



TPI TRABAJO PROFESIONAL INTEGRADO II

**Autores:**

ARQ.PAOLA DIAZ  
ING. JOHN E.SAAVEDRA  
ING. JOSE LUIS TRIANA

Especialización en Patologías de la Construcción,  
Universidad Santo Tomas

**Presentado A:**

ARQ. WALTER BARRETO

**Especialización Patología de la Construcción  
Septiembre 2020**



## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION .....	6
OBJETIVO GENERAL .....	6
OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
JUSTIFICACION .....	7
ALCANCE .....	8
METODOLOGÍA.....	8
HISTORIA CLINICA .....	9
DATOS ESPECIFICOS DEL ESTUDIO .....	9
Localización del proyecto.....	9
DATOS GENERALES DEL INMUEBLE O PACIENTE, SU CONTEXTO Y SU LOCALIZACION. ....	12
SISTEMA CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURAL .....	15
Cimentación:.....	15
Superestructura:.....	15
NORMATIVA ACTUAL QUE LO RIGE.....	17
DATOS GENERALES DEL ENTORNO .....	17
Edificaciones u obras vecinas.....	17
Medio Ambiente .....	18
Temperatura .....	18
Humedad relativa.....	18
ESTADO GENERAL DE LA CONSERVACION. ....	20
TOPOGRAFÍA.....	20
ARQUITECTURA planos arquitectónicos siniestrados. ....	21
CARACTERISTICAS Y PERFIL DE SUELO.....	23
DATOS SISMICOS. ....	23
Amenaza y Microzonificación Sísmica.....	23
Amenaza Por Inundación.....	24
Proceso De Remoción En Masa.....	24
FORMATOS DE RECOLECCION DE INSPECCION VISUAL fichas anexo ....	25

Estado y Lesiones Zona De Parquadero.....	26
Materiales .....	27
Deficiencia Por Composición Arquitectónica.....	27
INSPECCION VISUAL.....	30
LESIONES POR CORROSIÓN.....	30
LESIONES POR DESPRENDIMIENTO.....	30
LESIONES POR HUMEDAD.....	31
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....	31
EXPLORACION ACERO DE REFUERZO CON FERROSCAN .....	31
LIMITANTES.....	32
INTERPRETACIÓN SCAN .....	32
INTERPRETACIÓN QUICKSCAN.....	32
PROCEDIMIENTO DE ENSAYO.....	32
INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES .....	32
ENSAYO INDICE DE REBOTE.....	33
EVALUACIÓN RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO CON EL USO DEL ESCLERÓMETRO .....	33
ENSAYOS DESTRUCTIVOS.....	35
ENSAYO DE CARBONATACION.....	35
INTERPRETACIÓN DEL ENSAYO.....	35
RESULTADO DE ENSAYOS .....	36
Ensayo Ferroscan .....	36
Tabla 1. Análisis de recubrimiento ensayo Quickscan.....	36
Ensayo Esclerómetro .....	36
Tabla 2. Análisis resistencia a la compresión por medio de esclerómetro.....	36
Ensayo Carbonatación.....	37
Tabla 3. Análisis Frente de Carbonatación.....	37
ANALISIS INDIVIDUAL DE ENSAYOS.....	37
MATRIZ DE VULNERABILIDAD .....	38
Parámetros de Evaluación Matriz Sultana C.....	38
Análisis resultado de la matriz .....	39
DIAGNOSTICO .....	40
PROPUESTA DE INTERVENCION .....	42
ETAPA 1 .....	42

ETAPA 2 .....	43
DESCRIPCION DETALLADA DE LAS ACTIVIDADES .....	44
PREPARACION SUPERFICIE CHORRO DE ARENA HÚMEDA .....	44
APLICACIÓN INHIBIDOR DE CORROSION .....	44
APLICACIÓN PUENTE DE ADHERENCIA. ....	45
REFORZAMIENTO DE COLUMNAS .....	45
PRESUPUESTO DE INTERVENCION .....	46
CANTIDADES DE OBRA.....	46
PRESUPUESTO DE INTERVENCIÓN TORRE A .....	46
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS A.P.U .....	47
Bibliografía .....	48

## **INTRODUCCION**

El presente informe busca registrar y evaluar de las distintas lesiones y procesos patológicos, presentes en la zonade parqueaderos del conjunto residencial la Sultana C, este proceso se realizara siguiendo las pautas establecidas para un estudio patológico, recopilación de la información existente del paciente registros de los daños y caracterizando los materiales existentes para obtener como resultado final, las posibles causas de las fallas en la estructura y la manera en que afectan a la edificación. El registro de patologías se realizara en la edificación en cuestión, en las áreas de parqueaderos y zonas comunes, los resultados obtenidos se analizaran y técnicamente se planteara su relevancia y tipo de intervención.

## **OBJETIVO GENERAL**

Realizar un estudio patológico de la zona de parqueaderos de la agrupación la Sultana C, en la cual se contemple cada una de los procesos de investigación basados en pruebas técnico-científicas, que nos permitan llegar a un diagnóstico acertado sobre el conjunto de lesiones, daños y patología de la edificación, para poder establecer una solución eficiente de intervención, teniendo en cuenta los aspectos económicos, técnicos y estéticos necesarios.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Identificar información técnica contenida por la administración de la edificación y reconocer su estado actual.
- Realizar ensayos técnicos que nos permitan caracterizar los materiales presentes en la edificación y asociar sus resultados a las causas de las lesiones de la edificación.
- Proponer un concepto técnico patológico, basados en los conceptos teóricos, técnicos y la auscultación de la edificación, plantear una alternativa de intervención que garantice un balance entre el punto de vista técnico-constructivo y económico.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La edificación en cuestión se encuentra habitada en su totalidad, está constituida por 4 torres, y cuentan con un área común que obedece a la zona de parqueaderos y unas plataformas peatonales que intercomunican las torres.

El proyecto fue diseñado y construido por la Caja de Vivienda Militar en el año de 1985, desde la fecha de construcción hasta el día de hoy se han realizado mantenimientos rutinarios a nivel de fachadas, redes hidrosanitarias, impermeabilización de cubiertas, pero a nivel de estructura no se ha realizado ningún tipo de intervención.

El sector de parqueaderos se encuentra en primer nivel, este sector está expuesto perimetralmente a los agentes ambientales, además otro agravante son las emanaciones de dióxido de carbono de los vehículos, esta zona de la edificación se ha visto afectada gradualmente por presencia de fisuras, fracturas a nivel de losas de contrapiso afectado la circulación de los vehículos, sumado a lo anterior se presentan manchas y escurrimientos en las columnas perimetrales, por último se observan fisuras y desprendimientos de concreto de recubrimiento en columnas, dejando aceros de refuerzo expuesto con un grado notorio de corrosión.

Como solución a esta problemática se plantea, la realización del estudio patológico desarrollando cada una de sus etapas, desde la historia clínica donde se recopile la información pertinente que permita tener las herramientas para la concepción de un acertado diagnóstico, posteriormente se procesa la información acopiada en la etapa de diagnóstico, planteando una hipótesis de mayor veracidad, de esta forma encaminar la información, ensayos y técnicas de estudio a la demostración de la hipótesis planteada sobre la enfermedad que aqueja al paciente.

Por último después de un acertado diagnóstico de la patología principal del paciente, proceder con la propuesta de intervención, presentado las herramientas necesarias para la rehabilitación de la edificación para devolverla a un estado aceptable desde el punto de vista funcional y estético garantizando la estabilidad y seguridad de la edificación.

## **JUSTIFICACION**

El conjunto residencial La Sultana C, cuenta con 140 apartamentos con un número promedio de 4 habitantes por apartamento, que en su mayoría personas de la tercera edad, pensionadas de las fuerzas militares, siendo en algunos de los casos el único patrimonio de las familias habitan el conjunto residencial y en vista que la mayoría de las lesiones desde la patología de

edificaciones, están concentradas en su totalidad en el primer nivel donde se ubican los parqueaderos y dichas lesiones están presentes en las columnas.

Es importante aclarar que las columnas son fundamentales en el desempeño sísmico de una edificación, por otra parte transmiten totalidad la carga de la edificación a la cimentación, además que esa carga se encuentra concentrada en las columnas del primer nivel, por lo tanto se requiere una intervención en dichos elementos estructurales, para restablecer las condiciones de servicio traducidas en un adecuado desempeño sísmico de la edificación.

No obstante la principal razón para la intervención del edificio es garantizar la Seguridad y salvaguardar la vida de los usuarios ante la probabilidad de un evento sísmico, teniendo claro que la ciudad de Bogotá se encuentra en zona de amenaza sísmica Intermedia, por esto se pretende evaluar la causa de las lesiones que vulneren el comportamiento de la edificación ante cargas de servicio.

Si bien no es posible plantear un reforzamiento integrando de toda la edificación debido a las limitantes por ser un ejercicio netamente académico, se busca devolver la edificación a condiciones ideales de habitabilidad y comportamiento previsto para la época que fue diseñado y construido.

## **ALCANCE**

El presente estudio buscar realiza el estudio patológico de la zona de parqueaderos de la agrupación la Sultana C, siguiendo las diferentes etapas que comprende un estudio patológico, basados conceptos técnicos ensayos técnicos, buscando conocer las causas y aspectos que generaron las lesiones y por ende el proceso patológico que afecta la edificación.

