se presentan daños en 3 de las 4 esquinas de la estructura. Estos son los daños más notables ya que en los muros exteriores se observa constante humedad.

**Figura 54. Ubicación de fisuras en las esquinas.**



Fuente: Autor del Proyecto.

Se observan fisuras cortas, de aproximadamente 8 cm de longitud a lo largo de la unión entre dos muros en las caras internas. A continuación se muestran fotografías de las fisuras de las esquinas mostrando también los daños causados por estas en la parte exterior de los muros.

**Figura 55. Fisura y deterioro de muro exterior en esquina BC.**



Fuente: Autor del Proyecto.

**Figura 56. Fisura y deterioro de muro exterior en esquina CD.**



Fuente: Autor del Proyecto.

**Figura 57. Fisura y deterioro de muro exterior en esquina DA.**



Fuente: Autor del Proyecto.

Decir con certeza el origen de estas fisuras resulta complicado ya que hay diferentes razones por las cuales podrían aparecer. A continuación se plantea una hipótesis basada en las herramientas descritas previamente.

Dada la antigüedad de la estructura se puede concluir que el diseño no cumple con las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente.

Partiendo de esta afirmación se puede decir que es probable que no existan en las esquinas los elementos de conexión que garanticen un buen comportamiento ante los empujes permanentes que se presentan, los cuales son de gran magnitud en estos lugares.

El origen de estos daños es de problemas de ejecución debido a la falta del anclaje antes mencionado. Es probable también que no se hubiese realizado un vibrado correcto, ni un buen curado lo cual reduce la resistencia del hormigón; muestra de esto es que en algunos lugares se observa que no se presenta la adherencia que debe tener un buen concreto.

**4.3.2.4 Daños en las caras externas de los muros.** En las caras externas de los muros de la piscina se presentan daños debidos a las filtraciones del agua proveniente del interior del cajón. Se observan cambios de color en las paredes debido al arrastre del oxido de adentro hacia afuera del muro.

Las fisuras presentes son debidas a la corrosión del acero de refuerzo. Como se ya se mencionó, el acero al entrar en contacto con el agua comienza a oxidarse, y este proceso es peor cuando el agua contiene cloro ya que este es el enemigo número uno del acero.

El acero al oxidarse aumenta su volumen descascarando el concreto en forma lineal como se muestra en la figura.

**Figura 58. Fisuras por oxidación del acero de refuerzo.**



Fuente: Autor del Proyecto.

Los problemas de oxidación de los muros en la piscina son bastante avanzados, se puede decir que el concreto ya no posee acero de refuerzo trabajando a

tracción, ya que si en el exterior presenta el deterioro mostrado, es muy probable que el acero que está en el interior se encuentre en peores condiciones.

**4.3.3 Análisis Estructural.** Como se ha venido mencionando, la piscina fue construida hace varias décadas, lo cual implica que ya ha cumplido con su vida útil. El análisis estructural se hace con el fin de calcular los esfuerzos reales y actuales que actúan en los muros que componen el cajón de la piscina para así determinar las condiciones en que se encuentran.

Se tomó de manera arbitraria la sección transversal de la piscina que presenta mayor altura por ser este un punto crítico en el que se genera el momento de mayor magnitud. Los esfuerzos se calcularán en el punto A.

Para la realización del análisis se supone un hormigón sin refuerzo, debido a que como se mencionó anteriormente, es muy probable que el acero de refuerzo se encuentre en muy malas condiciones.

*DATOS*

$$L = 200 \frac{kg}{m^2} * \frac{1.54m}{2} = 154 \frac{kg}{m}$$

$$D = 2300 \frac{kg}{m^3} * \frac{1.54m}{2} * 0.21m = 371.91 \frac{kg}{m}$$

$$D_{AGUA} = 2460 \frac{Kg}{m}$$

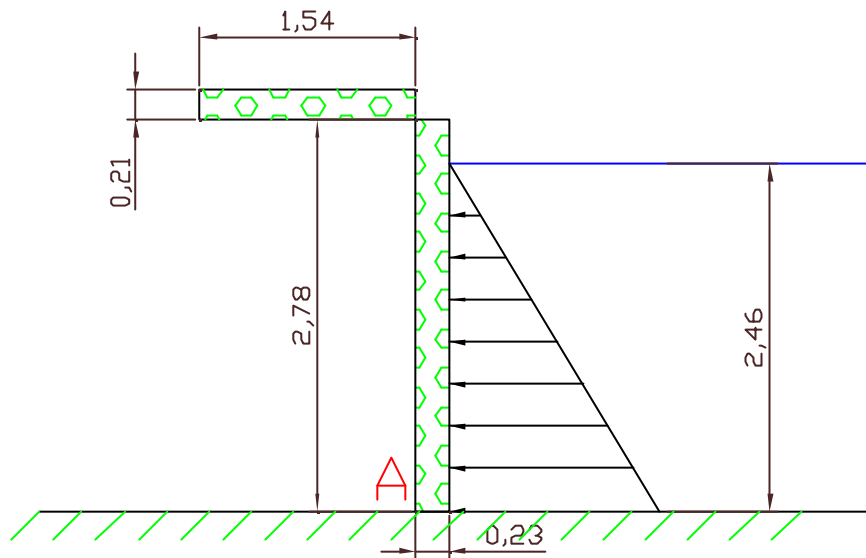
$$s = \frac{P}{A} + \frac{Mc}{I}$$

$$s_{COMPRESION} = 283703 \frac{kg}{m^2}$$

$$s_{TENSION} = 279130 \frac{kg}{m^2}$$

Estos valores de esfuerzo lo que indican es que el concreto está trabajando en condiciones normales a compresión, pero a tensión está trabajando cerca al límite ya que está utilizando el 88 % de su capacidad total.

