



## **“HISTORIA CLÍNICA Y DIAGNÓSTICO DEL EDIFICIO DONDE FUNCIONABAN LAS EMPRESAS PÚBLICAS DE CARTAGENA INDIAS”**

### **W. RIVERA**

Ingeniero Civil: Universidad de Cartagena  
M.Sc. en Estructura: Universidad Nacional de Colombia  
Esp. Patología de la Construcción: Universidad Santo Tomas  
Cartagena; Colombia  
walbertorivera@yahoo.es

### **W. BARBOZA**

Ingeniero Civil: Universidad de Cartagena  
Esp. Patología de la Construcción: Universidad Santo Tomas  
Cartagena; Colombia

### **J. REYES**

Ingeniero Civil: Universidad de Cartagena  
Esp. Patología de la Construcción: Universidad Santo Tomas  
Cartagena; Colombia

## **1. RESUMEN**

La siguiente investigación es un Trabajo Profesional Integrado (TPI) que da por culminado el ciclo de estudio universitario de la especialización de patología de la construcción demostrando de forma sintética y determinada lo que se aprendió tanto en el aula de clase como de manera independiente.

El trabajo investigativo inició con la selección del paciente a estudiar, que es un edificio de oficinas donde funcionaban las empresas públicas municipales en la Ciudad de Cartagena (EPPMM) ubicado en la MATUNA en el centro histórico de la ciudad.

En la inspección visual realizada al paciente se detectaron los diferentes signos y síntomas que el edificio refleja y fueron plasmados en la historia clínica, clasificando las lesiones encontradas de acuerdo a su agente y la severidad que esta posee, El informe presenta el tratamiento o las reparaciones que se deben realizar para preservar la edificación y solucionar el problema patológico de la misma. Se realizó un análisis de vulnerabilidad sísmica basado en el Reglamento Colombiano Sismo Resistente NSR-10, para valorar la estructura en su estado funcional y determinar el grado de inversión de la misma.

## **2. ABSTRACT**

The following research is an Integrated Professional Job (TPI) which gives by completed university study cycle specialization pathology showing the construction of synthetic and determined way what was learned both in the classroom and independently.

The research work began with the selection of patients to study, which is an office building where the municipal public companies operating in the city of Cartagena (EPPMM) Matuna located in the historic city center.

At the visual inspection the patient the various signs and symptoms that the building reflects and were reflected in the clinical history, classifying lesions found according to his agent and the severity that this holds, the report presents the treatment or repairs were detected that must be made to preserve the building and fix the problem from the same disease. Seismic vulnerability analysis based on the Colombian Earthquake Resistant Regulation NSR -10, to assess the functional state structure and determine the extent of the same investment was made.



### **3. INTRODUCCIÓN**

El siguiente Trabajo de grado es un Trabajo Profesional Integrado (TPI) que da por culminado el ciclo de estudio universitario de la especialización de patología de la construcción demostrando de forma sintética y determinada lo que se aprendió tanto en el aula de clase como de manera independiente.

El trabajo investigativo inició con la selección del paciente a estudiar, que es un edificio de oficinas donde funcionaban las empresas públicas municipales en la Ciudad de Cartagena (EPPMM) ubicado en la MATUNA en centro histórico de la ciudad.

En primera instancia se muestra la ubicación del paciente de estudio, todos los documentos obtenidos del edificio como planos y estudios previos; se presentan los antecedentes uso actual y futuro, y el estados de la estructura. Con objetivo de identificar la condición del paciente de estudio se realizó una inspección visual previa con los planos para conocer el estado del paciente, para ubicar las diferentes lesiones que posee la edificación, esto con el propósito de conocer el aspecto de la estructura y su estado arquitectónico.

En la inspección visual realizada se detectaron los diferentes signos y síntomas que el edificio refleja y fueron plasmados en la historia clínica, clasificando las lesiones encontradas de acuerdo a su agente y la severidad que esta posee. La historia clínica cuenta con un registro fotográfico y la ubicación de las lesiones en los planos mostrando así de manera sencilla y esquemática una base de datos para realizar todos los análisis patológicos que la edificación requiera para su futura rehabilitación.

Después de obtener toda la información necesaria se continuó con la realización de la etapa del análisis de las causas, basadas en ensayos y análisis de datos obtenidos en el laboratorio para realizar el informe respectivo del estudio

realizado y se plantearon diferentes alternativas de solución a la rehabilitación de la estructura.

El informe presenta el tratamiento o las reparaciones que se deben realizar para preservar la edificación y solucionar el problema patológico de la misma. Se realizó un análisis de vulnerabilidad sísmica basado en el Reglamento Colombiano Sismo Resistente NSR-10, para valorar la estructura en su estado funcional y determinar el grado de inversión de la misma.

En conclusión este trabajo de grado comprende los planteamientos y las conclusiones que se obtuvieron a lo largo del estudio.

La información aquí mostrada está basada en la toma de datos, fotografías, muestras, ensayos químico y de laboratorios, observaciones, levantamientos de daños, e investigaciones previas, entre otras.

- ❖ Analizar la edificación patológicamente con el propósito de hallar las causas de las lesiones típicas.
- ❖ Evaluar los elementos estructurales del edificio según la normatividad actual NSR-10.
- ❖ Proponer las intervenciones necesarias para la normalización de la estructura del edificio según la NSR-10 y su reutilización.
- ❖ Mostrar un informe donde se reflejen todos los resultados obtenidos durante el análisis patológico del edificio.

### **4. METODOLOGÍA**

Para el desarrollo del general del TPI (Trabajo Profesional Integrado) del edificio de las EPPMM se seguirá la siguiente metodología.

#### **4.1. Historia clínica:**

- Recolección de Información general (planos existentes, estudios anteriores, historia de la edificación, ubicación, urbanismo, levantamiento).



## *Historia Clínica del Edificio de las Antiguas Empresas Públicas de Cartagena.*

- Estudio de Suelos y estado de la cimentación (estudios de suelos actualizados, evaluación de la capacidad portante).
- Estructuras (análisis de vulnerabilidad sísmica, levantamiento estructural).
- El levantamiento tridimensional.
- Las fichas para la presentación de la información (Fichas de Historia Clínica, identificación de lesiones).
- Planteamiento de hipótesis sobre las causas de la lesión.

### **4.2. Diagnóstico:**

- Técnicas de sondeo, prospección y ensayos (Sondeos, ensayos no destructivos, ensayos semidestructivos)
- Identificación causas directas de las lesiones.
- Identificación causas indirectas de lesiones.
- Identificación de Las deformaciones estructurales.
- Los estudios, pruebas y procedimientos (laboratorios).
- Capacidad de carga, elasticidad, densidad, intensidad, resistencia.
- Análisis de vulnerabilidad sísmica.
- Evaluación estado actual del edificio.

### **4.3. Propuesta de intervención:**

- Tipificación de procesos de reparación de lesiones.
- Propuesta de reparación.
- Propuesta de mantenimiento.
- Propuesta de intervención estructural normatividad NSR 10.
- Especificaciones, programación y presupuesto.

La realización de este proyecto de grado investigativo es de carácter patológico con una fundamentación bibliográfica y experimental en el análisis del edificio de las antiguas empresas públicas de Cartagena, distinguiendo así las clases de inspección que se pueden realizar:

- ❖ Inspección Preliminar

- ❖ Inspección Detallada
- ❖ Inspección Especial
- ❖ Inspección Rutinaria de mantenimiento.

El proyecto desarrolló una inspección detallada con un diagnóstico patológico cubriendo el siguiente conjunto de acciones forma secuencial y programada, que se muestran a continuación:

Investigación Documental

Inspección visual detallada

Levantamiento gráfico de daños

Recuento fotográfico

Planeamiento y definición de ensayos

Diagnóstico de Lesiones

Informe de la Inspección

### **4.4. Técnicas para la recolección de la información.**

Según las labores mencionadas anteriormente que hacen parte de la inspección a realizada en este proyecto de investigación, las técnicas para la recolección de la información son las siguientes:

4.4.1 Investigación Documental: Esta investigación consistió en hacer una recopilación de toda la información escrita, dibujada o esquematizada relativa al proyecto de estudio que en este es el edificio de las antiguas empresas públicas de Cartagena.

4.4.2 Inspección visual detallada: Se realizó un detallado inventario de los daños mediante un levantamiento para determinar el grado de compromiso de la estructura portante y a fin de permitir la cuantificación de la intervención que se vaya a realizar.

4.4.3 Levantamiento gráfico de daños: Se hizo un levantamiento gráfico de las causas asociadas con las patologías existentes en la estructura del edificio en estudio, siguiendo una metodología que parte de la definición de un conjunto de convenciones como las mostradas en la **Tabla 1 (Representación para levantar daños). Planos de calificación.**



4.4.4 Registro de Lesiones: Se realizó por medio de fichas patológicas de auscultamiento a través de un recuento fotográfico detallado y concordante con el levantamiento de daños mediante fotografías que sustenten cada patología con una breve descripción de ella señalando como referencia el lugar que le corresponde dentro del área en consideración. Esto con el fin de establecer los diferentes parámetros donde están afectando estas lesiones.

4.4.5 Planeamiento y definición de ensayos. En esta etapa del estudio se definieron los lugares y tipo de labores a realizar, tomando en consideración circunstancias tan variadas como por ejemplo si la vivienda está habitada o no, o si está siendo intervenida.

TIPOS DE ENSAYOS	PROPOSITO
<b>Prueba de Carbonatación</b>	Determinar la profundidad del frente de disminución del pH.
<b>Prueba de Humedad Relativa</b>	Evaluar la humedad en los poros de los muros
<b>Prueba de Contenido de Cloruro</b>	Determinar la cantidad de cloruro soluble en los muros.
<b>Pistola de Winsord</b>	Determinar la resistencia asociada a la dureza.
<b>Esclerómetro Schmidt</b>	Determinar la resistencia asociada al golpe de un martillo.
<b>Ensayo a Cortante y Compresión</b>	Determinar la fuerza de cortante que soportan los muros y el esfuerzo a compresión de estos.

**Tabla 1:** Tipos de Ensayos

**Fuente:** Autores

Para cada uno de los ensayos relacionados en la tabla anterior, en el marco teórico se encuentran debidamente comentados y descritos los procedimientos que para su ejecución se seguirán.

#### **4.5. Técnicas para el análisis de la información**

Según las labores mencionadas anteriormente que hacen parte de la inspección a realizada en este proyecto de investigación, se encuentran para las técnicas de análisis de la información las siguientes:

4.5.1 Diagnóstico de Patologías: Se clasificaron y se calificaron los daños con el fin de tipificarlos tanto del daño en sí como de los posteriores procedimientos de obra para lo

cual, basados en los esquemas del levantamiento de daños se procederá a formular las técnicas de intervención convenientes que la edificación requiera.

4.5.2 Informe de la Inspección: Por la trascendencia que tiene un Informe de Patología a la hora de intervenir una estructura, se transcribió de manera parcial los apartes o la información que se haya recopilado y analizado, posteriormente se realizará un informe que contenga cada uno de los aspectos analizados durante la Inspección para interrelacionar una patología con su naturaleza.

#### 4.5.2 Técnicas de Intervención

4.5.2.1 Reparación: La reparación es un conjunto de actuaciones, como demoliciones, saneamiento y aplicación de nuevos materiales, destinado a recuperar el estado constructivo y devolver a la unidad lesionada su funcionalidad arquitectónica original. Solo comenzaremos el proceso de reparación una vez descrito el proceso patológico, con su origen o causa y la evolución de la lesión.

4.5.2.2 Restauración: Cuando la reparación se centra en un elemento concreto o en objeto de decoración hablamos de restauración. La restauración entraña una gran dificultad para resultar coherente con el valor del edificio entendido como una entidad individual, tanto desde el aspecto arquitectónico, histórico y artístico que permita la transmisión de sus valores a la posteridad.

4.5.5.3 Rehabilitación: La rehabilitación comprende una serie de posibles fases: un proyecto arquitectónico para nuevos usos; un estudio patológico con diagnósticos parciales; reparaciones de las diferentes unidades constructivas dañadas, y una restauración de los distintos elementos y objetos individuales.

4.5.2.4 Prevención: El estudio de los procesos patológicos y, sobre todo de sus causas, nos permiten establecer un conjunto de medidas preventivas destinadas a evitar la aparición de nuevos procesos. En la prevención habrá que



considerar, sobre todo, la eliminación de las causas indirectas, que afectan a la fase previa del proyecto y ejecución, así como al mantenimiento.

## 5. HISTORIA CLINICA

### 5.1 Información Previa

El edificio de las EEPPMM de Cartagena de indias posee en su totalidad 3.677 m<sup>2</sup> aprox., en este estudio solamente se analizaron los pisos 3-5-6 y la cubierta, que suman un área aproximada de 1305 m<sup>2</sup>.