Dicho estudio se realiza verificando la información existente de la edificación, seguido de un trabajo de campo que consistirá en verificar e identificar lesiones y realización de ensayos para la caracterización de los materiales presentes en la construcción, la información recopilada y los resultados de los ensayos de campo, serán procesados en oficina donde se tipifican la lesiones y se plantea una hipótesis acerca del proceso patológico, concluyendo las posibles causas que generaron la patología.

Una vez sean establecidas las causas de la patología que presenta la edificación, se procede a la elaboración de una propuesta de reparación, reforzamiento o mantenimiento según aplique. La información recolectada y el respectivo análisis, conclusiones y recomendaciones resultado del estudio patológico están plasmados en el presente documento.

## **METODOLOGÍA**

Una vez planteada la problemática, se establece el paso a paso para dar solución a la problemática planteada, basados en los conocimientos teóricos adquiridos durante el proceso de aprendizaje se establecen las siguientes etapas:

1. **Historia Clínica:** En esta etapa se acopia información general del paciente, fecha de construcción, proyectista y constructor, investigación de documentación existente (planos Arquitectónicos, planos estructurales, planos de redes, memorias de cálculo y estudio de suelos). Se indaga sobre entorno, aspectos medioambientales, topografía, edificaciones vecinas e intervenciones realizadas a la edificación.
2. **Inspección Visual:** Esta etapa se realizó en campo donde se identifican una a una las lesiones presentes en zona de estudio, se realiza su respectivo registro fotográfico y descripción en campo su estado actual, seguido a este proceso se tipifican y localizan en la planta general.
3. **Auscultación del paciente:** Con el fin de caracterizar y determinar propiedades mecánicas y estado actual de los materiales presentes en la edificación, se realizan ensayos destructivos y no destructivos a los materiales encontrados en la construcción, dichos ensayos se realizan en los sectores y elementos involucrados en el proceso patológico.
4. **Diagnostico Patológico:** Una vez confrontada la información obtenida en las etapas anteriores, información general, exploración de campo y resultado de los ensayos, se establece la causa de las lesiones basados en los conocimientos teóricos y soportados con la información encontrada.
5. **Propuesta de intervención:** Por ultimo teniendo en cuenta las causas y la verificación de hipótesis planteada inicialmente, se evalúa y define el tipo de intervención ya sea de mantenimiento, reparación o reforzamiento el cual debe cumplir con las expectativas del cliente a nivel funcional, económico, estético

## HISTORIA CLINICA

## DATOS ESPECIFICOS DEL ESTUDIO

### Localización del proyecto

La agrupación la Sultana C está ubicada en la calle 131 A # 53B-91 de la ciudad de Bogotá, UPZ-19 - El Prado, Localidad 11 – SUBA



### Ilustración 1 Localización del proyecto Bogotá D.C.

Se presenta el requerimiento de este predio ya que se presentan algunas lesiones en su parqueadero como se evidencian en las siguientes imágenes:

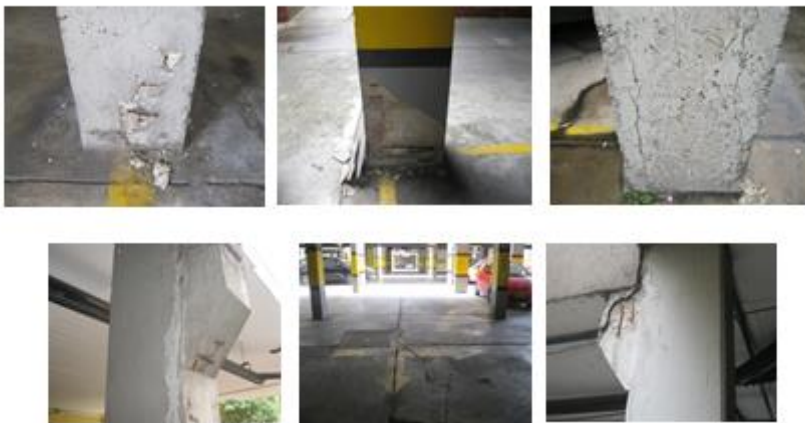
#### Uso Actual

El conjunto residencial La Sultana C, cuenta con 140 apartamentos con un número promedio de 4 habitantes por apartamento y su uso es netamente residencial.



**Ilustración 2 Vista área del proyecto.**

El proyecto se compone de 4 torres soportadas por una placa flotante que separa en nivel 1 del -1 en donde se encuentran los parqueaderos, lugar de estudio.



**Ilustración 3 Lesiones más prominentes en el paciente.**

## DATOS GENERALES DEL INMUEBLE O PACIENTE, SU CONTEXTO Y SU LOCALIZACION.



Ilustración 4 Contexto que rodea al Paciente.



Ilustración 5 Contexto inmediato.

El predio se encuentra ubicado en la localidad de suba y se encuentra rodeado por la autopista norte la calle 134 y la avenida Niza.

Y los lugares representativos que lo preseden son el country club por la 134 los cerros de suba hacia la Boyacá y el club recreo deportivo colsubsido.

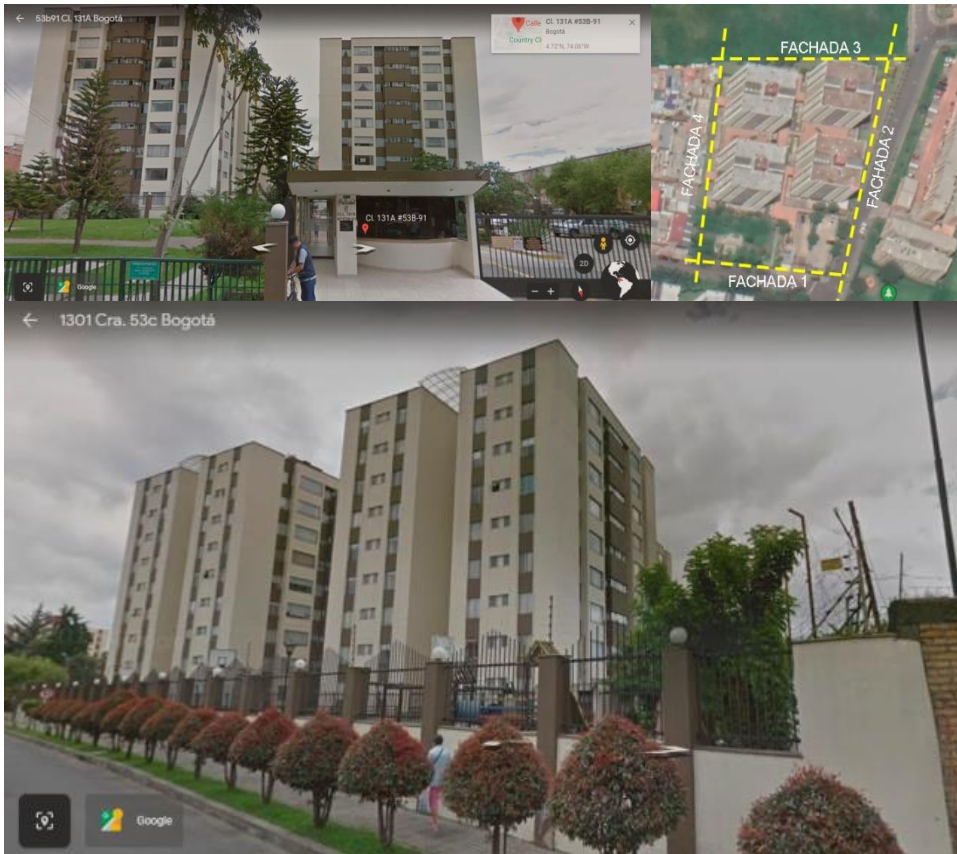
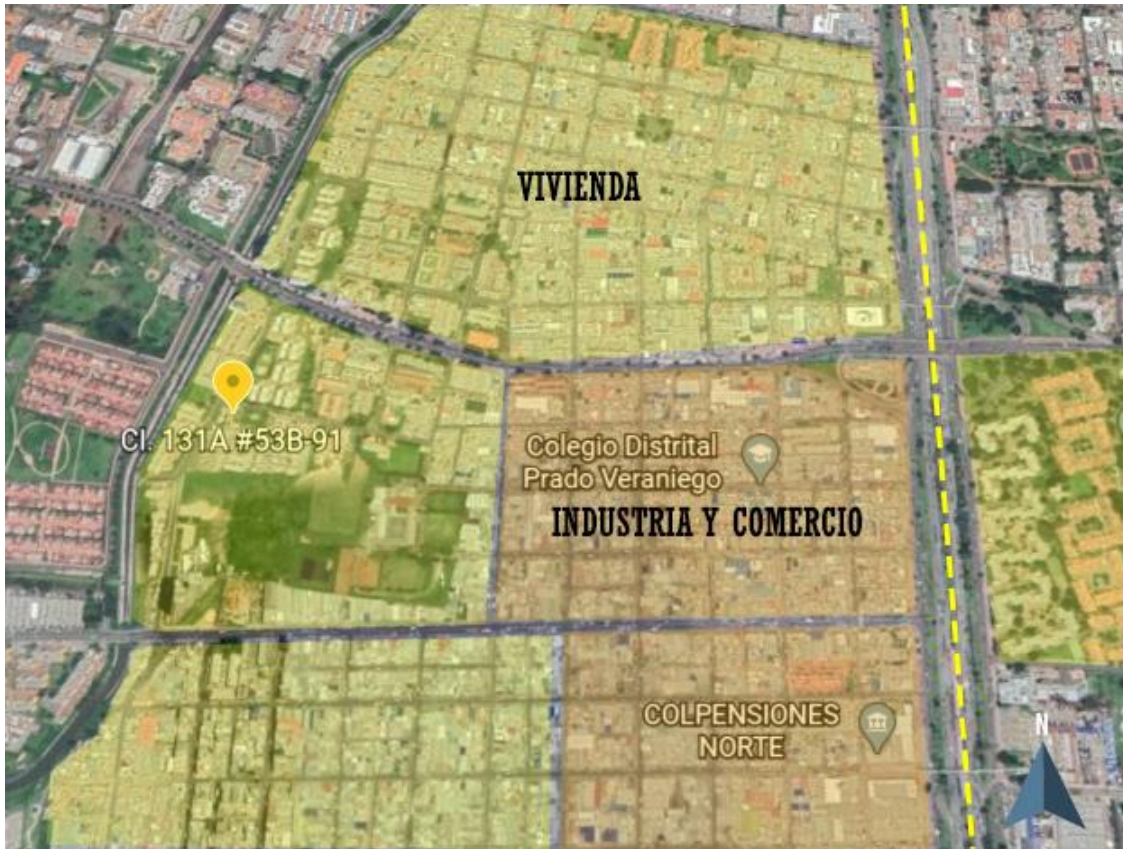


Ilustración 6 Fachadas del Paciente.