**Figura 59. Corte transversal para cálculo de esfuerzos.**



Fuente: Autor del Proyecto.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✚ Debido a los pequeños cambios que sufre en su interior el edificio a raíz de la adecuación de áreas para efecto de su alquiler, es recomendable actualizar los planos cada año ya que este es el periodo normal de arrendamiento de las oficinas.
- ✚ La cartografía actual no tiene precedente; los nuevos planos fueron realizados con información adquirida de manera seria y responsable, cumplen con las normas exigidas por el Manual Para La Normalización Y Estandarización De La Cartografía Digital lo que los convierte en un material confiable y de excelente calidad para la implementación del SIG – UIS y para la realización de futuras reformas en la sede Bucarica.
- ✚ Se evidenció que el área de las oficinas de un mismo pasillo varía debido al ancho y se presumía que eran iguales en tamaño, siendo esto un factor de error en el momento de calcular presupuestos o cantidades de obra para posibles remodelaciones en dichas oficinas.
- ✚ Las áreas comunes de la sede Bucarica permanecen en perfecto estado de orden, limpieza y decoración haciéndolo un lugar agradable para quienes visitan y trabajan en la sede. Caso contrario ocurre en el sótano donde la constante humedad proveniente del agua de la piscina que se evidencia en sus muros y en el piso, además de darle un mal aspecto, lo convierte en un sitio perfecto para roedores y en un factor de molestia para los encargados de la sede.
- ✚ Una mala compactación, un curado deficiente y falta de aditivos, entre otros, son la causa de la pésima impermeabilidad del concreto con que se construyó la piscina de la sede Bucarica.

✚ Se observa que el acero de refuerzo en ciertos lugares de los muros de la piscina se encuentra oxidado en un gran porcentaje, esto debido al paso del agua a través de las fisuras en los muros. En las mismas condiciones debe estar el acero ubicado hacia el interior de la piscina en los sitios de humedad, convirtiendo el concreto reforzado en concreto simple y reduciendo así su resistencia.

✚ Los daños derivados de las filtraciones de agua en los muros de la piscina, la muy segura probabilidad de que se presenten futuras filtraciones que deterioren aun mas el hormigón, la cercanía entre la subestación eléctrica y la piscina y en general, el desaprovechamiento de las áreas pertenecientes al sótano de la sede, ameritan que la Universidad se interese en recuperar estos espacios y darles un mejor uso.

✚ Existen en el mercado diferentes productos para sellar las fisuras que presenta actualmente la piscina, sin embargo, no es recomendable porque como lo evidenció el análisis estructural, el concreto se encuentra trabajando al límite de su capacidad a tracción y está próximo a presentar fallas y además el uso que se le ha dado a la piscina desde que la Universidad se hizo cargo de las instalaciones ha sido nulo.

## BIBLIOGRAFÍA

AUTODESK MAP 2006 <http://www.autodesk.es>.

BARLOW, Peter. Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de Hormigón.

CARLOS OYARZABAL SCHROEDER, ITALCEMENTI GROUP. Fisuración del Hormigón Causas, Diagnóstico y Control.

DUARTE BALAGUERA, Bernardino, PINEDA LÓPEZ, Darwing, DÍAZ SOLANO, Jairo. Manual para la normalización y estandarización de la cartografía digital de la UIS. Trabajo de Grado (Ingeniero Civil). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Bucaramanga, 2006.

GÓMEZ GÓMEZ, Jorge Hernando. Sistemas de Información Geográfica. Publicaciones UIS. Escuela de Ingeniería Civil. Bucaramanga, 2005.

JOISEL, ALBERT. Fisuras y Grietas en Morteros Y Hormigones; Sus Causas Y Remedios. Edición 03 ed. Area Publicación BARCELONA: EDITORES TECNICOS ASOCIA, 1972.

MUÑOZ HIDALGO, Manuel. Prevencion y Soluciones en Patologia Estructural de La Edificacion"

PARDO, Hernando. Presidente Sociedad santereana de Ing. de esa época, lo dice también Edmundo Gavasa de la Academia de Historia de Santander.

PEREZ VALCARCEL, Juan. PATOLOGIA DE ESTRUCTURAS.

<http://www.vanguardia.com/2007/1/28/gal.htm>, el articulo se llama "El Hotel Bucarica hospedó la historia de una ciudad".

[http://www.asefa.es/repositorio/paginas/index.jsp?pagina=conocenos\\_empresa\\_es.jsp](http://www.asefa.es/repositorio/paginas/index.jsp?pagina=conocenos_empresa_es.jsp)