A la siguiente edificación se le realizó un T.P.I, debido a que este edificio fue construido en la época moderna y que en la década de los 60 fue considerado el más moderno y vanguardista en el centro de la ciudad, el edificio funcionó en su totalidad hasta hace 10 años. Hoy en día solo funcionan las oficinas de Impuestos Distrital de la Ciudad Cartagena, hoy se encuentra en estado lamentable y de abandono, pero afortunadamente hay interés de realizarle una rehabilitación por parte de la alcaldía de Cartagena.

### 5.2 Localización

El proyecto se encuentra ubicado en el territorio colombiano, en el departamento de Bolívar, específicamente en la ciudad de Cartagena, en la zona conocida como centro de la histórico de la ciudad, en el sector de la Matuna Carrera 10 #35-111, se encuentra ubicado entre la plaza Joe Arroyo y la Plazoleta de TELECOM, a las cuales en la actualidad se les realizó algunas restricciones de uso vehicular para convertirlas en zonas peatonales, la edificación construida para las Empresas públicas Municipales, se encuentra enmarcada en general en una zona de un importante flujo vehicular, entre la avenida Venezuela, la avenida Lemaitre y la carrera 10, esta estructura basada en pórticos de concreto y sistema de losas nervadas armadas en dos direcciones, cuenta con 6 Pisos y cubierta abovedada, además, cuenta con un piso mecánico para ascensores y tanque elevado, con

un área total de construcción de **4200 m<sup>2</sup>**., en la actualidad el inmueble se encuentra desocupado en un 80% de su área útil.

<b>Región</b>	Caribe
<b>Departamento</b>	Bolívar
<b>Ciudad</b>	Cartagena de Indias
<b>Zona</b>	Centro
<b>Barrio</b>	La Matuna
<b>Dirección</b>	Carrera 10 con Av. Daniel Lemaitre

**Tabla 2:** Localización del Proyecto de estudio

**Fuente:** Autores

### Imagen 1: Plano del Centro Histórico de Cartagena

El edificio EEPPMM, fue construido **en 1960** como edificación de oficinas para el cobro de impuesto de la capital del departamento de Bolívar.

Un estudio detallado de la zona se encuentra en los Anexos de las fichas Generales **TPI-EPMC-GEN 01 a GEN 03**, del estudio de Lesiones.

### 5.3 Antecedentes

El edificio EEPPMM, fue construido en 1960 como edificación de oficinas para el cobro de impuesto de la capital del departamento de Bolívar, la edificación se encuentra ubicada en el sector la Matuna entre las avenida Venezuela y la carrera 10° de la avenida Daniel Lemaitre, esta estructura funcionó en su totalidad hasta hace 10 años atrás, en la actualidad funciona parcialmente con una ocupación del 20%.

En Colombia para los años 60 no existía normas de diseños, los diseñadores se basaban en el American Concrete Institute ACI 318-56, publicada en mayo de 1956, de las cuales muchos países de América hacían traducciones adoptándolas como reglamento propio. El acero de refuerzo consistía en general en barras Lisas con un esfuerzo a la fluencia  $F_y$  igual a 40000 psi. De igual manera se especificaba que la resistencia del concreto a los 28 días de edad fuera  $f'_c$  igual a 3000 psi, adoptada regularmente en todas las obras de importancia de la época. (INSTITUTE, 1963)



## *Historia Clínica del Edificio de las Antiguas Empresas Públicas de Cartagena.*

Desde el análisis Patológico se cuenta con estudio realizado por la Universidad de Cartagena en el año 2010 que consiste en la evaluación y valoración del estado de vulnerabilidad de la infraestructura del edificio de las antiguas empresas públicas municipales de Cartagena. En el cual se presentan dos (2) sondeos de 2 metros de profundidad cada uno realizando pruebas de penetración estándar.

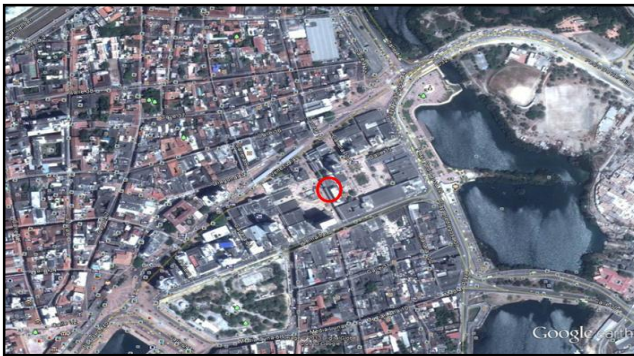
Además se indica la profundidad del nivel freático ubicado entre 1 a 1.4 metros, como oscilación del mismo durante la exploración pero no se indica la fecha de la ejecución del estudio, ni se presenta un esquema o plano de localización de los sondeos realizados.

En el estudio realizado se indica que el suelo presenta una capacidad de soporte de  $0.62 \text{ kg/cm}^2$  y una profundidad de desplante de las zapatas variable entre 1.5 y 2.0 metros, se indica que suelo se identifica como limo orgánico, y para efectos sísmicos se clasifica como perfil sísmico tipo E de acuerdo a los criterios del Título A2 de la NSR-10.

### **5.4 Uso de la estructura**

El edificio de la EEPPMM de Cartagena de Indias posee 6 pisos utilizados como oficinas para el cobro de impuesto de la capital del departamento de Bolívar, cuenta con un mezzanine, un lobby, zonas de acceso por medio de escaleras y cuartos de máquinas. La ocupación actual del edificio es del 20%.

### **5.5 Entorno**



**Imagen 2:** Localización regional del proyecto sobre el Centro Histórico de Cartagena.

**Fuente:** Tomado de googleearth.co.

El edificio de las Antiguas Empresas Públicas Municipales de Cartagena de Indias se encuentra ubicado en el sector de la Matuna en el centro histórico de Cartagena de Indias, limita con la avenida Venezuela y la carrera 10° de la avenida Daniel Lemaitre frente a la plazoleta Joe Arroyo que está adosada a una estación de Bombeo de aguas negras sobre el centro de la plazoleta. Se puede observar como cuerpos de agua hacia el este del proyecto La Laguna del Cabrero y específicamente el sector denominado Puerto Duro y hacia el Sur Oeste la bahía interna frente al Muelle de Los Pegasos.

Las manzanas de alrededor son edificaciones de máximo tres pisos, parques y lotes de parqueaderos, exceptuando los edificios de altura que se encuentran en diagonal con la edificación en estudio.

### **5.6 Reconocimiento Inicial**

Se decide realizar una inspección visual al edificio en orden descendente, desde la cubierta abovedada hacia la cimentación del mismo. De esta manera se detecta el orden de la filtración y humedecimiento de los distintos pisos de la edificación, siendo la humedad la principal causa de deterioro de la edificación y la principal causa de lesión patológica.



**Imagen 3:** Cubierta Abovedada



## Historia Clínica del Edificio de las Antiguas Empresas Públicas de Cartagena.

La cubierta de la edificación es abovedada, y a ella se accede a través del espacio donde se encuentra ubicado el foso del ascensor; que es la estructura que se observa hacia el fondo. Sobre la estructura del foso del ascensor se encuentra un tanque que tiene forma de tetraedro el cual se utilizó para el almacenamiento de aguas, cubierto con láminas de asbesto cemento en mal estado. Actualmente no es funcional ya que presenta poca capacidad de almacenamiento y la presencia de aves que anidan dentro del mismo.



**Imagen 4:** Desprendimiento del manto Impermeable de la cubierta

La cubierta presenta el desprendimiento del manto impermeable, el cual es un mortero como sustrato de desnivelación para permitir la evacuación de las aguas lluvias. Obsérvese el desprendimiento actual de la impermeabilización de la placa.



**Imagen 5:** Fisuras de la Cubierta Abovedada

El mortero que funciona como desnivelación para permitir la evacuación de las aguas lluvias, debajo del manto impermeable, presenta grietas de retracción térmica. Durante

la inspección no se observó ningún tipo de refuerzo por temperatura sobre esta impermeabilización y consecuentemente una filtración a través de la placa de techo de manera vertical y hacia abajo.



**Imagen 6:** Crecimiento de organismos en la Cubierta

El proceso de degradación del manto impermeable provoca el taponamiento de los desagües debido a la acumulación de partículas de polvo grueso y de la textura rugosa del concreto expuesto, se producen zonas con concentración de humedad que favorecen la proliferación de vegetación como promotor de mecanismos de deterioro del concreto.



**Imagen 7:** Taponamiento del sistema de desagüe



**Imagen 8:** Limpieza del sistema de desagüe

Se puede observar, luego de una limpieza de los orificios de desagüe que estos todavía presentan la capa de impermeabilización en buen estado, aunque en los alrededores ya se encuentra desgastada.



**Imagen 9:** Desprendimiento de la capa impermeabilizante de la cubierta

Pérdida de masa en algunas zonas donde se ha perdido el manto impermeable y eventualmente la capa de mortero sobre la cubierta.

### 5.7 Descripción Arquitectónica y áreas

#### 5.7.1 Áreas

Piso	Contenido en el Piso	Área en m <sup>2</sup> Total	Zona Intervenida	Estado de Zona Intervenida	Área m <sup>2</sup> Intervenida
Piso 1	Lobby	200,0	X	Regular	
	Zona de Oficinas	572,0	X	Regular	60
Piso 2	Zona de Oficinas	742,0		Regular	
Piso 3	Zona de Oficinas	376,5	X	Regular	30
Piso 4	Zona de Oficinas	376,5		Regular	
Piso 5	Zona de Oficinas	376,5	X	Regular	25
Piso 6	Zona de Oficinas	280,5	X	Regular	45
	Cubierta	400,0	X	Regular	30

**Tabla 3:** Descripción de áreas de estudio

**Fuente:** Autores

Estas áreas fueron intervenidas con el objetivo de realizar los ensayos respectivos para realizar un diagnóstico de acuerdo a los resultados, pero sin la realización de una rehabilitación.

#### 5.7.2 Descripción y estado del Inmueble

Las edificaciones del Centro Histórico de Cartagena de Indias presentan usualmente unas características constructivas que contribuyen a disminuir su capacidad de respuesta ante los sismos. Frecuentemente la edad de estas edificaciones y el deterioro de las propiedades mecánicas de sus materiales llevan a una disminución adicional de su capacidad de soportar las cargas de servicios y aumentan su vulnerabilidad ante un posible sismo.

El Edificio sede de las Antigua Empresas Públicas Municipales de Cartagena hasta hace 10 años y hoy sede de las Oficinas de Impuestos Distrital de la Ciudad Cartagena y que en la década de los 60 fue considerado el más moderno y vanguardista en el centro de la ciudad, hoy se encuentra en estado lamentable de abandono debido al tiempo transcurrido y a la falta de mantenimiento, presenta problemas en ciertos elementos estructurales, pero éstos se pueden corregir si se realiza una rehabilitación de manera inmediata sobre el edificio.



## *Historia Clínica del Edificio de las Antiguas Empresas Públicas de Cartagena.*

El análisis patológico realizado en 2010 por el Ingeniero Carlos Villalba muestra una estructura con procesos de filtración y humedades como lesión más representativa de deterioro o/y ataques a la estructura. Se indica que la estructura no presenta efectos de carbonatación apreciables, con una profundidad de carbonatación muy baja, un proceso corrosivo muy bajo a nulo por los recubrimientos muy generosos del acero de refuerzo y a recubrimientos arquitectónicos con láminas de mármol para las columnas del primer entre piso, recubrimientos en morteros en columnas de los pisos 4,5 y 6)

Finalmente las losas que sirven de cubierta del segundo piso muestran fallas por mantenimiento de la impermeabilización al igual que la cubierta abovedada de la edificación estas permiten el paso del agua de manera no controlada ni encausada.

Entre el 16 de Abril y el 3 de Mayo de 2013 se realizaron nuevos ensayos y estudios de laboratorios para la realización del diagnóstico patológico de la EPM de Cartagena por el Ing. Julio Carmona, tomando como metodología de trabajo, la toma de núcleos para determinación de resistencia a la compresión del concreto sobre las columnas del primer nivel, su peso volumétrico y sus características de absorción de agua y carbonatación en su estado actual.

Se realizó una inspección técnica para revisar el estado actual de los elementos estructurales que conforman la edificación, con el fin de revisar y elaborar un inventario de daños de la estructura en estudio con fines de refuerzo para actualización de la estructura de acuerdo a los requisitos de la NSR-2010, en esta se observó que la edificación presenta un primer nivel donde se encuentra un cal-center en funcionamiento y una sala de cómputo central que mantiene todas las redes de intranet y central de costos de todas las dependencias de la alcaldía de Cartagena, Durante el recorrido por los diferentes niveles se pueden notar arrumes

de escritorios de madera, papelería y elementos mobiliarios en general, los cuales se encuentran en mal estado y producen una concentración de polvo y humedad permanente en los ambientes sobre los cuales se encuentran.