Ilustración 7 Tipología de edificaciones dentro de la manzana.



**Ilustración 8 Usos del suelo.**

Se evidencia que el paciente es el predio con más densificación dentro de la manzana y que prevalece el uso de vivienda de 1 y dos pisos en su misma manzana.



**Ilustración 9 Factores inmediatos que podrían afectar al paciente.**

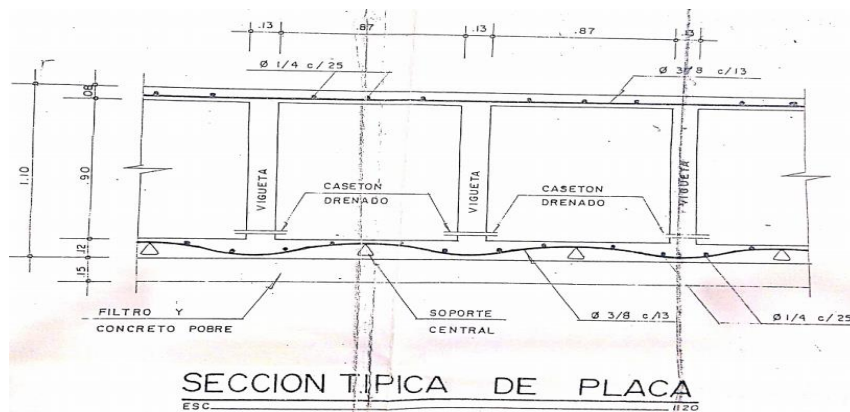
En cuanto al contexto inmediato que lo rodea tiene un lote valdío en la parte posterior el cual esta lleno de arboles, escombros, basura, etc. Lo cual puede afectar al paciente por presencia de roedores y aves; pero al mismo tiempo estos arboles funcionan como una barrera acustica aislando los ruidos de una industria de carpinteria que se encuentra a 100mt del paciente, tambien se ve afectado por los malos olores en invierno del canal Niza presente a una cuadra del pasiente.

## SISTEMA CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURAL

El sistema estructural consiste en pórticos a momento en concreto reforzado, el conjunto está constituido por 4 torres y plataformas de interconexión entre ellos, cada torre cuenta 9 pisos y un sótano.

### Cimentación:

Consiste según planos estructurales del año 1984 elaborados por la caja de vivienda militar, el proyecto cuenta con una losa de cimentación aligerada en concreto 1.10m de espesor (Ver **Ilustración 9**), apoyada sobre un concreto de pobre de 15cm de espesor, la losa de cimentación cuenta con viguetas 13cm de ancho, con casetones de 90cm de altura, la torta inferior de la losa es de 12cm y la superior de 8cm, la losa cuenta con drenaje de intercomunicación entre casetones.



**Ilustración 10** Sección típica losa de cimentación

### Superestructura:

El sistema es aporticado con columnas rectangulares que varían de sección a medida que incrementa la altura, estas columnas son de concreto reforzado con barras corrugadas y estribos de acero liso de acuerdo con la auscultación realizada.

Las placas de entrepiso son aligeradas con casetón, tienen una altura total de 35cm y una torta superior de 4cm y una inferior de 2.5cm (Ver **Ilustración 10**), las viguetas tienen una separación promedio de 60cm y un ancho de 10cm.

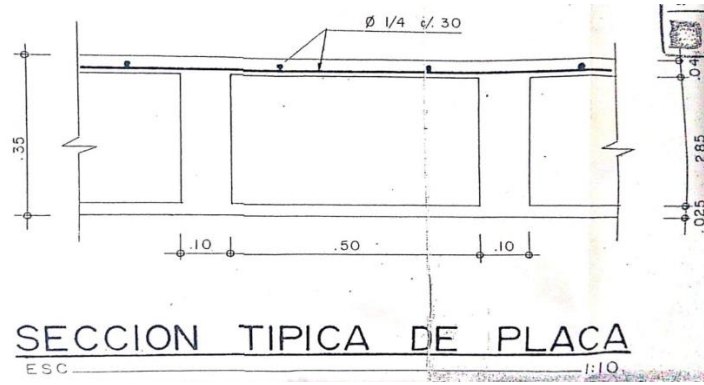


Ilustración 11 Sección típica losa de entre piso

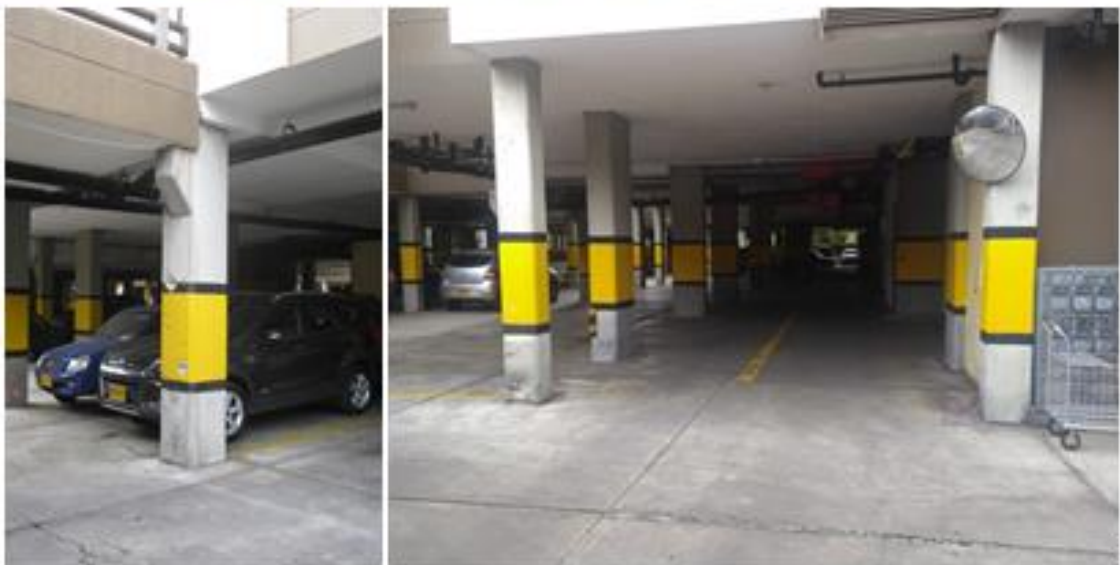


Ilustración 12 Súper estructura.

## NORMATIVA ACTUAL QUE LO RIGE

Teniendo en cuenta la fecha de construcción del paciente 1986, se asume que fue construido bajo los lineamientos que estableció la Ley 11 de 1983 para la normalizar las actividades de construcción sismo resistente en Colombia. Bajo la ley mencionada se dio origen a la primera norma colombiana de construcciones sismo resistente, mediante el Decreto 1400 del 7 de junio de 1984.

Esta norma es conocida con las siglas CCCSR-84 que corresponde a CÓDIGO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES.

En la actualidad el paciente bajo los criterios de la NSR10, obedece a los siguientes criterios de uso y amenaza sísmica:

**Coefficiente de importancia, I:** por ser una estructura de ocupación normal pertenece al grupo I definidos en NSR10 – A.2.5, el coeficiente de importancia se toma como edificación de grupo I correspondiendo un valor de **I= 1.0**.

**Coefficiente de aceleración pico efectiva, Aa:** De acuerdo al Apéndice A.4 de la NSR-10 para la ciudad de Bogotá está en una zona de amenaza sísmica Intermedia por lo tanto el valor Aa para el cálculo del espectro de diseño es **Aa=0.15**.

## DATOS GENERALES DEL ENTORNO

### Edificaciones u obras vecinas

La edificación colinda por el costado norte con la calle 131ª y a su vez con el conjunto residencial la Sultana B de características similares al proyecto en estudio pero diferente etapa, por el costado oriental la colindancia es con un grupo de viviendas de entre uno a cuatro pisos sin un urbanismo definido, por el costado occidental el proyecto colinda con la carrera 53c seguido del conjunto residencial portal de Iberia, por último en el costado sur colinda con una zona verde donde se proyecta a futuro un conjunto residencial.



**Ilustración 13 Ubicación del proyecto.**

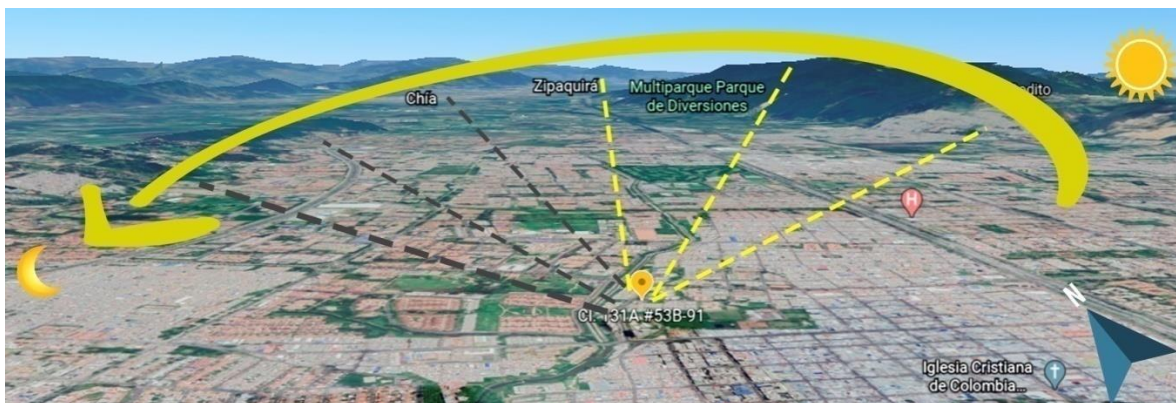
## Medio Ambiente

### Temperatura

El clima de Bogotá es frío de alta montaña debido a la altitud. La temperatura promedio es de 14°C. Suele hacer frío en las mañanas de 5°C a 7°C, la temperatura aumenta gradualmente hacia el mediodía cuando puede llegar a los 22°C en un día soleado y en los días lluviosos la temperatura máxima alcanza entre 16°C y 18°C. En el mes de enero se presentan una gran cantidad de heladas en las cuales la temperatura puede llegar a ser de -1°C en la madrugada, esto ocurre normalmente en la periferia de la ciudad.

### Humedad relativa

El índice de humedad para Bogotá que es la zona de influencia para nuestro paciente es de aproximadamente 80%.



**Ilustración 14 Grafica de Asoleación del paciente durante el día.**

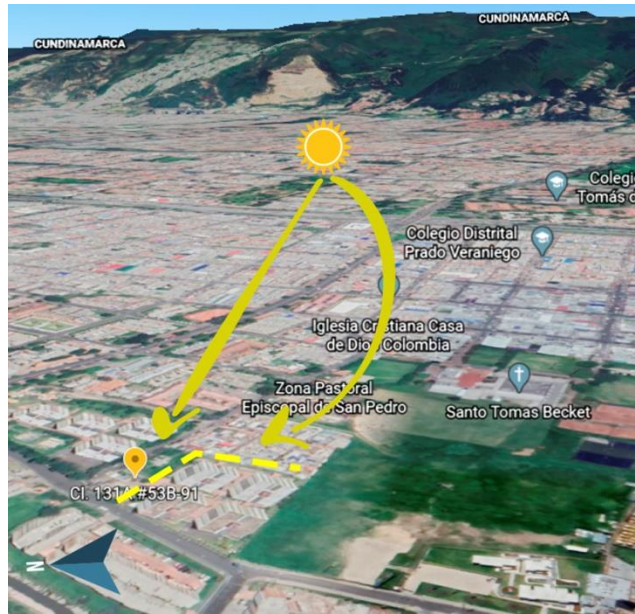


Ilustración 15 Afectación por la asoleación sobre el conjunto.



Ilustración 16 Afectación por Vientos y Monóxido de carbono.

## ESTADO GENERAL DE LA CONSERVACION.

El estado en general de la estructura es muy bueno las fachadas no presentan patologías a pesar de que recibe todo el viento del cerro y por ende el monóxido de carbono de todo el tráfico de la calle 134, en general la estructura no presenta asentamientos diferenciales.

La intervención a realizar es netamente preventiva, las lesiones a estudiar se encuentran en la parte del parqueadero en el nivel -3.10 en las columnas y placas pero el nivel de afectación no compromete la estabilidad de la edificación.



Ilustración 17 Parqueaderos.



## TOPOGRAFÍA

Su topografía no presenta ondulaciones prominentes ni depresiones, en general es un terreno plano en el que se implantan 4 edificaciones que comparten un mismo terreno y sótano con un nivel a -3.10mt sin amenaza de inundación, ni remoción de terreno por predios vecinos.

## ARQUITECTURA planos arquitectónicos siniestrados.

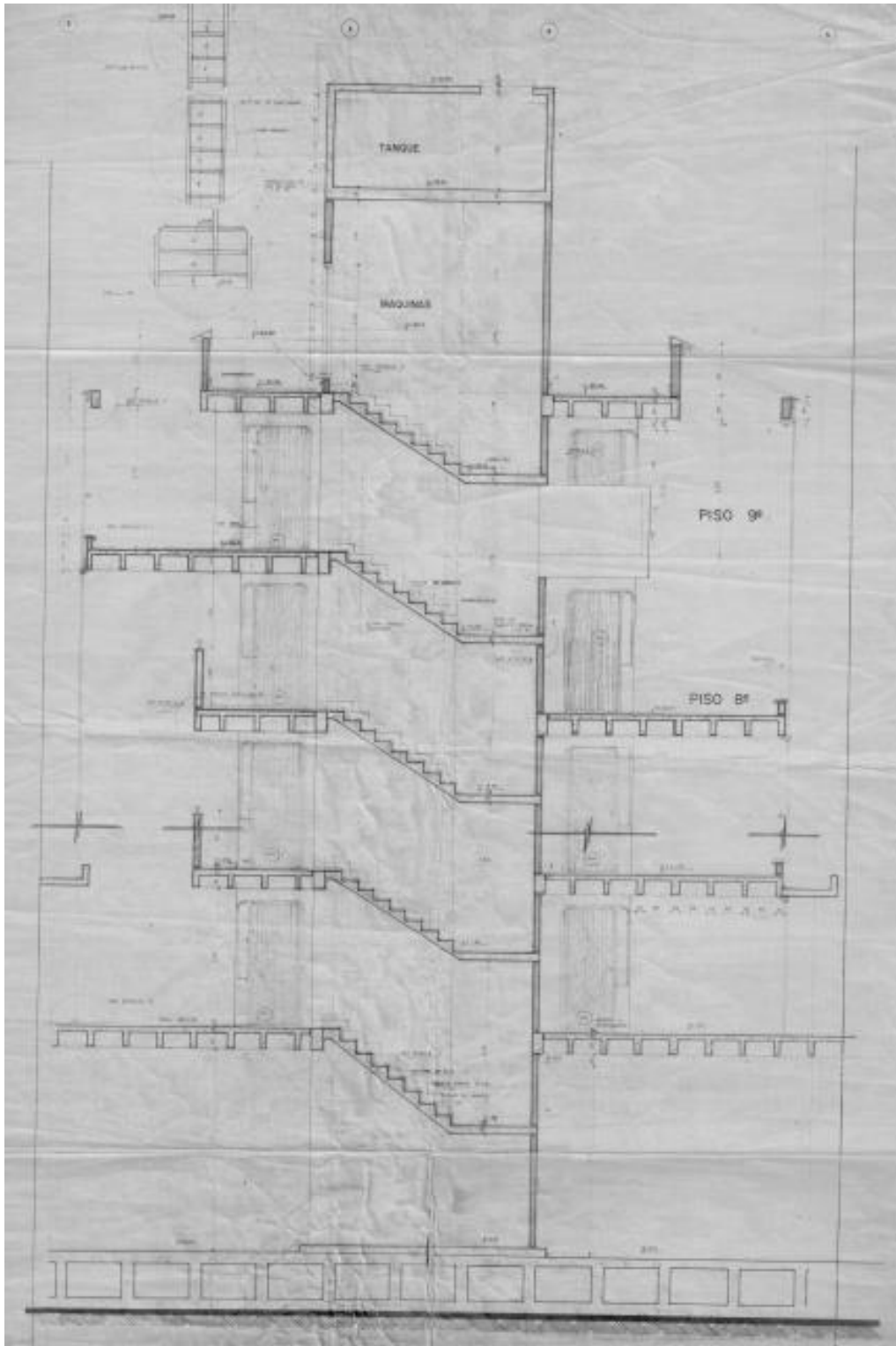


Ilustración 18 Corte punto fijo.