**Imagen 10:** Imagen del sexto piso con arrumes sillas y de escritorios

**Fuente:** Autores

En general, la edificación presenta en todos los pisos, un inadecuado uso de almacenamiento de mobiliario usados muy probablemente antes del abandono del edificio. No presenta ningún proceso de almacenamiento por lote, y se observan mezclados elementos en mal estado y otros en proceso de deterioro por el inadecuado proceso de bodegaje existente.

La edificación presenta en su fachada frontal, presencia de hongos, especialmente en la placa de segundo y tercer nivel, al igual que la cubierta abovedada que se observa en el último nivel. Esta acción muestra una bioreceptividad de la estructura, especialmente las placas y las fachadas, que contribuyen y favorecen la colonización, establecimiento y desarrollo de microorganismos de origen vegetal y animal y que afectan su durabilidad de los material de construcción.

### **5.8 Descripción Estructural**

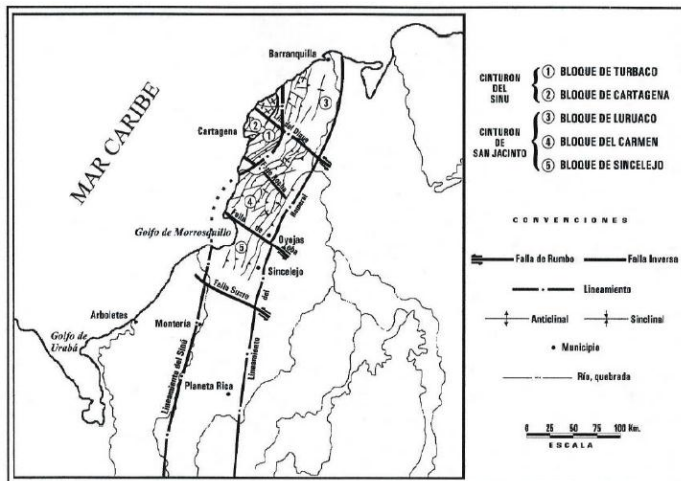
#### 5.8.1 Cimentación

##### 5.8.1.1 Geología y Geomorfología.



## Historia Clínica del Edificio de las Antiguas Empresas Públicas de Cartagena.

Toda el área de Cartagena, se encuentra dentro del cinturón del Sinú. Litológicamente, este cinturón está constituido por Turbiditas hemipléjicas y depósitos marinos terrígenos, con edades que van desde el Oligoceno hasta el Pleistoceno. Este cinturón en el área de Cartagena – Barranquilla dobla hacia el Noreste, siguiendo la línea de costa (Duque, 1980, 1984). La zona en estudio se identifica como depósitos de playa, están localizados a lo largo de la línea de costa y constan de arenas de grano fino a grueso, ocasionalmente con gravas; la mayoría son de color amarillo ocrea grises; que en el sector en estudio fueron formados por acreción antrópica donde los rellenos hidráulicos de arenas con caracolejos fueron realizados para adosar el sector de La Matuna a la zona de expansión geográfica del centro histórico de Cartagena.

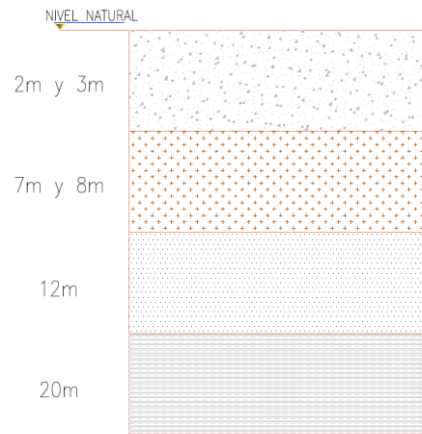


**Imagen 11:** Mapa Estructural del Cinturón de San Jacinto y Sinú Norte.

**Fuente:** "Geología de las Planchas 23 Cartagena y 29-30 Arjona, Memoria Explicativa, 2001".

Así, los perfiles de suelos indican rellenos de arenas y gravas de tonalidades grises, que presentan perfiles arenosos de compactidades sueltas a medias en los 8.00 a 12.00 metros más superficiales y bordeando los cuerpos de agua que presentan frecuentemente estratos orgánicos debido a capas de mangle en descomposición.

El nivel freático se encuentra entre 0.6 m y 1.2 m.



**Imagen 12:** Niveles estratigráficos del Centro Amurallado de Cartagena de Indias

**Fuente:** Autores

### 5.8.2.2. Antecedentes del Estudio de Suelo

Como antecedentes del estudio de suelos para análisis de las cimentaciones, el componente geotécnico y de cimentaciones, se cuenta con estudio realizado por la Universidad de Cartagena, en el cual se presenta la ejecución de dos (2) sondeos a 2,00 metros de profundidad cada uno, realizando pruebas de penetración estándar, Además en éste estudio se indica como profundidad del nivel freático 1.40 a 1.00 metro, como oscilación del mismo durante la exploración pero no se indica la fecha de ejecución del estudio, ni se presenta un esquema o plano de localización de los sondeos realizados.

El estudio indica que los suelos presentan una capacidad de soporte de 0.62 kg/cm<sup>2</sup> y una profundidad de desplante de las zapatas variable entre 1.50 y 2.00 metros, además se indica que el suelo se identifica como limos orgánicos, y para efectos sísmicos se cataloga como perfil sísmico tipo E de acuerdo a los criterios del título A2 de la NSR-2010.

### 5.8.2.3 Alcance del Nuevo Estudio de Suelo

Se realizó un sondeo con el fin de determinar la profundidad de los suelos blandos. De acuerdo a lo requerido en el numeral H3.1 de la NSR 2010, para una edificación de seis



(6) niveles como la identificada en el presente estudio, se clasifica como unidad de construcción media y de acuerdo a la Tabla H.3.2.-1 se recomienda una profundidad mínima de 15 metros y un número de sondeos no menor de 4. Sin embargo, considerando que este estudio es complementario a otros anteriores, solo se ejecutará un sondeo adicional con el fin de obtener parámetros de diseño y complementarios a la información de estudios anteriores.

#### 5.8.2.4 Características geotécnicas del subsuelo

Basados en la información obtenida en el sondeo ejecutado, se ha identificado el perfil de suelos encontrados como se resume a continuación: Existe una placa en concreto simple de 0.25 metros de espesor, debajo se observa un relleno de triturado calizo con caliza y pedazos de ladrillo rojo cerámico en un espesor de 0.90 metros.

Entre 1.15 y 3.50 metros se observa una arena limosa gris oscuro con rastros de piedras coralinas superficialmente y con caracuchos y algo de caracolejos hacia el fondo. Presenta una densidad relativa variable entre 15% a 35%, un ángulo de fricción interna entre 28 a 33° y un peso unitario saturado entre 15 y 19 KN/m<sup>3</sup>.

Entre 3.50 y 12.88 metros se presentan arenas de compacidad variables entre muy suelta y media, con intercalaciones de gravas de origen coralino y caracuchos menudas, que presentan a los suelos arenosos como de muy baja capacidad de soporte y susceptibles a presentar licuación en caso de sismos. Presenta una densidad relativa variable entre 15% a 65% aumentando en la zona de mayor concentración de gravas, un ángulo de fricción interna entre 28 a 45° y un peso unitario saturado entre 15 y 21 KN/m<sup>3</sup>.

A partir de los 12.88 metros y hasta la profundidad máxima de exploración se ha detectado una arcilla parda oscura con vetas grises y rastros de óxido de baja plasticidad y consistencia muy firme a dura, aumentando esta propiedad

con la profundidad. Su peso unitario varía entre 1.66 gr/cm<sup>3</sup> a 12.88 y a 13.15 metros hasta 2.12 gr/cm<sup>3</sup> a profundidades entre 15.65 a 16.65 metros. Su resistencia a la compresión simple presenta valores de 1.75 kg/cm<sup>2</sup> y 3.21 kg/cm<sup>2</sup>, aumentando con la profundidad e indicando una meteorización superficial en el contacto con los suelos arcillosos que la cubren.

El perfil estratigráfico se presenta a continuación con la prueba de penetración estándar sobre el registro de perforación indicando la resistencia de los suelos a esta prueba.

#### 5.8.2.5 Nivel freático

De acuerdo a la perforación ejecutada, el nivel freático se detectó a una profundidad de 1.60 metros, sin oscilación importante durante el tiempo de ejecución de la perforación.



**Imagen 13:** Sondeo para estudio de geotécnico.

**Fuente:** Julio Carmona Arango

#### 5.8.2.6 Características Geométricas de la Cimentación

Las cimentaciones se han identificado como zapatas cuadradas de 2.50 por 2.50 metros de área de contacto con el



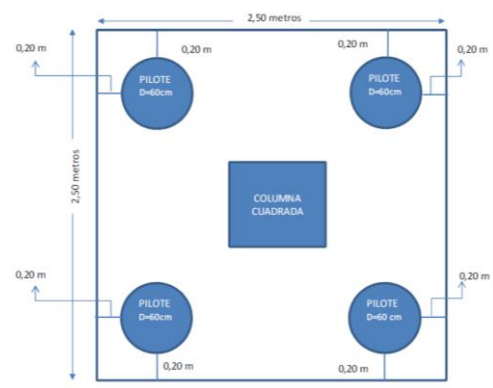
suelo, desplantada sobre un solado de 0.07 metros de espesor hecho en concreto que presenta gravas hasta de 2 pulgadas de tamaño máximo. Las zapatas presentan una profundidad de desplante de 1.70 metros con relación al nivel actual de piso terminado y un peralte muy constante de 1.10 metros en las tres zapatas investigadas.

Se realizó una zanja paralela al borde de la zapata, por debajo de la cual se excavó una distancia horizontal variable entre 0.50 y 0.70 metros, encontrándose en cada esquina de estas un pilote de concreto con un diámetro de 0.60 metros. Así, de acuerdo a lo detectado, se observa que los pilotes tienen una distancia al borde de la zapata de 0.20 metros y una distancia de tres veces el diámetro del pilote, centro a centro, esta distancia cumple con la norma. Por tal razón la dimensión de 2.50 metros como distancia del ancho de cimentación permite este arreglo típico de las zapatas. Podemos concluir de las exploraciones realizadas en campo, que las zapatas están transmitiendo la carga a través de 4 a 5 pilotes, localizados en las esquinas de las zapatas y posiblemente incluyendo un pilote central, no identificado en la presente exploración; adicionalmente no se encontraron elementos de amarre entre zapatas tales como vigas de amarre o elementos de enlace entre las cimentaciones exploradas. Las dimensiones medidas en campo se presentan resumidas en el siguiente cuadro:

Localización	Profundidad de Desplante	Dimensiones	
		B(m)	L(m)
Eje C - Eje 5	1,70 m	2,60	2,70
Eje B - Eje6	1,75 m	2,50	2,45
Eje B - Eje 2	1,75 m	2,25	2,45

**Tabla 4:** Geometría de la Cimentación

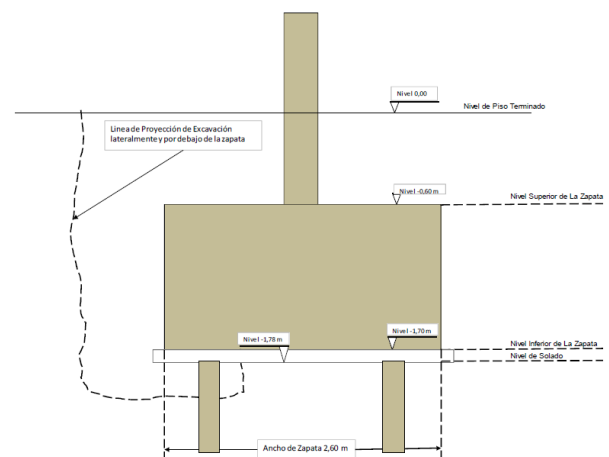
**Fuente:** Julio Carmona Arango



**Imagen 14:** Esquema de Cimentación Encontrada EPM Cartagena de Indias

**Fuente:** Julio Carmona Arango

Como condiciones inadecuadas que afectan la durabilidad de las cimentaciones, la zapata B2 presenta una tubería de aguas negras que pasa por encima de la zapata, con fugas que no solo humedecen sino que producen una acumulación de aguas hasta el nivel superior de la zapata, con olores orgánicos. Estas aguas son ácidas y atacan a los concretos. Como recomendación, estos desagües deben ser retirados de la parte superior de la zapata y evitar la ex filtración de estas aguas hacia las cimentaciones. Los concretos de las zapatas presentan una resistencia de 3500 PSI (245 kg/cm<sup>2</sup>) medido mediante esclerometrías, tal como se observa en los siguientes registros.