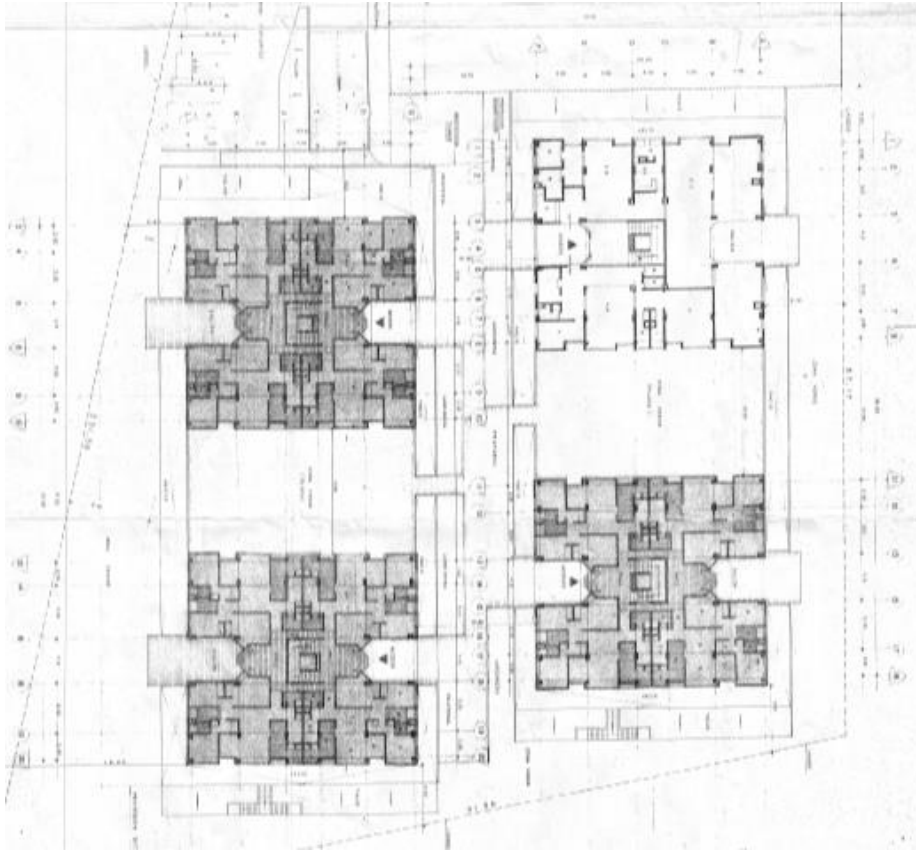


Ilustración 19 Sector C Planta 1.

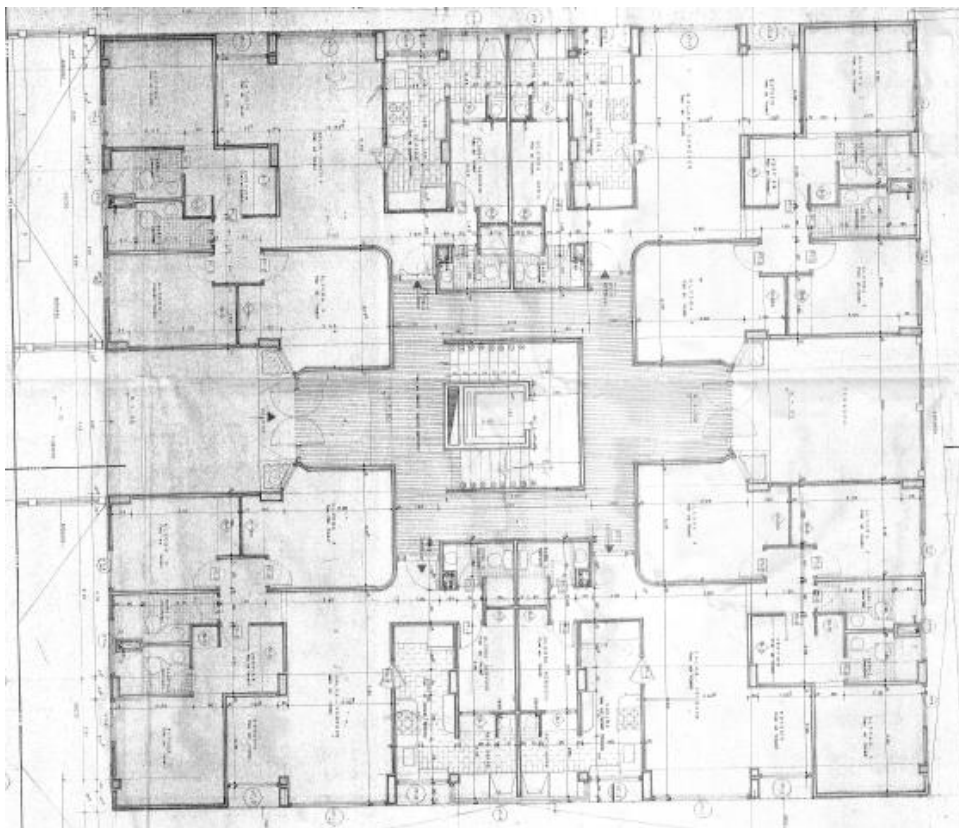


Ilustración 20 Torre A Planta 1 piso

## CARACTERISTICAS Y PERFIL DE SUELO

De acuerdo a la micro zonificación sísmica de Bogotá (decreto 523 de 2010) el sector del estudio se encuentra localizado en una zona de perfil de **tipo F**, en la zona de microzonificación correspondiente a **LACUSTRE 200**.

- **Geotecnia:** Suelo lacustre muy blando.
- **Geología:** Terraza alta y Lacustre.
- **Geomorfología:** Planicie.
- **Composición General:** Arcillas limosas muy blandas
- **Comportamiento General:** Suelos de muy baja a media capacidad portante y muy compresibles.

## DATOS SISMICOS.

### Amenaza y Microzonificación Sísmica

Según las Normas Colombianas Sismo Resistentes NSR-10, la edificación se encuentra localizada en la ciudad de Bogotá que se encuentra en una zona clasificada como de amenaza sísmica Intermedia.

De acuerdo a la micro zonificación sísmica de Bogotá (decreto 523 de 2010) el sector donde se encuentra localizado el predio es una zona de microzonificación correspondiente al perfil **LACUSTRE 200** según lo establece el Decreto 523, predominando en estos suelos arcillosos.

A su vez, dentro de la clasificación por zonificación geotécnica el proyecto se localiza dentro de una zona clasificada como **LACUSTRE A**.

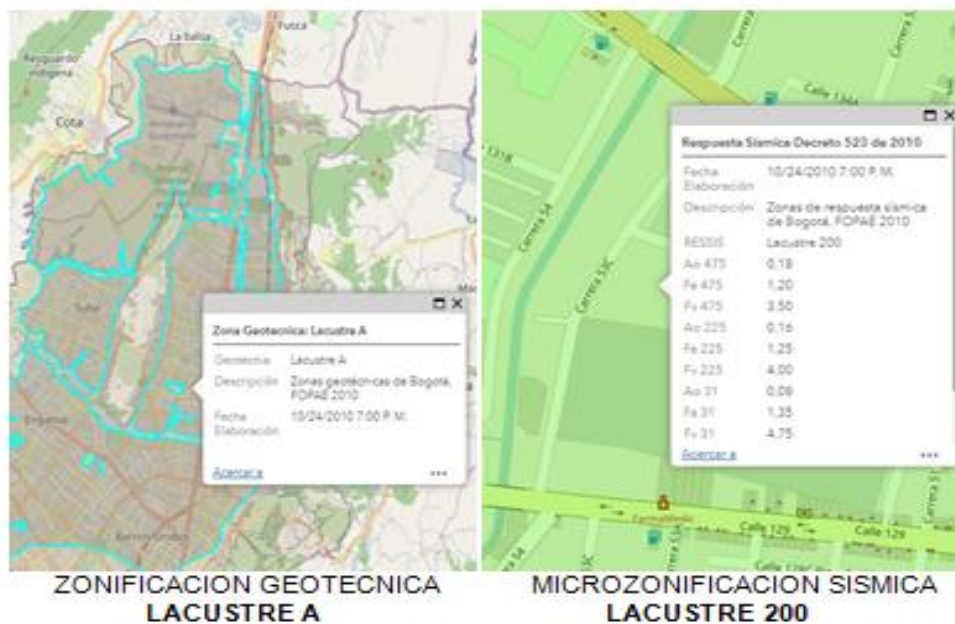


Ilustración 21 Amenaza y Microzonificación Sísmica

## Amenaza Por Inundación

No aplica amenaza por inundacion según Resolución 1060 de 2018

- Cuerpo de agua más cercano: Canal rio córdoba
- Vulnerabilidad torrencial: No aplica
- Amenaza por inundación: No aplica

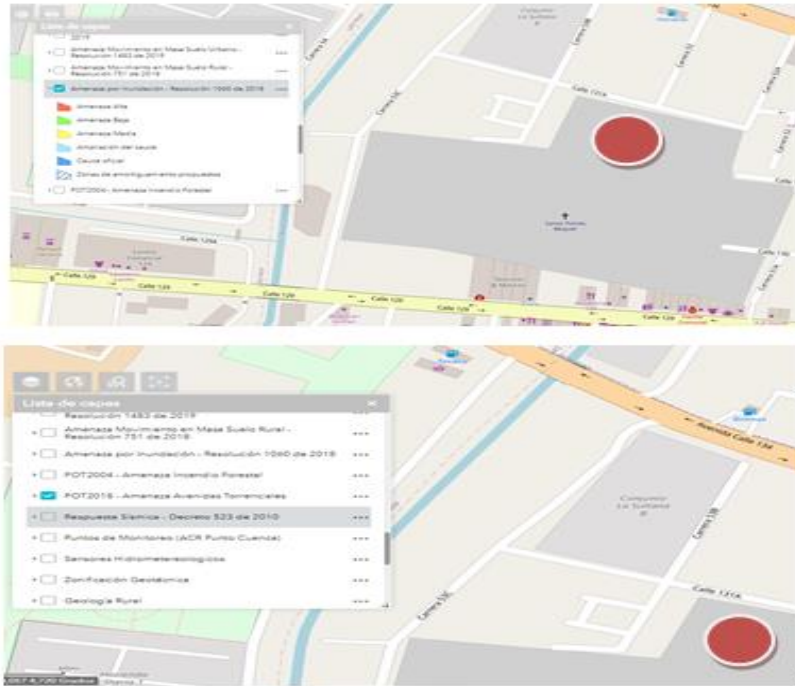


Ilustración 22

Tomado: <https://idiger.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=fa4b277533584c3a95a9208b4d542e19>

## Proceso De Remoción En Masa

No aplica proceso de Remoción en masa según Resolución 1483 de 2019

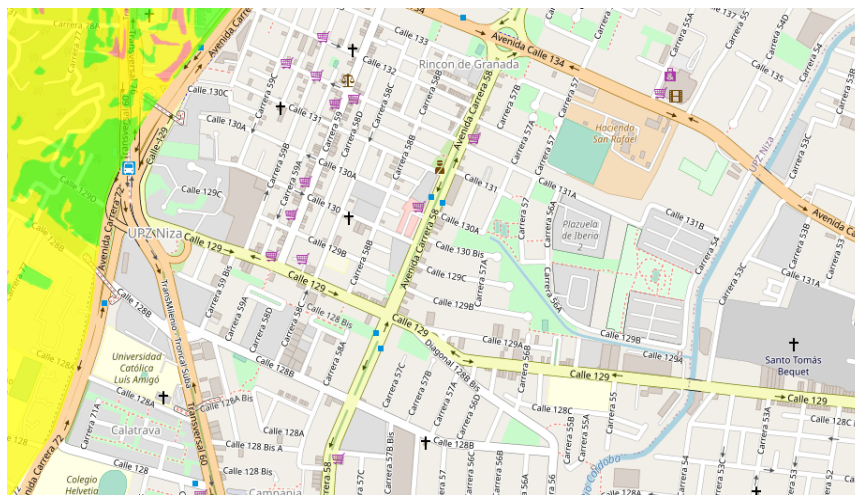


Ilustración 23

Tomado: <https://idiger.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=fa4b277533584c3a95a9208b4d542e19>

FORMATOS DE RECOLECCION DE INSPECCION VISUAL fichas anexo

Ficha Patologica. AGRUPACIÓN LA SULTANA			 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA PATOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCION.		
No. FICHA	3	CALIFICACIÓN Y DIAGNÓSTICO FUNCIONAL		LOCALIZACIÓN	
				CALLE 131A # 53B-91 BOGOTÁ D.C	
DIAGNÓSTICO POR LESIONES					
LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN			PLANO DE REFERENCIA		
Torre A, sótano 1			01 PLANTA DE EJES Y COLUMNAS		
ELEMENTO			UBICACIÓN EN EL PLANO		
Columnas					
SISTEMA CONSTRUCTIVO					
Porticos en concreto					
TIPO DE LESIÓN SEGÚN CAUSA					
FÍSICA		QUÍMICA	<input checked="" type="checkbox"/>	MECÁNICA	
TIPO DE LESIÓN SEGÚN PROCESO PATOLÓGICO					
PRIMARIA		SECUNDARIA	<input checked="" type="checkbox"/>		
DESCRIPCIÓN DE LESIÓN			ORIGEN Y POSIBLES CAUSAS		
Desprendimiento de recubrimiento de acero en concreto.			Elemento expuesto a condiciones ambientales. Expansión del acero generada por corrosión, genera acción mecánica sobre el concreto. Recubrimiento en concreto existente de 12 mm, no cumple norma. Posibilidad de concreto con baja resistencia y posible carbonatación.		
CLASIFICACIÓN DE LA CAUSA			ENSAYOS A REALIZAR		
DIRECTA	Expansión del acero por proceso de corrosión y oxidación previa		Ensayos de esclerometría. Ensayos de extracción de núcleos. Ensayo de carbonatación		
INDIRECTA	Error en proceso de construcción y deficiencia en detalles de obra.				
GRADO DE DETERIORO			PREVENCIÓN / INTERVENCIÓN		
BAJO		MEDIO	<input checked="" type="checkbox"/>	ALTO	
NIVEL DE INTERVENCIÓN			ELIMINACIÓN DE LA CAUSA:		
INNECESARIO		CONVENIENTE		NECESARIO	<input checked="" type="checkbox"/>
AFECTACIÓN			REPARACIÓN:		
SEGURIDAD	<input checked="" type="checkbox"/>	FUNCIONALIDAD	<input checked="" type="checkbox"/>	FÍSICO	<input checked="" type="checkbox"/>
PREDIAGNÓSTICO			PREVENCIÓN		
Desprendimiento de recubrimiento de refuerzo en concreto, generado por expansión del acero a causa de su grado de corrosión por proceso químico.			Realizar mantenimiento de pinturas e inspecciones periódicas		
FOTOGRAFÍAS					
					
OBSERVACIONES					
(Empty space for observations)					
REALIZO:	Ing. JOSE LUIS TRIANA / Ing. JOHN SAAVEDRA / Arq. PAOLA DIAZ			NIVEL: -1	
FECHA:	28 DE JUNIO 2020			ESPACIO: SOTANO 1	

Ilustración 24 Formato de Inspección Visual.

## Estado y Lesiones Zona De Parqueadero

El paciente presente lesiones a nivel de sotano en la zona de parqueaderos, dichas lesiones obedecen a lesiones con presencia de humedad, corrosión, desprendimientos de recubrimiento y fisuración superficial tanto en columnas como mensulas, dichas lesiones son mas prominentes en los elementos con mayor exposición a los agentes ambientales.



Ilustración 25 Lesiones.

## Materiales

Los únicos materiales que se identifican son:

- Concreto: Según el ensayo no destructivo por medio de esclerómetro encontramos una resistencia a la compresión cercana a los 4000PSI cumpliendo con la norma.
- Acero de Refuerzos transversal liso (Flejes)
- Acero de Refuerzo longitudinal corrugado.



Ilustración 26 Frente de carbonatación avanzado cercano al acero de refuerzo.

## Deficiencia Por Composición Arquitectónica

La edificación presenta deficiencia en su diseño tanto a nivel Arquitectónico como Estructural con problemas notable es los siguientes aspectos:

No se diseñó una protección contra los factores ambientales para los pórticos de apoyo de toda la Superestructura lo cual está generando lesiones en las columnas de los parqueaderos las cuales según los análisis de carbonatación muestran ya afección en la capa de despasivación del acero.



Ilustración 27 Columnas Expuestas y afectadas..

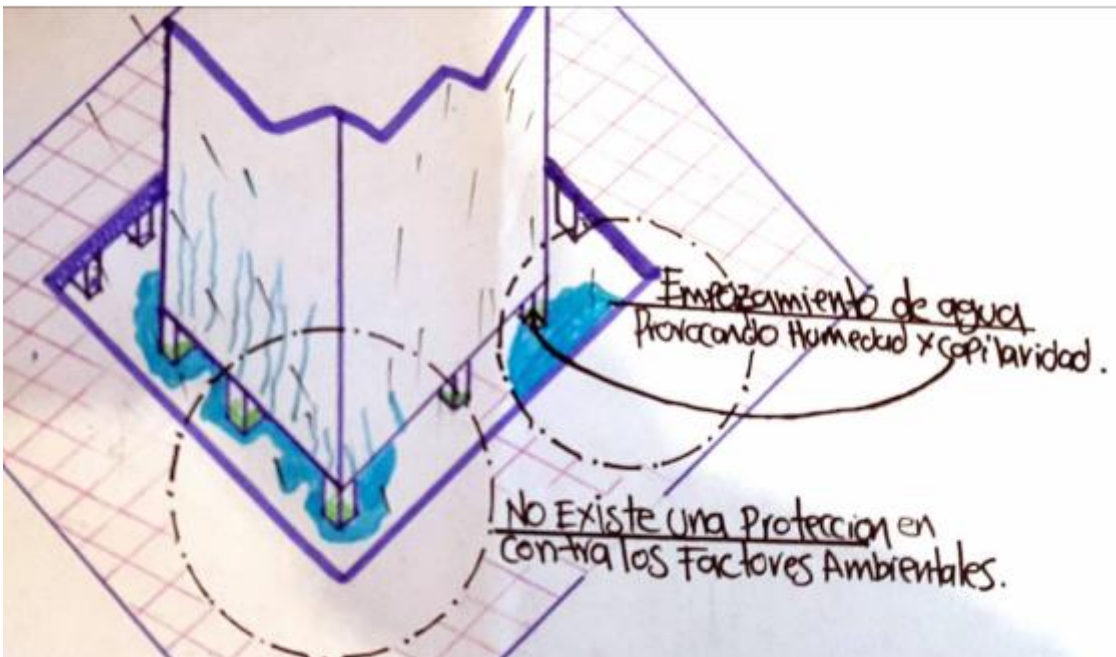


Ilustración 28 Esquema de la problemática por falta de protección a los factores ambientales.

1. La placa de Cimentación muestra muchos desniveles por lo que se genera empozamiento de agua cada vez hay presencia de agua, lo cual causa una grave humedad por Capilaridad en las columnas del Parqueadero.



Ilustración 29 Fisuras en Placa de Contrapiso y humedad por capilaridad.

2. En cuanto al diseño Estructural se evidencia un error en el recubrimiento de los aceros de refuerzo mostrando capas de 2.00cm y 1.5cm lo cual se deja desprotegidos a los aceros perdiendo su capa de despasivación.



Ilustración 30 Desprendimiento del concreto.

# AUSCULTACIÓN DEL PACIENTE

---

## INSPECCION VISUAL.



Ilustración 31 Lesiones presentes en ménsulas.

## LESIONES POR CORROSIÓN.

La lesión se presenta como corrosión por oxidación previa, su posible causa es que los elementos estuvieron expuestos a condiciones ambientales, otra causa puede ser que el recubrimiento en concreto existente no cumple norma o la posibilidad de que el concreto con el que fue fundido sea de baja resistencia y ya haya una posible carbonatación.