**Imagen 15:** Esquema de Pilotes en la Cimentación Encontrada EPM Cartagena de Indias

**Fuente:** Julio Carmona Arango



### **5.9 Registro y Evaluación de Lesiones**

A continuación se presentan las fichas de la historia clínica del edificio, donde se muestran los datos, se transcriben las lesiones, signos, daños o evidencias en la edificación, el registro fotográfico y el resultado de la inspección visual mostrando la presencia de las diferentes lesiones lesión o signos encontrados en la estructuras con su respectiva ubicación en los planos.

Por medio de fotografías y ubicadas en el plano se realiza la valoración y la afectación de los diferentes daños, el nivel de recuperación y grado de cada lesión. En el análisis de las características Generales de la estructura, se puede apreciar el aspecto externo de las alteraciones y comportamientos químicos e higrotérmicos de la agresividad del medio, reflejando así la intensidad de la lesión en el área afectada sobre el edificio.

Se ordenan las lesiones por espacios afectados, se identifica el tipo de material afectado, se caracterizan las condiciones de estabilidad, aspecto, textura, y valoración de la estructura con sus respectivos comentarios. Se realiza una recopilación de la información del paciente con su respectiva localización en el plano, sustentando el desarrollo de la evaluación patológica con fotografías tanto en vista general como mostrando un detalle del área afectada.

### **5.10 Índices de Valoración y Riesgos del Proyecto**

#### **5.11 Hipótesis de Daño**

El Análisis de los datos resultado de la historia clínica del paciente, nos muestra una edificación con una distribución de lesiones ubicadas en su mayoría en el sistema estructural (54%), en la cual predominan las lesiones físicas, enmarcadas por la presencia de Humedades (20%) y filtraciones (11%), y las antropogénicas por efecto del abandono de la edificación (10%) y a su falta de mantenimiento, lo que ha iniciado procesos de proliferación de Moho y hongos(10%) y en algunos puntos específicos

eflorescencias(7%) y fisuras (7%) en elementos No estructurales.

Las lesiones presentadas por el edificio en general se encuentran en el rango de moderadas a severas, con una marcada tendencia a las lesiones físicas moderadas.

En general la edificación evaluada presenta afectaciones a nivel de su apariencia Interna, afectando la funcionalidad de la edificación, pero es estable y su apariencia externa no representa peligro para los peatones que la transitan, pero no es agradable al transeúnte.

Dada la distribución y tipología de las lesiones, se plantea que los daños observados son producto de un abandono de la edificación y falta de mantenimiento, ya que las señales de la secuencia de daño están establecidas de cubierta a primer piso. Los niveles superiores concentrándose en humedades, filtraciones, mohos y hongos, crecimiento de vegetación, en la cubierta y sexto piso, además de la pérdida en algunas zonas de la bóveda del sistema de impermeabilización tipo manto y plantilla. Y los pisos inferiores con efectos iniciales de daños

Estos daños se fueron trasladando a los pisos inferiores 5 4 y 3, por procesos de filtración en las losas de los pisos las cuales no estaban impermeabilizadas y además contenían material orgánico tipo cascarilla de arroz de propiciaron la aparición de mohos y hongos en los pisos 5 y 4 en menor magnitud, tanto es así que las inspecciones en los pisos bajos 3 y 1 presentan muy pocas lesiones y de niveles de severidad muy bajos, casi considerables como sin daño.

Los diferentes índices obtenidos, representan en forma general y particular de cada espacio el análisis patológico de los daños presentes en el proyecto, y con estos valores servirán de parámetro para la determinación de la **Calificación del Estado de conservación de la Edificación  $\phi_a$** , solicitada en la NSR-10 Capítulo A.10. (INGENIERIA, 2012)

En esta se establecen tres categorías de Análisis, BUENOS, REGULAR Y MALO, por lo que las escalas de valoración tomadas para esta zona son

- Valores entre 0 a 2 = Estado de conservación BUENO – Limite Verde en la grafica
- Valores entre 2 a 4 = Estado de Conservación REGULAR – Limite Amarillo en la Grafica



- Valores Mayores a 4 = Estado de Conservación MALO - Limite Rojo en la Grafica

Los valores de los índices evaluados para la edificación lo enmarcan en la franja de 2 a 4 con una marcada tendencia a pasar a MALO en las áreas de apariencia Interna y externa, el cual se ve reflejado en un índice de recuperación de carácter necesario y un índice de integridad localizado en el centro de la franja, con lo que podemos concluir que la edificación se encuentra en un Estado de conservación **REGULAR, es decir un  $\phi_a = 0.88$ . DIAGNOSTICO**

### 5.12 Capacidad de Soporte de la Cimentación

Con el fin de establecer la capacidad de soporte de los pilotes encontrados, se presentan las condiciones presumibles de diseño y construcción de los mismos.

Como premisas de diseño se considera que los pilotes son pre-excavados y fundidos en concreto in-situ. Esta condición, de acuerdo a los criterios de Poulos, indica que el ángulo de fricción interna del material para determinar su capacidad por fuste, estaría determinado disminuyendo su valor nominal en tres grados. Igualmente, para efectos de establecer la longitud mínima del pilote, se considera como criterio de diseño, la condición de empotramiento dentro de las arcillas firmes detectadas a partir de los 12.65 a 12.88 metros de profundidad. Y finalmente que se considera como punta del pilote para obtener la condición de estabilidad, una penetración dentro del estrato de arcillas no menor de ocho veces el diámetro del pilote. Así, el pilote penetrará 4.80 metros dentro de las arcillas detectadas, para lo cual se estima como profundidad probable de la punta  $12.65 + 4.80 = 17.45$  metros.

El ensayo de corte directo realizado sobre las arenas indica como ángulo de fricción un valor de  $29.32^\circ$  como valor de diseño en las arenas. Y una cohesión en las arcillas de 15 Ton/m<sup>2</sup> a partir de los 12.65 a 12.88 metros de profundidad. Los valores de diseño de los pilotes se presentan en el

siguiente cuadro que resume los parámetros de cálculo de las cimentaciones sobre pilotes.

Los resultados del análisis de capacidad de carga para las condiciones de construcción asumidas, se presenta en el siguiente cuadro, para longitudes de pilote variables entre 13.50 y 26.00 metros de profundidad de la punta con relación al nivel actual de piso existente, tomando como criterio lo establecido por Poulos and Davis (1972) para capacidad de soporte de pilotes individuales.

Con el fin de tener en cuenta la distribución de los pilotes dentro del grupo, se ha calculado la eficiencia del grupo utilizando la ecuación de Converse-Labarre, para pilotes que presentan resistencia importante por fuste. Esta eficiencia presenta valores del 75.77% para zapatas con cuatro pilotes y de 61.75% para zapatas con cinco pilotes en su distribución geométrica en planta.

n	m	Diámetro del Espaciamiento		θ Radinanes	Grados	Eficiencia de Grupo de Pilotes
		Pilote	entre Pilote			
2	2	0,6	1,5	0,3805	21,8014	75,78%
2	3	0,6	1,06	0,5151	29,5115	61,74%

Igualmente que para estas condiciones, los factores de seguridad utilizados en el cálculo de la capacidad de soporte es de tres (3) para la capacidad última por punta y dos (2) para la capacidad última por fuste o fricción. Los asentamientos elásticos para los cuales se estima la carga admisible de diseño se han calculado utilizando una resistencia del concreto de los pilotes de 3000 psi (210 kg/cm<sup>2</sup>), y módulos de deformación elástica en función del número de golpes en arena n (SPT) y de la resistencia a la compresión simple en arcillas. Los asentamientos elásticos estimados para cada elemento y nivel de carga se resumen en el siguiente cuadro.

### 6. Inspección Estructura de Concreto Reforzado



De los núcleos de concreto tomados sobre las columnas del 1<sup>er</sup> piso se han encontrado las siguientes propiedades físicas:

Propiedad	Máximo	Mínimo	Medio
Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	320.51	179.94	238.41
Peso Unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	2.277	2.227	2.253
Absorción (%)	7.391	6.086	6.960
Gravedad Especifica Aparente	2.684	2.621	2.644
Gravedad Especifica Bulk	2.275	2.209	2.233
Gravedad Especifica Bulk SSS	2.413	2.366	2.388

**Tabla 5:** Resistencia de Núcleos de Concreto

**Autor:** Julio Carmona

Los concretos de más baja resistencia se localizaron sobre la base de la columna que se está en contacto con aguas residuales y es la que se encuentra ubicada en el eje B-2, la filtración de estas aguas se debe a las aguas servidas que se ex filtran de un registro y de una tubería en mal estado. Indicando esta acción el ataque químico sobre el concreto de la cimentación, de ácidos orgánicos que adicionalmente se estancan y entran en contacto directo con la zapata de la columna en mención.

A continuación se presentan los resultados de los ensayos a la compresión de los cilindros de concreto tomados con el saca núcleo de 5.63 cms sobre las columnas C-5, B-2 y B-6 del primer piso, procedimiento que se muestra en las fotos anexas a este informe.

#### 6.1. Resistencias del Concreto con Martillo de Rebote

Los resultados de la resistencia de las columnas del 1er piso realizadas con el martillo de rebote indican como variación de la resistencia de los concretos sobre las columnas los siguientes valores:

Propiedad	Máximo	Mínimo	Medio
Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	324.69	189.44	254.15

Propiedad	Máximo	Mínimo	Medio
Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	324.69	189.44	254.15

**Tabla 6:** Resistencia del Concreto con martillo de rebote.

**Autor:** Julio Carmona

Se estima que los concretos de columnas presentan como resistencia de diseño 245 kg/cm<sup>2</sup> (3500 PSI). Un cálculo teórico de la porosidad del concreto indica que esta se encuentra sobre el 18 %, indicando concretos con porosidad abierta importante para agregados pétreos de tamaños tan grandes (1 a 1.5 pulgadas).

Además de las columnas del primer nivel se investigó las resistencias de las placas del segundo, tercero, sexto y de la cubierta, sobre las cuales se realizó un promedio para establecer la resistencia de los concretos basados en las lecturas de rebote realizadas con esclerómetro. Los resultados se resumen de la siguiente manera:

Propiedad	Máximo	Mínimo	Medio
Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	214.26	64.37	185.85

**Tabla 7:** Resistencia del Concreto con martillo de rebote.

**Autor:** Julio Carmona

Al final Anexo del documento todas las lecturas realizadas por elemento. Como complemento de la información, se ha encontrado que la resistencia de las placas se muestra diferencial, es decir, en la parte inferior de placas y vigas la resistencia corresponde a un valor entre 35 y 50% menor que el valor de rebote en la cara superior y se observa un humedecimiento y pérdida de granos superficiales indicando un ataque por aguas blandas que afecta la resistencia de estos elementos, especialmente sobre la zona de la escaleras al ascensor y un sector central donde se observa una percolación permanente de aguas lluvias sobre todas las placas de la estructura.

#### 6.2. Correlaciones entre resistencia de núcleos y lecturas de rebote para las columnas investigadas.



La ejecución de lecturas con esclerómetro sobre las columnas sobre las cuales se realizaron los núcleos tuvo como objeto encontrar una correlación de la resistencia de los concretos con las lecturas de rebote realizadas. La regresión fue realizada para un comportamiento logarítmico entre las dos variables, ya que este es el tipo de comportamiento encontrado entre la resistencia superficial y las lecturas esclerométricas. La relación encontrada gráficamente se presenta a continuación indicándose que no se encuentra alejado de las presentadas por el manual del equipo utilizado. Los resultados de la resistencia de los ensayos sobre las columnas.

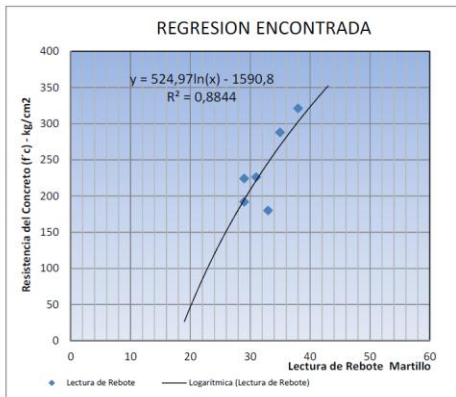


Imagen 16: Regresión de la resistencia de los concretos

Fuente: Julio Carmona

A continuación presentamos los resultados de los ensayos de esclerómetro tomados con el martillo tipo C181N para concreto, inicialmente sobre las columnas 5C, 3B, y 6B del primer piso, para correlacionar los valores obtenidos con los resultados de los cilindros de concreto tomados con saca núcleos, más tarde se realizaron ensayos sobre la placa de cubierta, terrazas, vigas y nervios; estos procedimientos se muestran en las fotos anexas a este informe.

### 6.3. Verificaciones de propiedades geométricas de elementos investigados

Con el fin de establecer algunos parámetros que no están claramente definidos en la primera investigación de la

estructura presentamos algunas medidas y elementos que han sido determinados.

En primer lugar se ha verificado la altura libre entre placas de entepiso con el fin de definir las alturas libre de columnas. Esta verificación se presenta en el siguiente esquema.

El sistema de vigas y placas, de acuerdo a lo observado, podemos suponer que fue fundido en etapas diferentes. Primero parece que fueron fundidas las vigas principales y secundarias, y en una segunda etapa fue fabricada una cascarilla de arroz mezclada con cemento que presenta un manto asfáltico adherido a la superficie superior de la misma. Debido a que esta capa presenta poca dureza superficial, suponemos que requiere una plantilla en mortero de 2.00 – 4.00 centímetros y sobre esta plantilla son colocados láminas de vinilo ó plásticos que son las que conforman la textura y acabado final del piso.

El prefabricado que sirve como elemento aligerado presenta tapas en los extremos superior e inferior y conforma una plataforma sobre la cual se puede caminar. Sin haber vaciado el falso fondo con cascarilla. Así, no existe una placa en concreto como tal en los pisos. La parte inferior de las placas también presenta un pañete de 1 – 3 cms de espesor como acabado de cielos rasos.

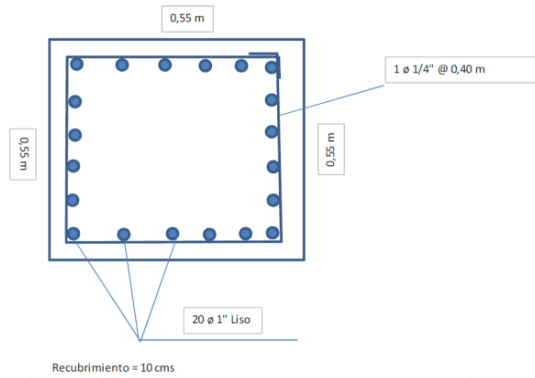
El ataque interno de cloruros y sulfatos puede estar relacionado con la presencia de aguas servidas, las cuales están restringidas a la zona de las escaleras. Allí se encuentran los baños en todos los niveles y presenta un sistema de placas de 0.20 metros de altura. No se ha definido en este momento el detalle de las placas en la zona de escaleras.

Es necesario confirmar, pero parece que las vigas que se encuentran sobre el eje 6 de todos los niveles presentan un ancho de 85 cms y un refuerzo diferente a las demás vigas exploradas en el sentido corto de la estructura. Confirmamos



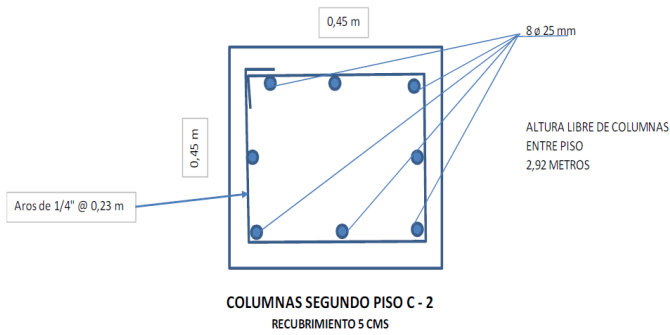
*Historia Clínica del Edificio de las Antiguas Empresas Públicas de Cartagena.*

que la cubierta abovedada no presenta oxidación sobre las vigas principales y que los escurrimientos de agua se presentan por entre los bloques.



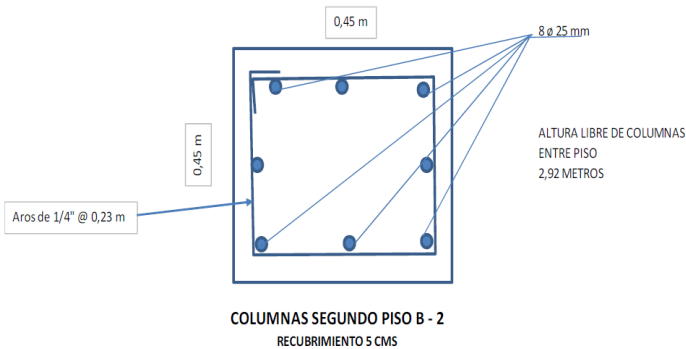
**Imagen 17:** Sección Transversal Típica Columnas del primer piso. Edificio EPM

**Fuente:** Julio Carmona Arango



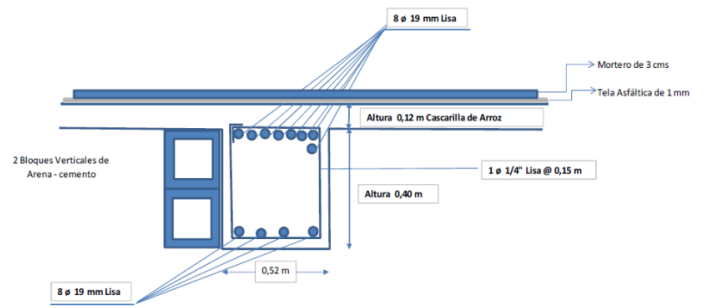
**Imagen 18:** Columna C-2 Segundo Piso a Tercer Piso Edificio EPM Cartagena

**Fuente:** Julio Carmona Arango



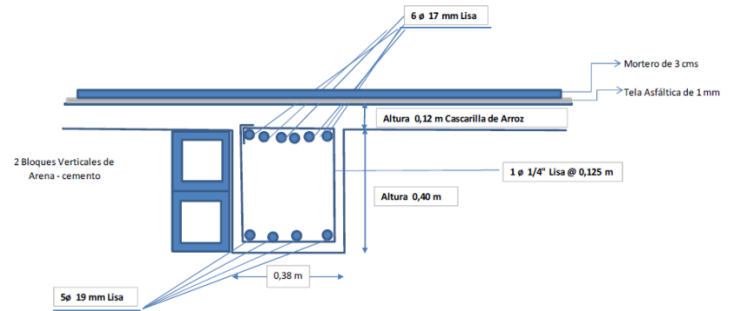
**Imagen 19:** Columna B-2 Segundo Piso a Tercer Piso Edificio EPM Cartagena

**Fuente:** Julio Carmona Arango



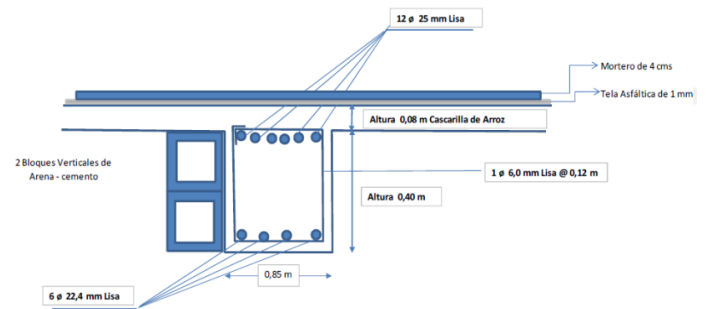
**Imagen 20:** Viga C entre Ejes 6-7 Tercer Piso Segunda Placa

**Fuente:** Julio Carmona Arango



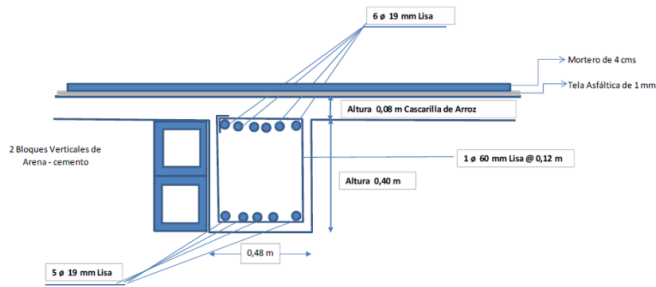
**Imagen 21:** Viga 7 entre Ejes B-C Tercer Piso Segunda Placa

**Fuente:** Julio Carmona Arango



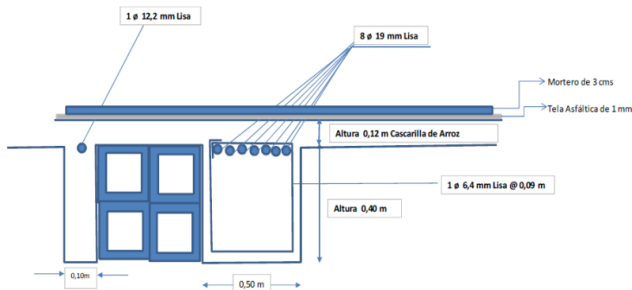
**Imagen 22:** Viga 6 entre Ejes B-C Tercer Piso Segunda Placa

**Fuente:** Julio Carmona Arango



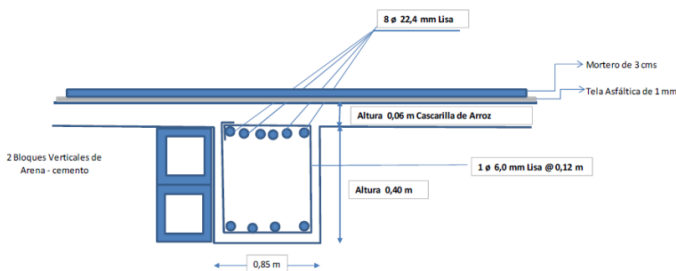
**Imagen 23:** Viga B entre Ejes 5-6 Tercer Piso Segunda Placa

**Fuente:** Julio Carmona Arango



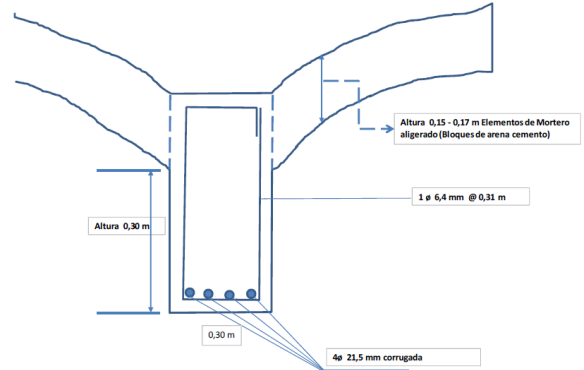
**Imagen 24:** Viga C entre Ejes 6-7 Quinto Piso Cuarta Placa

**Fuente:** Julio Carmona Arango



**Imagen 25:** Viga 6 entre Ejes C-D Quinto Piso Cuarta Placa

**Fuente:** Julio Carmona Arango



Cubierta abovedada sexto piso

Recubrimiento lateral 4 cm

Recubrimiento inferior 5 cm

Pañete inferior 1 cm

**Imagen 26:** Representación de en Viga de Cubierta

**Fuente:** Julio Carmona Arango

Aceros en muy buen estado sin síntomas de oxidación, debido a que el agua atraviesa la placa en la pared vertical de la viga. Los elementos aligerados se observan saturados y presentan exceso de humedad a pesar de haber cesado las lluvias.

### 6.2.1 Registro fotográficos de ensayos y auscultación

Estos registros corresponden a la verificación de los resultados obtenidos por los ensayos no destructivos y exploratorios de la edificación



Corresponde a la exploración del sistema de losa presente en la edificación



Detalle del sistema de Piso encontrado en los ensayos exploratorios.

### 6.3. Ensayos sobre el concreto para detectar acciones químicas

En las estructura que conforman el edificio de la antigua sede de la EPM de Cartagena, sector la Matuna, se realizaron ensayos de carbonatación con fenolftaleína al 2% en todas las estructuras y al 5% en las columnas sobre el concreto de recubrimiento del acero de refuerzo. En todos los elementos la profundidad de carbonatación fue menor de 2 centímetros en columnas para recubrimientos de más de cinco (5.0) centímetros y en algunos sectores con presencia de morteros y elementos adicionales que aumentan los recubrimientos y disminuyen la exposición de la estructura a la carbonatación.

Las placas y vigas en las zonas de auscultación se encontraron en estado de saturación o muy próximas a este estado de manera cualitativa. Esta condición presenta el mecanismo de carbonatación como de efecto muy ligero o insignificante en estas estructuras.

Igualmente la presencia de cloruros o sulfatos sobre los 1.50 a 3.00 centímetros más superficiales, no indican valores importantes en los concretos auscultados y por lo tanto no se considera como una variable significativa en el proceso de deterioro encontrado sobre la estructura.

### 6.4. Inspección física de la Estructura

Por lo que se procede a realizar una regata de inspección para corroborar los datos de los ensayos, en la cual se toma

un punto donde se evidencia la presencia de la mayoría de las lesiones establecidas en la edificación y donde se evidencia que los procesos de deterioro por carbonatación, oxidación, cloruros y sulfatos no son un factor de gran importancia ya que el acero de refuerzo se encuentra en perfecto estado



Este ensayo se realizó en una viga de cubierta del nivel 6 y se puede apreciar que tanto los concretos como los aceros se encuentran un muy buen estado. Ver ficha TPI-EPMC-602C

### 6.5 Análisis de las patologías encontradas

Como ataque más evidente detectado durante la inspección visual, se presenta la lixiviación de los concretos en las placas y localmente sobre algunas columnas adyacentes al área correspondiente al sector central, que sirve de acceso a todos los niveles a través de las escaleras, donde se observa el mayor flujo de aguas y rebose hacia otros sectores de placa (ataque químico). Como proceso de deterioro, en teoría se conoce que las aguas lluvias disuelven los compuestos cálcicos del concreto de igual manera que los ácidos, y por lo tanto el resultado es la descomposición y lixiviación de la parte del cemento endurecido; La lixiviación del hidróxido de calcio del concreto trae como consecuencia la degradación de los otros componentes de la pasta hidratada y por ello el concreto pierde resistencia y se desintegra.