Ilustración 32 Lesiones en columnas desprendimientos y presencia de corrosión.

## LESIONES POR DESPRENDIMIENTO.

Se evidencia desprendimiento de recubrimiento de acero en concreto, se pudo dar la lesión debido a que el elemento está expuesto a condiciones ambientales y esto ocasiona la expansión del acero generada por corrosión, y esta acción mecánica sobre el concreto resulta en desprendimiento, otra causa

es que el recubrimiento en el concreto existente es de 12 mm y no cumple norma y la posibilidad de que el concreto sea de baja resistencia y ya haya una posible carbonatación.



**Ilustración 33 Lesiones parte inferior de columnas.**

### **LESIONES POR HUMEDAD.**

Se puede visualizar humedad capilar que asciende desde la placa de contrapiso, esto debido a deficiencias en pendientados de placa y que el elemento está expuesto a condiciones ambientales.

## **ENSAYOS**

---

### **ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS**

#### **EXPLORACION ACERO DE REFUERZO CON FERROSCAN**

El HiltiFerroscan PS 200 es un equipo muy utilizado en proyectos de diagnóstico estructural o en inspecciones no destructivas, Se usa principalmente para:

Determinación de posición y recubrimiento barras de acero en elementos de concreto reforzado.

Verificación de diámetro de barras de acero de refuerzo.

Facilitar la extracción de núcleos y realización de regatas, para evitar daños en el acero de refuerzo.

### **LIMITANTES**

El equipo, por estar basado en un campo magnético, tiene la limitante de distancia, cobertura y profundidad mínima entre refuerzos, motivo por el cual es conveniente verificar en sitio mediante apiques o en planos, para mejorar el resultado, utilizando la opción de calibración del equipo. El equipo está calibrado para determinar diámetros convencionales a partir del refuerzo #3.

### **INTERPRETACIÓN SCAN**

La imagen indica la localización del refuerzo y sobre esta se toman muestras marcadas con números consecutivos los cuales describen la posición, cobertura, posible diámetro, orientación y validez de la muestra, generalmente en la imagen se indican verticalmente los refuerzos que van en el sentido longitudinal del elemento estudiado.

### **INTERPRETACIÓN QUICKSCAN**

La imagen muestra una serie de barras que indican la localización del refuerzo en el eje horizontal y su profundidad en el vertical. El resultado es mejor cuando se conoce el diámetro. En la tabla se resumen los datos: cantidades, localización, distancia y profundidad. Basados en la continuación de la profundidad se pueden determinar los elementos fuera del rango, determinándolos como “basura”

### **PROCEDIMIENTO DE ENSAYO.**

- Determinación de la superficie de ensayo.
- Ubicación de la cuadrícula de lectura.
- Toma de registro con el dispositivo portátil PS-200.
- Transmisión de información al equipo y revisión de imagen.

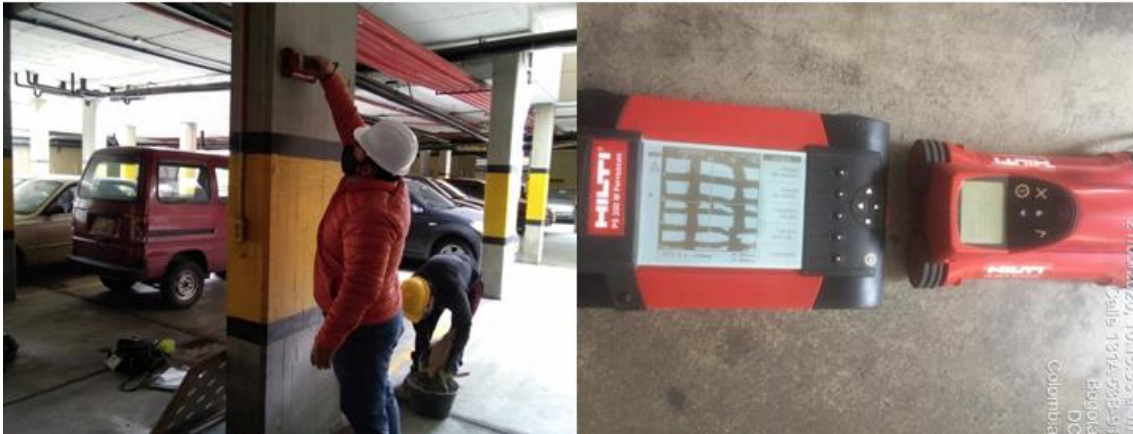
### **INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES**

- En cada imagen existe una cobertura de 0.60cm<sup>2</sup>.
- Cada uno de los registros indica nivel, elementos estructural y eje estructural.
- En cada registro se presenta con dos páginas en la primera la imagen con unos marcadores numerados y en la segunda la coordenada del marcador dentro de la imagen y el tipo de refuerzo encontrado y su posición frente a la ubicación del elemento estructural.

## REGISTRO FOTOGRÁFICO



**Ilustración 34 Toma de imágenes Scan y Quickscan**



**Ilustración 35 Toma de imágenes Quickscan y transmisión de imágenes.**  
(tool, 2020)

## ENSAYO INDICE DE REBOTE

### EVALUACIÓN RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO CON EL USO DEL ESCLERÓMETRO

Para le evaluación de la resistencia del concreto, se empleó un martillo de rebote o esclerómetro marca CONTROLS 58-C0181/N, debido a la falta de información detallada de la calidad del concreto, puesto que no existen memorias de cálculo ni bitácoras de obra, solo algunos planos estructurales los cuales no poseen ningún tipo de especificación, por lo tanto se realizó el ensayo de Esclerómetro de forma aleatoria en los elementos que presentan patologías.

El ensayo de Esclerometría se realizó sobre la superficie de concreto según lo establecido en la NTC-3692, para lo cual se seleccionó un área de ensayo con una dimensión no menor a 15cm x15cm, la cual se limpió y se verifico por medio del ferro detector que no existiera acero de refuerzo, luego se realizaron 10 lecturas sobre la superficie.

Para el cálculo de los resultados se verifico que las lecturas no superaran en 6 unidades del valor promedio para aceptación del ensayo según lo prescribe la norma,

***Si bien es claro el ensayo está orientado a definir la uniformidad del concreto y no propiamente resistencia a la compresión, debido a las limitaciones actuales por la pandemia, no se pudo realizar extracción de núcleos, el valor obtenido por medio de este ensayo no destructivo nos da una idea cercana al estado actual de los concretos del paciente.***



**Ilustración 36 Preparación de la superficie y realización del ensayo.**

(Ingenieria., 2020)

## ENSAYOS DESTRUCTIVOS

### ENSAYO DE CARBONATACION.

La carbonatación en el concreto es la disminución de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad relativa media dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio (con alto pH) a carbonato de calcio, el cual tiene un pH más neutral.

El concreto internamente es un material altamente alcalino con un rango de pH que oscila entre de 12 a 13, ese ambiente alcalino protege el acero de refuerzo frente al proceso de corrosión. Esta protección se logra por la formación de una capa de óxido pasivo sobre la superficie del acero que permanece estable en el ambiente altamente alcalino.

Cuando el frente de carbonatación llega a la profundidad donde se encuentra el refuerzo, la capa de óxido protectora y pasivadora deja de ser estable. A este nivel el descende en el concreto el pH a valores por debajo de 9, y es posible el inicio del proceso de corrosión en el acero de refuerzo, dando como resultado un agrietamiento y fisuración de la capa de recubrimiento de concreto.

### INTERPRETACIÓN DEL ENSAYO.

Una vez que se aplica el reactivo sobre la superficie de concreto en este caso fenolftaleína. El test consiste en rociar un hormigón recién fracturado (es decir, no expuesto anteriormente al aire), con un solución al 1% de fenolftaleína en hidro-alcohol (70% de alcohol y 30% de agua). Si el color del hormigón impregnado vira a un púrpura intenso, se interpreta como no carbonatado y si no cambia de color se supone carbonatado.



**Ilustración 37** Apique realizado para hacer prueba de carbonatación.

## RESULTADO DE ENSAYOS

### Ensayo Ferroskan

Una vez realizados los ensayos de ferroskan HILTI PS200, se determinaron los recubrimientos en columnas y disposición del acero de refuerzo los cuales se presentan a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis de recubrimiento ensayo Quickscan.

ENSAYO	ELEMENTO	SECCION	TORRE	UBICACIÓN	COSTADO	RECUBRIMIENTO	
						EXISTENTE	Min. C.7.7.1
FQ3878	COLUMNA	30cm x 40cm	A	EJE K-2	ORIENTAL	8.0 mm	40 mm
FQ3881	COLUMNA	30cm x 50cm	A	EJE H-6	ORIENTAL	31 mm	40 mm
FQ3883	COLUMNA	30cm x 50cm	A	EJE H-1	SUR	22 mm	40 mm
FQ3885	COLUMNA	30cm x 50cm	A	EJE G-6	SUR	16 mm	40 mm
FQ3887	COLUMNA	30cm x 50cm	A	EJE E-5	OCCIDENTAL	22 mm	40 mm
<b>PROMEDIO</b>						<b>20 mm</b>	<b>40 mm</b>
FQ3888	COLUMNA	30cm x 40cm	B	EJE K-6	NORTE	15 mm	40 mm
FQ3889	COLUMNA	30cm x 60cm	B	EJE F-6	OCCIDENTAL	26 mm	40 mm
FQ3891	COLUMNA	30cm x 40cm	B	EJE E-1	SUR	31 mm	40 mm
FQ3892	COLUMNA	30cm x 40cm	B	EJE E-1	OCCIDENTAL	13 mm	40 mm
FQ3893	COLUMNA	30cm x 40cm	B	EJE E-2	SUR	18 mm	40 mm
<b>PROMEDIO</b>						<b>21 mm</b>	<b>40 mm</b>
FQ3894	COLUMNA	30cm x 60cm	D	EJE J-1	OCCIDENTAL	10 mm	40 mm
<b>PROMEDIO</b>						<b>10 mm</b>	<b>40 mm</b>

### Ensayo Esclerómetro

Por medio de Esclerómetro CONTROLS 58-C0181/N, se estableció la resistencia a la compresión del concreto se relacionan los resultados en la Tabla 2.