Como fenómeno que incrementa estos resultados está la presencia de cielos rasos en yeso sobre la zona de escaleras y ascensor, los cuales están soportados por estructuras de



## *Historia Clínica del Edificio de las Antiguas Empresas Públicas de Cartagena.*

madera, que concentran y retienen la humedad que pércola a través de algunos sectores de placas y produce adicionalmente un efecto de humedecimiento y secado de las placas. Estructuralmente las placas no poseen aceros que controlen los cambios de temperatura y consecuentemente la zona de percolación de aguas sobre las placas muestra un fenómeno de propagación lenta de micro grietas que probablemente sean estables ante cargas sostenidas. Aunque no se observan grietas abiertas, se presenta un proceso de filtración de las placas que indica una falla del sistema de impermeabilidad de las mismas a través de todos los niveles investigados, y estos humedecimientos y secado potencialmente provocan una propagación rápida de grietas, grietas por cambios de temperatura y rigidez entre placas y vigas existentes que es probable que esté en proceso acelerado en las pisos de los niveles más altos.

Adicionalmente se observa un proceso de agrietamiento muy importante con grietas abiertas en muros de fachada, especialmente en la fachada frontal y la lateral izquierda, al igual que el tanque elevado sobre la cubierta abovedada, las cuales presentan grietas abiertas en los pisos 3 y 4, además de las grietas en elementos adheridos en fachadas como los baldosines, los cuales son potencialmente peligrosos por su efecto de caída sobre los peatones que transitan en los alrededores de la edificación en estudio. Estos muros presentan manchas típicas de humedecimiento, indicando que el proceso de deterioro es el humedecimiento-secado y la pérdida de impermeabilidad del elemento. Consecuentemente, los cambios de temperatura han provocado la formación de grietas y la mayor concentración de humedad ante grietas abiertas.

La estructura presenta muchas divisiones internas en madera, la cual ha mostrado niveles de deterioro muy variables. Sin embargo, como proceso de deterioro de los elementos que conforman las divisiones internas por piso, estas divisiones en madera presentan pudrición, y crecimiento de hongos y

bacterias que lo hacen poco aptos para ser reparadas. Se estima que el 50% al 70% de las divisiones en madera existentes y/o que recubren las columnas, cielo raso y mobiliario en general está en regular a mal estado y debe ser considerado como elementos a demoler y rediseñados, actualizando estas divisiones, para ser considerados en la modelación estructural.

Finalmente, la estructura presenta zonas que no han sido completamente accesibles debido a su uso actual como bodega.

### **7. VULNERABILIDAD SISMICA**

El cálculo de las fuerzas sísmicas sobre la estructura se realiza de acuerdo a lo que establece el capítulo A.5 de la NSR-10 METODO DEL ANALISIS DINAMICO, analizando el comportamiento de la estructura del Edificio de las Antiguas Empresas Publicas bajo el efecto de un posible sismo.

Estos movimientos sísmicos, presentados por la norma a través de una serie de *acelerogramas* o espectros que relacionan la aceleración y el periodo de la edificación, se encuentran definidos a partir de la aceleración pico efectiva y de la velocidad pico efectiva, los cuales se identifican en la norma por los parámetros **A<sub>a</sub>** y **A<sub>v</sub>** respectivamente, para una probabilidad del 10% de ser excedidos en un tiempo de 50 años. El valor de dichos parámetros puede ser determinado de acuerdo con las secciones A.2.2.2 y A.2.2.3 de la NSR-10. Ver Tabla 1.

Adicionalmente la NSR-10 permite, de acuerdo con el CAPÍTULO A.10, determinar la vulnerabilidad de las estructuras construidas antes de la vigencia de dicha norma con un espectro reducido basado en movimientos sísmicos con seguridad limitada; los cuales se definen para una probabilidad del 20% de ser excedidos en un lapso de cincuenta años, en función de la aceleración pico efectiva



## Historia Clínica del Edificio de las Antiguas Empresas Públicas de Cartagena.

reducida, representada por el parámetro  $A_e$ , cuyo valor se determina de acuerdo con las secciones A.10.3.2 y A.10.3.3 del reglamento., está basándonos en lo establecido en lo descrito en A.10.9.2.3, numeral (b). y aceptado por el propietario.

A continuación, se exponen una serie de parámetros importantes para el cálculo de las fuerzas sísmicas. Los valores para estos parámetros dependerán de las zonas de amenaza sísmica que estipula la norma y se obtienen determinando el número de la región donde está ubicada la estructura usando las tablas correspondientes de la NSR-10. Tabla 1. Valores de  $A_a$  y  $A_v$  según las regiones de las figuras A.2.3-2 y A.2.3-3 (NSR-10) se reemplazaran por los valores de  $A_e$  de la Tabla A.10.3-2 según la región donde se ubique la estructura a analizar. (INGENIERIA, 2012)

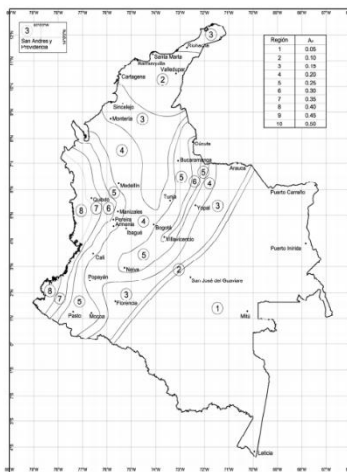


Figura A.2.3-3 - Mapa de valores de  $A_v$ .

**Tabla A.2.2-1**  
Valores de  $A_a$  y de  $A_v$ , según las regiones  
De los mapas de las figuras A.2.3-2 Y A.2.3-3

Región N°	Valor de $A_a$ o de $A_v$
10	0.50
9	0.45
8	0.40
7	0.35
6	0.30
5	0.25
4	0.20
3	0.15
2	0.10
1	0.05

Fuente. NSR-10. Tabla

De acuerdo a la NSR-10 se debe determinarse si la edificación en su estado actual está en capacidad de resistir adecuadamente las cargas prescritas por el presente Reglamento y las diferentes sollicitaciones que ésta exige, utilizando los siguientes criterios.

- ❖ Movimientos sísmicos para un nivel de seguridad equivalente al de una edificación nueva.
- ❖ Movimientos sísmicos para un nivel de seguridad limitada.
- ❖ Clasificación del sistema estructural.
- ❖ Coeficiente de capacidad de disipación de energía,  $R'$ .

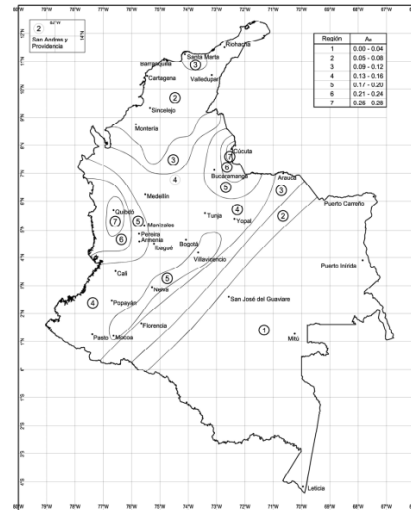


Figura A.10.3-1 — Mapa de valores de  $A_a$ .

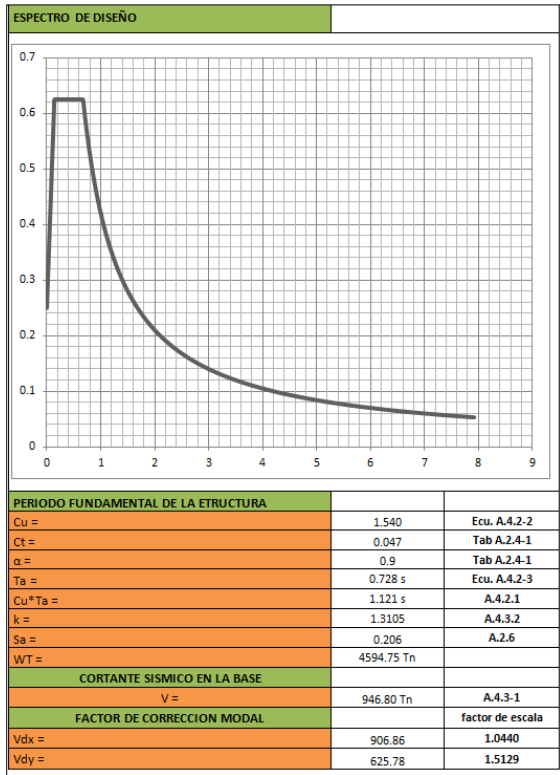
Nota: Las regiones representan rangos de valores. Debe consultarse el Apéndice A-4 para determinar el valor de  $A_a$  en cada municipio.

### 7.1 Parámetros sísmicos de la edificación

DATOS DEL PROYECTO		
DATOS DE ENTRADA		REF. en la NSR-10
DEPARTAMENTO =	Bolívar	
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA =	Cartagena	CAP. A.2
GRUPO DE USO =	I	A.2.5.1.4
TIPO DE SUELO =	E (Suelos de criterio de la onda cortante)	Tabla A.2.4-1
SISTEMA ESTRUCTURAL =	SISTEMA DE PÓRTICO RESISTENTE A MOMENTOS	A.3.2.1.3
MATERIAL =	CONCRETO ESTRUCTURAL	
NUMERO DE PISOS =	6	
ALTURA TOTAL =	21.00 m	
Capacidad de Disipación de Energía:	DMO	
Coefficiente de Capacidad de Disipación de Energía Básico (RD):	5	Tab A.3-3
Coefficiente de Reducción (da):	1	Tab A.3-7
Coefficiente de Reducción (dp):	1	Tab A.3-6
Coefficiente de Reducción (dr):	0.9	A.3.3.8
Energía de Diseño (R = da * dp * dr * RD):	4.5	A.3.3-1
Energía de Diseño Por Vulnerabilidad R' :	3.4	A.10.4.2.4 - C
MÉTODO DE ANÁLISIS		
MÉTODO DE ANÁLISIS A UTILIZAR =	Método del análisis dinámico elástico	A.3.4.2.2
DEFINICIÓN DE LOS MOVIMIENTOS SÍSMICOS		
COEFICIENTE DE IMPORTANCIA (I) =	1.1	Tab A.2.5-1
ZONA DE AMENAZA SÍSMICA =	Baja	Fig. A.2.3-1
ACELERACIÓN PICO EFECTIVA (Aa-Ae) =	0.05	Fig. A.2.3-2
VELOCIDAD PICO EFECTIVA (Av-Ae) =	0.05	Fig. A.2.3-3
COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN (Fa) =	2.5	Tab A.2.4-3
COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN (Fv) =	3.5	Tab A.2.4-4
PERIODOS DE VIBRACION		
Tc =	0.67 s	A.2.6.1.1
Tl =	8.40 s	A.2.6.1.2
To =	0.14 s	A.2.6.1.3



## 7.2 Espectro Sísmico de Respuesta

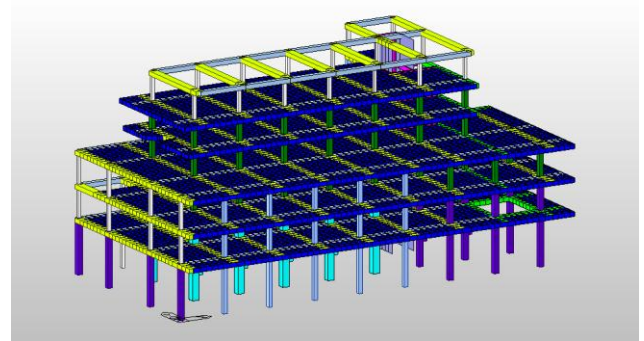


## 7.5 Calculo de Índices de Flexibilidad

INDICE DE FLEXIBILIDAD POR PISO						
NIVEL	Deriva del Análisis		Deriva Según NSR-10		Índice de Flexibilidad	
	δx	δy	δx	δy	X	Y
6	0.0032	0.0013	0.03	0.03	0.1078	0.0422
5	0.0031	0.0046	0.0279	0.0279	0.1118	0.1644
4	0.0034	0.0037	0.0282	0.0282	0.1207	0.1295
3	0.0039	0.006	0.0337	0.0337	0.1162	0.177
2	0.0038	0.0052	0.034	0.034	0.1107	0.154
1	0.0031	0.0048	0.0562	0.0562	0.0554	0.0855
Índice de Flexibilidad de la Estructura (%)				17.7		

## 7.6 Modelo Estructural Tridimensional

### MODELO MATEMATICO DEL EDIFICIO



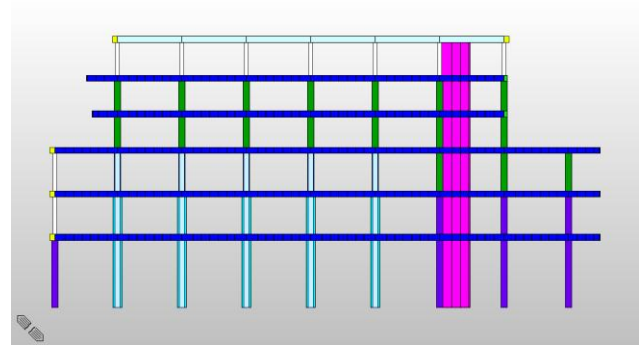
VISTA ISOMETRICA

## 7.3 Distribución de Fuerzas Sísmicas

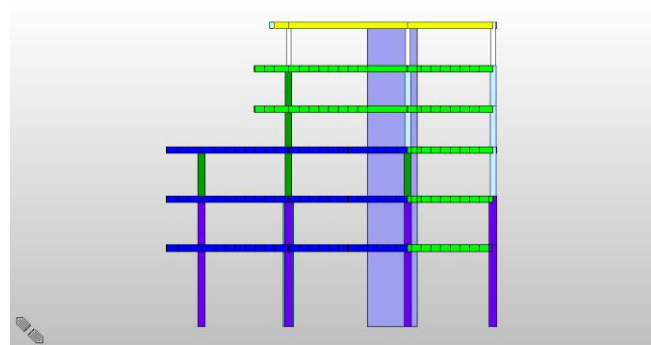
CORTANTE							
NIVEL	ALTURA, ha	PESO, W	h <sup>3</sup>	W <sup>3</sup> /h	Cv	Fuerza	S Fuerza
SISMICOS	(m)	(Tn)	(m <sup>3</sup> )	(Tn-m)	(%)	(Tn)	(Tn)
6	21	198.266	54.049	10716.038	0.1	90.441	90.441
5	18	515.959	44.162	22785.919	0.2	192.309	282.75
4	15.21	511.241	35.416	18105.969	0.16	152.811	435.56
3	12.39	1092.918	27.072	29585.036	0.26	249.692	685.252
2	9.02	1105.687	17.857	19744.362	0.18	166.638	851.59
1	5.62	1170.683	9.606	11245.499	0.1	94.91	946.8
S=		4594.8		112182.8	1	946.8	

## 7.4 Análisis de Derivas de Piso

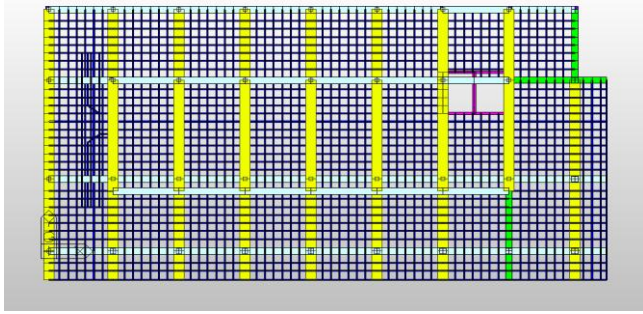
NIVEL	DERIVAS							CHEKEO	
	Desplazamiento		Delta		deriva		EN X	EN Y	
SISMICOS	x(m)	y(m)	Δx	Δy	δx	δy			
6	0.0715	0.0918	0.0097	0.0038	0.0032	0.0013	ok	ok	
5	0.0618	0.088	0.0087	0.0128	0.0031	0.0046	ok	ok	
4	0.0531	0.0752	0.0096	0.0103	0.0034	0.0037	ok	ok	
3	0.0435	0.0649	0.0132	0.0201	0.0039	0.006	ok	ok	
2	0.0303	0.0448	0.0128	0.0178	0.0038	0.0052	ok	ok	
1	0.0175	0.027	0.0175	0.027	0.0031	0.0048	ok	ok	



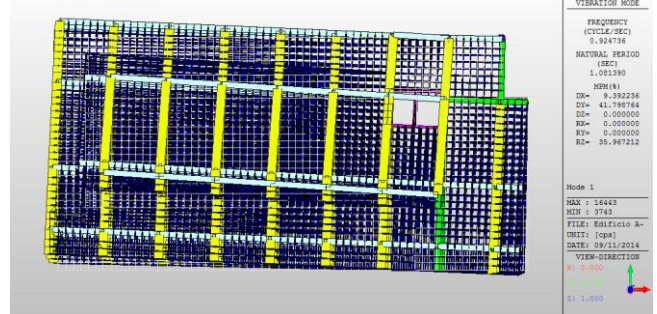
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

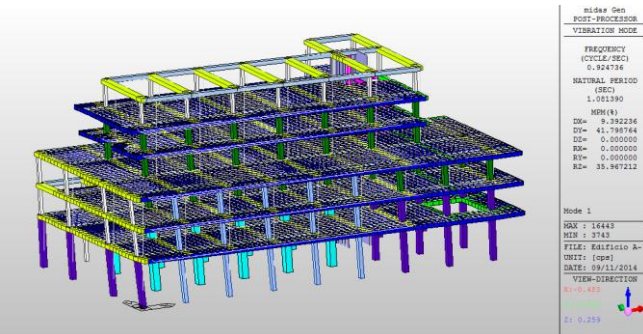


VISTA EN PLANTA



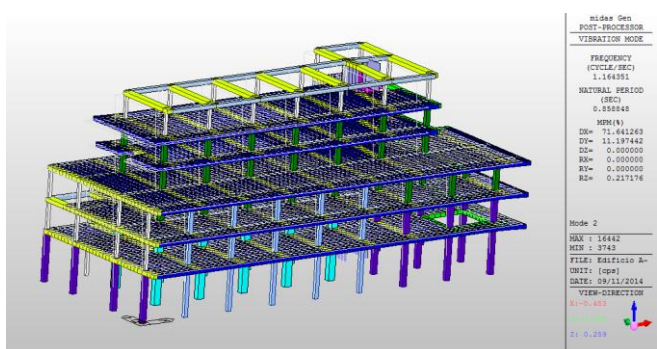
VISTA EN PLANTA

1<sup>er</sup> MODO DE VIBRACION DE LA ESTRUCTURA

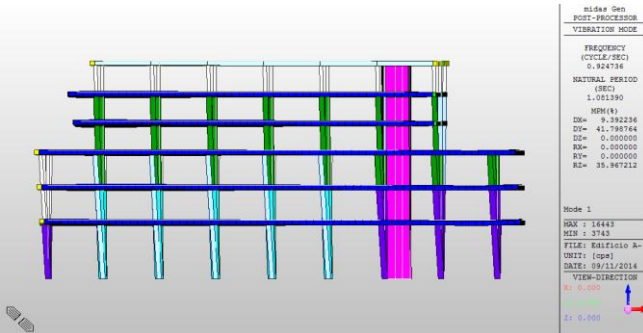


VISTA ISOMETRICA

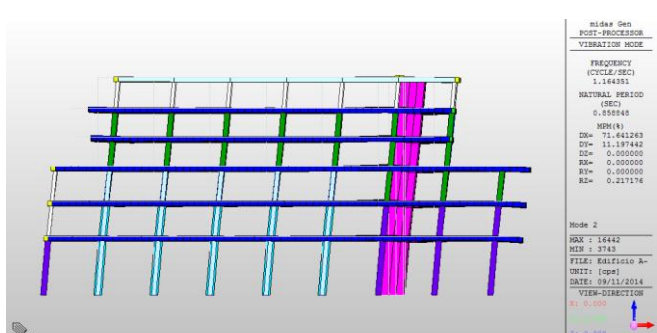
2<sup>do</sup> MODO DE VIBRACION 2 DE LA ESTRUCTURA



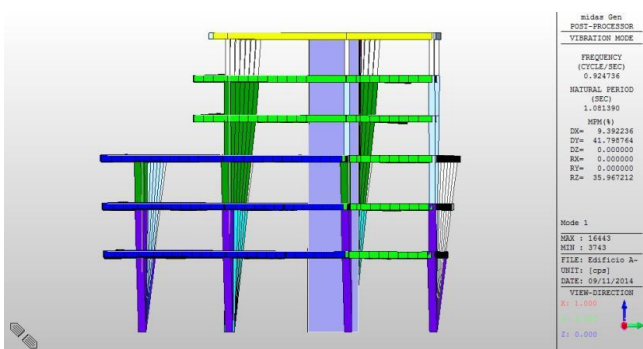
VISTA ISOMETRICA



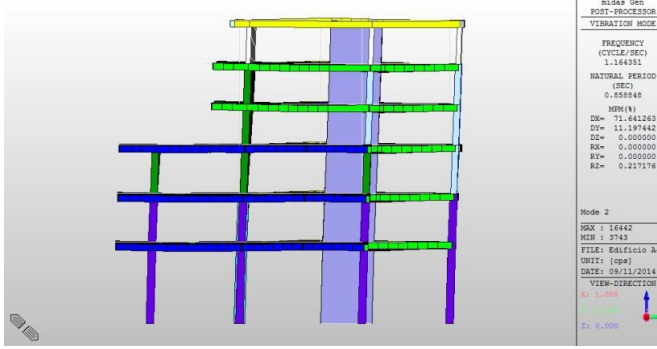
VISTA FRONTAL



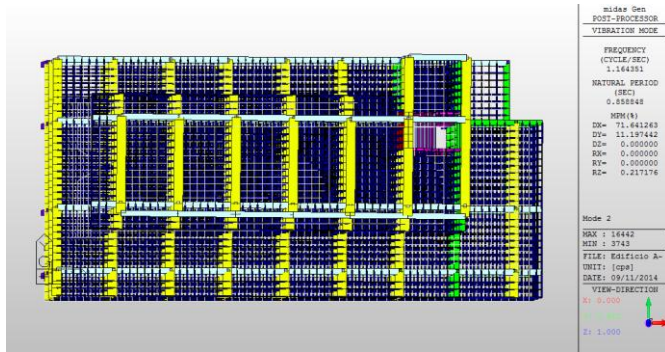
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA LATERAL



VISTA EN PLANTA

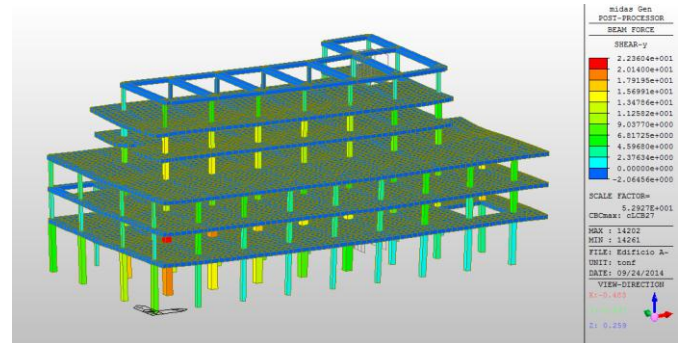


Ilustración 2 shear y

De acuerdo a lo que prescribe la NSR-10 en el título A.4.2.1 donde establece que el valor de T, calculado a partir de las propiedades del sistema de resistencia sísmica, de acuerdo con los principios de la dinámica estructural utilizando un modelo matemático elástico o mediante la ecuación A.4.2-1, no puede exceder  $C_u T_a$ . (INGENIERIA, 2012)

De lo anteriormente expuesto se tiene que el valor de T por medio de la modelación matemática es 1.0813 seg. Y por teoría es 1.121 seg, lo cual cumple que  $C_u T_a > T$ .

Diagrama general de la estructura bajo esfuerzos de compresión.

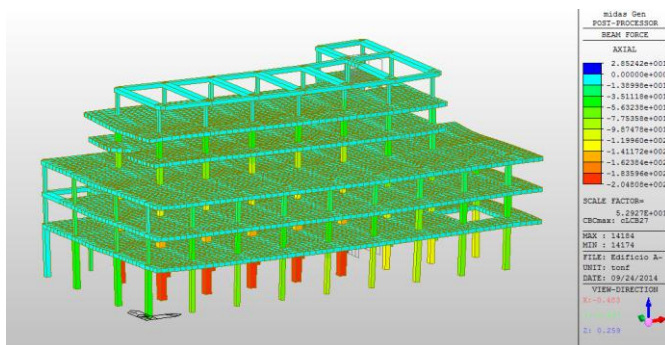


Ilustración 1 Beam Forceiso

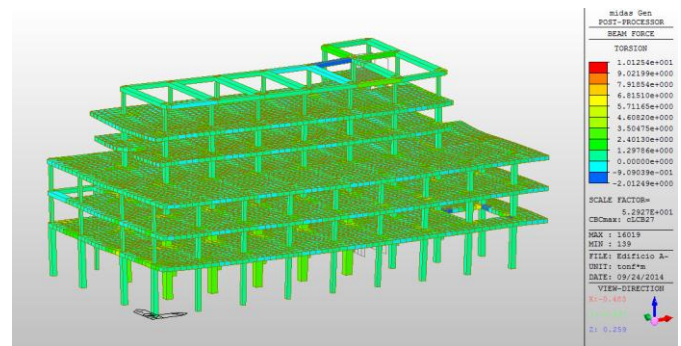


Ilustración 3 Torsión

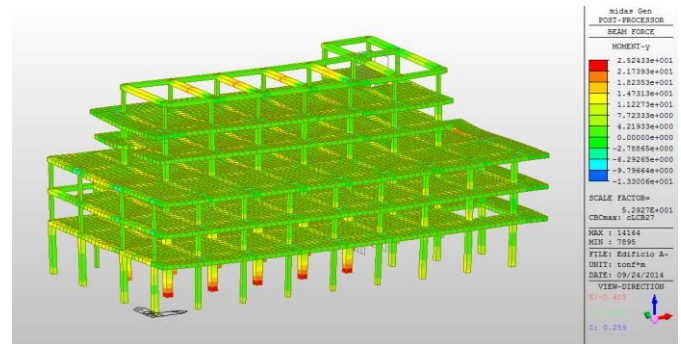


Ilustración 4 Momento en y

8.1 Cálculo de Índices de Sobresfuerzos

8.1.1 Calificación del Sistema estructural de Resistencia

Calidad del Diseño y la Construcción, o del estado			
$\phi_e \phi_c$	Buena	Regular	Mala
	1.0	0.8	0.6

Tabla A.10.4-1. NSR-10

Calidad del Diseño y la Construcción	Regular
$\phi_e \phi_c$	0.8



### 8.1.2 Índices de Sobresfuerzos

El índice de sobreesfuerzo del edificio es 2.27 y supera la unidad lo indica que la estructura hay que reforzarla en los elementos indicados en los planos de reforzamiento de la estructura.

## 9. CONCLUSIONES Y EVALUACIONES GENERALES

En general, la estructura presenta un sistema de vigas en dos direcciones con placa aligerada y columnas como sistema estructural.

Como principal mecanismo de deterioro, se ha reconocido la lixiviación por aguas blandas y consecuentemente las reparaciones deben ser llevadas a contrarrestar la fácil percolación de aguas lluvias sobre el sistema de placas vigas y columnas.

Como recomendación, se deben retirar las zonas que presentan el crecimiento de hongos, algas y microorganismos sobre las placas y las uniones con las columnas a fin de mejorar y restituir la resistencia de los concretos en placas, vigas y su unión con las columnas, que presenten reblandecimiento.

Igualmente, es necesario intervenir las placas de piso con el fin de colocar aceros que eviten la formación y propagación de grietas por cambios de temperatura que actualmente permiten la filtración de aguas a través de las placas hasta el primer piso.

Los elementos que conforman los cielos rasos sobre la zona de escaleras y ascensores, están contruidos con estructuras en madera como soporte; actualmente son susceptibles a pudrición y potencialmente pueden desprenderse ante efectos sísmicos o por la continua percolación y efecto de humedecimiento-secado de la madera. Es recomendable, que estos elementos sean cambiados por otros que representen mayor seguridad de uso y menor riesgo de daño ante una eventual caída por fallas en su estructura de soporte. Es

decir, se recomienda demoler y rediseñar los cielos rasos existentes en esta zona de la edificación, ya que esta edificación será de uso estatal,

Las placas actualmente expuestas directamente a los efectos de la intemperie, como la placa del segundo nivel, la planta de cubierta y el sistema de cubierta abovedado, deben ser intervenidas para que presenten una menor resistencia a los cambios de temperatura. Estos pueden ser definidos mediante la demolición de la placa y refuerzo para estos efectos y/o la presencia de membranas impermeables que eviten la infiltración de las aguas a través de ellas. Se recomienda una solución que conlleve la intervención de estas dos variables.

Finalmente, los muros que conforman las fachadas laterales presentan una alta permeabilidad ante aguas lluvias por su grado de agrietamiento y por la cantidad de ventanas que presentan las fachadas de la edificación. Estos elementos deben ser intervenidos y diseñados para evitar la formación de grietas por cambios de humedad y temperatura que actualmente están provocando un agrietamiento cada vez más acelerada a nivel de fachadas, especialmente en las zonas de construcción de muros que soportan las ventanas.

Esta recomendación implica la cuantificación de los muros de fachada con el fin de medir cuales deben ser demolidos y cuáles pueden ser reparados sin llegar a la demolición total de los mismos. Igualmente, se deben cambiar los baldosines que conforman parte de la fachada por otros elementos que no presenten desprendimientos y conlleven un peligro para los peatones en la zona de afectación de la edificación.

## 10. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

La edificación en general se encuentra en un estado **regular**, pero anotándose que los efectos de corrosión del acero de refuerzo no se han iniciado aun, y que las lesiones presentes están afectando en mayor porcentaje la apariencia y la funcionalidad de la edificación, por lo que las intervenciones



desde el punto de vista patológicos corresponderán a la **Rehabilitación de la edificación**, incluyendo en esta el reforzamiento de puntos específicos de la misma para su actualización Normativa a la NSR-10.

### **10.1 Sistema Estructural de Resistencia**

Estructuralmente, la edificación debe ser reforzada en algunos puntos, ya que su evaluación ante las solicitaciones sísmicas establecidas en la NSR-10 capítulo A.10, para edificaciones construidas antes del decreto 1400 de 1984 y dado que el propietario de la edificación contempla la intervención para un nivel de seguridad limitada, el sistema estructural se intervendrá reforzando las vigas en las zonas donde el refuerzo investigado No es suficiente para soportar las solicitaciones exigidas por la norma.

Esta intervención corresponde a la ampliación de sección y adición de refuerzo en las zonas de las vigas donde sea necesaria, esto se realizara por medio de fijación de nuevos refuerzos a través del sistema de anclajes epóxicos tipo Sikadur 42-Anclaje y puente de adherencia Sikadur 32 Gel para conexión con los concretos nuevos.

El sistema de columnas debe ser intervenido para reforzar algunos elementos que están siendo solicitados más allá de su capacidad, esto se realizara por medio de encamisado de columnas hasta los niveles donde sea necesario. Ver detalles en planos

### **10.2 Elementos No estructurales**

Los muros con grietas abiertas deben ser reparados y reconfortados para volver a sus condiciones de impermeabilidad y confinamiento que asegure una durabilidad adecuada al uso, esto se realizara por medio de remoción del pañete existente en los muros y reparando las grietas, por medio de sistema de cosido y pañetando nuevamente las superficies con morteros especificados para disminuir la permeabilidad. Ver detalles en planos

### **10.3 Acabados de Fachadas**

Debe ser retirado de las fachadas exteriores todo tipo de baldosines que puedan desprenderse y convertirse en elementos que caigan sobre peatones con posibilidad de causar daño, los faltantes deben ser instalados para cubrir las áreas de acabados y la totalidad de estos elementos de fachada deben ser protegidos con productos hidrófugos Tipo Sika Transparente que permitan aislarlos de la humedad

### **10.4 Sistema de Cubierta**

La placa de cubierta abovedada requiere que se le coloque nuevamente la impermeabilización; esto implica un retiro del sistema actual de impermeabilización en la totalidad del área de cubierta, esta incluye la demolición del mortero de recubrimiento que se encuentra agrietado y volver a colocar una impermeabilización para la placa abovedada, la cual estructuralmente NO presenta en la actualidad carbonatación sobre el concreto pero si del mortero de recubrimiento.

Los puntos de desagüe de la cubierta deben ser destapados y la plantilla de nivelación impermeable debe disponer de una pendiente adecuada para una evacuación rápida y eficiente para evitar empozamientos sobre esta cubierta.

### **10.5 Losa de Sexto Piso**

Se requiere arrancar todo tipo de vegetación sobre la placa de cubierta, realizando un desprendimiento de todas las baldosas, curando las zonas sobre las cuales se detectó vegetación y reparando la placa en el espesor total de la misma. Además, el piso cerámico existente debe ser modificado por un piso que soporte los cambios de temperatura ya que esta placa queda a la intemperie y actualmente los baldosines existentes presentan levantamientos locales debido no solo a raíces sino a efectos de cambios térmicos no contemplados por diseños. Dado que esta área también está expuesta a las condiciones ambientales se recomienda impermeabilizar todas las áreas de corredores perimetrales y determinar un pendiente adecuado a los puntos de desagüe de la edificación



### **10.6 Cielo Raso de Losa**

Esta intervención se refiere al tratamiento que se dará a las superficies que presentan mohos y hongos, que básicamente corresponden a las plantas espejos de la cubierta abovedada, la planta espejo de la losa de los pisos sexto, quinto y cuarto y algunas paredes, para la limpieza de estas superficies se dispondrá del proceso de lavado a presión por medio de hidrolavadoras, teniendo en consideración que los elementos de pañete que se desprendan durante el proceso, deben ser restituido.

### **10.7 Mobiliario**

Los muebles, equipos de oficinas que se encuentran almacenados por todos los pisos, deben ser removidos ya que NO están aptos para el uso, por acumulación de polvo y humedad tanto en escritorios, como archivadores y muebles de madera.

### **10.8. Ventanera y alfajías**

Las ventanas de fachada y la alfajías que las soportan deben ser reemplazados por elementos nuevos que permitan garantizar la NO presencia de filtraciones, ya que los actuales presentan aislamientos y juntas por donde ingresa polvo y lluvia al interior de la edificación.

### **10.9. Instalaciones**

Las instalaciones tanto hidráulicas, como eléctricas están funcionando en la actualidad, más aun se anota que las lámparas en los niveles superiores al estar expuestas a la humedad se han oxidado por lo que sería conveniente pensar en un futuro en cambiarlas.

## **11. RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

A Continuación se presentan recomendaciones que se deben tener a la hora de la construcción de los elementos estructurales y de los no estructurales del edificio, previendo futuras apariciones de lesiones sobre la edificación.

Se evitara la formación de eflorescencias en los muros o placas que no tengan fisuras o grietas y que no sean susceptibles al volcamiento teniendo las siguientes prevenciones:

- a) Se Evitará el empleo de materiales con alto contenido de sales solubles. Se realizaran los ensayos necesarios al escoger los materiales de construcción. En los aglomerantes se puede adicionar cloruro cálcico durante el amasado (1 Kg por cada 50 Kg de cemento o cal) que absorbe la humedad y forma sulfato cálcico, menos soluble que los sulfatos alcalinos.
- b) Evitar la penetración de humedades en los muros mediante un proyecto apropiado y el empleo de aislantes eficaces.
- c) Evitar el uso de ladrillos porosos en contacto con piedra caliza, porque favorece la contaminación atmosférica como origen de las sales.
- d) Evitar un mojado excesivo de los materiales durante la construcción.
- e) Prever una aireación conveniente que evite la condensación del vapor de agua en las paredes de los cuartos de baño, salones, oficinas, etc. (con el propósito de evitar eflorescencias en los interiores.

Como las eflorescencias son debidos a infiltraciones que sufren las losas de los diferentes pisos debido a que la cubierta ha perdido su impermeabilización, deben eliminarse las humedades desde el origen para que desaparezcan las eflorescencias en placas, muros, vigas y columnas.

## **12. PROGRAMACION Y PRESUPUESTO**

Este se encuentra basado en la documentación resultado de la propuesta de intervención y las recomendaciones para el proceso de intervención.



### **13. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

Emmons, P. H. (2005). Manual Ilustrado de Reparación y Mantenimiento del Concreto. Mexico: Imcyc.

INGENIERIA, A. C. (2012). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Bogotá D.C., Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería.

INSTITUTE, A. C. (1963). Reglamento de las Construcciones de Concreto Reforzado (ACI 318-63). EE.UU: ACI.

Pereira, P. H.-F. (2003). Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigón (Repación, Refuerzo y Protección). Sao Paulo-Brasil: Red Rehabilitar CYTED XV.F.

Tommasi, G. D. (2000). El Riesgo Sismico en la Arquitectura Tradicional. Roma-Italia: Politecnico de Bari.

Ulsamer, F. (1955). Las Humedades en la Construcción . Barcelona - España: Ediciones Ceac/Perú 164/Barcelona 20/España.

Universidad Politecnica de Madrid. (1998). Patología y Técnicas de Intervención Elementos Estructurales. Madrid-España: Munilla-Lería.

Zanni, E. (2010). Patología de la Construcción y Restauo de Obras de Arquitectura. Buenos Aires-Argentina: Editorial Brujas.