Tabla 2. Análisis resistencia a la compresión por medio de esclerómetro.

ENSAYO	ELEMENTO	SECCION	TORRE	UBICACIÓN	COSTADO	Resistencia a Compresion	
						f'c Psi	f'c MPa
1	COLUMNA	30cm x 40cm	A	EJE K-2	ORIENTAL	3911	27.38
2	COLUMNA	30cm x 50cm	A	EJE H-6	ORIENTAL	4125	28.88
3	COLUMNA	30cm x 50cm	A	EJE H-1	SUR	4125	28.88
4	COLUMNA	30cm x 50cm	A	EJE G-6	NORTE	4409	30.86
5	COLUMNA	30cm x 50cm	A	EJE E-5	OCCIDENTAL	4125	28.88
6	COLUMNA	25cm x 80cm	A	EJE H-5	NORTE	3911	27.38
<b>PROMEDIO</b>						<b>4101</b>	<b>28.71</b>
7	COLUMNA	30cm x 40cm	B	EJE K-6	NORTE	4125	28.88
8	COLUMNA	30cm x 60cm	B	EJE F-6	SUR	4125	28.88
9	COLUMNA	30cm x 40cm	B	EJE E-1	SUR	3556	24.89
10	COLUMNA	30cm x 40cm	B	EJE E-2	OCCIDENTAL	3556	24.89
<b>PROMEDIO</b>						<b>3841</b>	<b>26.88</b>
11	COLUMNA	30cm x 60cm	D	EJE J-1	NORTE	4409	30.86
<b>PROMEDIO</b>						<b>4409</b>	<b>30.86</b>

## Ensayo Carbonatación

Se realizaron dos ensayos con el fin de verificar el frente de carbonatación uno en la zona perimetral del paciente y el otro en la interna del mismo, los resultados se presentan a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3. Análisis Frente de Carbonatación.

ENSAYO	ELEMENTO	SECCION	TORRE	UBICACIÓN	COSTADO	Frente Carb.	Recubrimiento
1	COLUMNA	30cm x 50cm	A	EJE G-1	ORIENTAL	39 mm	40 mm
2	COLUMNA	25cm x 80cm	A	EJE H-5	ORIENTAL	36 mm	40 mm
<b>PROMEDIO</b>						<b>38 mm</b>	<b>40 mm</b>

## ANALISIS INDIVIDUAL DE ENSAYOS.

Partiendo de los resultados promedio obtenidos en cada uno de los ensayos realizados se concluyen los siguientes criterios.

Ensayo Ferroskan: El recubrimientos medio del acero de refuerzo en este caso los estribos es del orden de 16.8mm, lo cual indica la falta de control de calidad durante el proceso de construcción y la ausencia de criterios de durabilidad, dicho recubrimiento es inferior al 50% exigido según C.7.7.1 NSR-10.

Ensayo Esclerómetro: Se obtuvo un valor medio de resistencia a la compresión promedio de  $f'c = 28.8$  MPa, lo cual indica que el concreto es de buenas propiedades y cumple con el criterio mínimo de  $f'c=17$  MPa según lo establecido C.5.1.1 NSR-10.

Ensayo Carbonatación: Por medio de este ensayo se verifico el avance del frente de carbonatación estableciendo un valor promedio de 38 mm, lo cual es un indicativo que el acero de refuerzo en general debido a su escaso recubrimiento como se mencionó anteriormente, perdió su capa de pasivación y es propenso a sufrir corrosión.

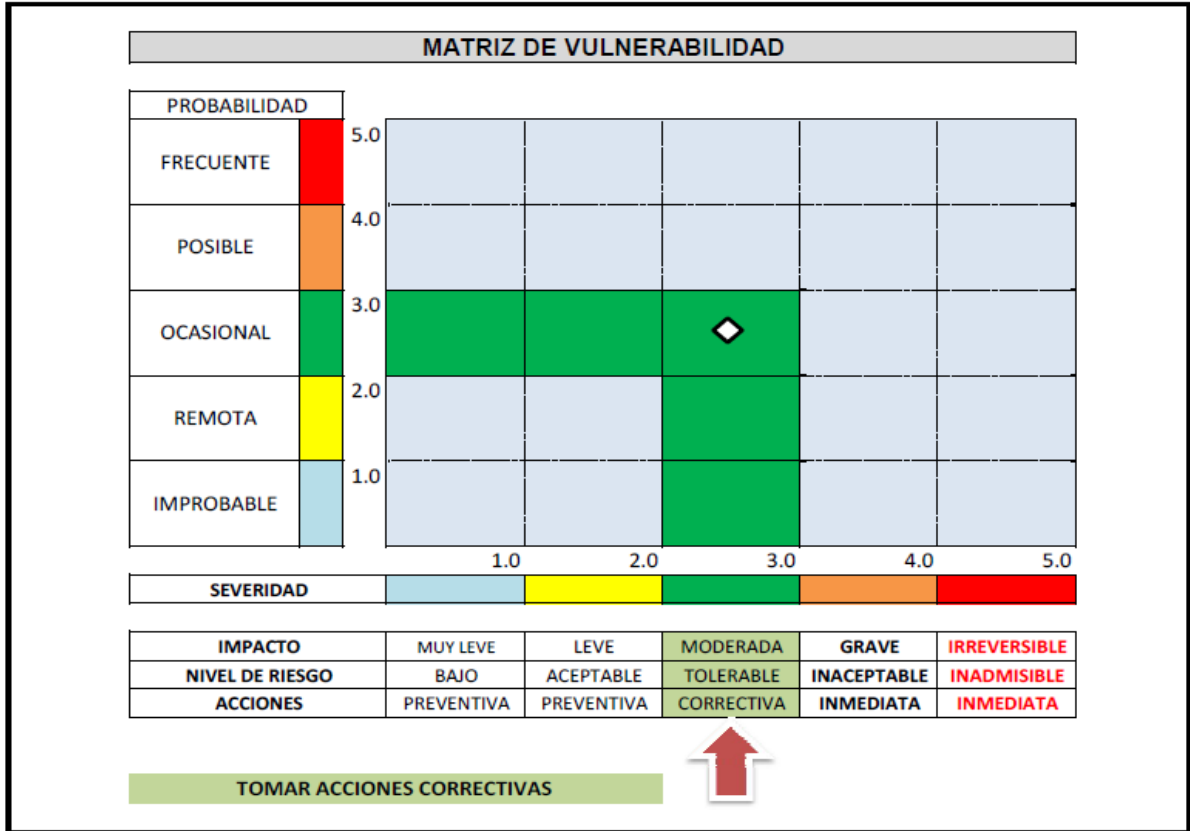
# MATRIZ DE VULNERABILIDAD

## Parámetros de Evaluación Matriz Sultana C

5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	PROBABILIDAD 2.49
FRECUENTE	POSIBLE	OCASIONAL	REMOTA	IMPROBABLE	

5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	SEVERIDAD 2.44
IRREVERSIBLE	GRAVE	MODERADA	LEVE	MUY LEVE	

		PROBABILIDAD		SEVERIDAD	
		VALOR	RANGO	VALOR	RANGO
<b>1</b>	<b>DATOS GENERALES DEL PACIENTE</b>	3.33		3.33	
1.1	SISTEMA ESTRUCTURAL A.3.2 NSR-10	Porticos Concreto	3.0	3.0	3.0
1.2	AÑO DE CONSTRUCCION	Entre (1984-1998)	4.0	4.0	4.0
1.4	GRUPO DE USO A.2.5 NSR-10	I Ocupacion Normal	3.0	3.0	3.0
<b>2</b>	<b>SUELOS</b>	3.25		3.25	
2.1	ZONA GEOTECNICA Decreto 523/32010	Lacustre A	3.0	3.0	3.0
2.2	CLASIFICACION GEOTECNICA Decreto 523/2010	Arcillas limosas muy blandas	4.0	4.0	4.0
2.3	EFFECTOS DE SITIO	Amplificacion Ondas Sismicas	4.0	4.0	4.0
2.4	PROBABILIDAD DE FENOMENO DE LICUACION	Suelos Muy Compresibles	2.0	2.0	2.0
<b>3</b>	<b>ESTRUCTURA</b>	1.50		1.25	
3.1	Posibilidad de existencia de columna Corta	NO	1.0	1.0	1.0
3.2	Posibilidad de piso flexible o debil	NO	1.0	1.0	1.0
3.3	Redundancia estructural	Mas de dos porticos por sentido	1.0	1.0	1.0
3.4	Evidencias de modificacion del diseño original	NO	3.0	2.0	2.0
<b>4</b>	<b>ASPECTOS CONSTRUCTIVOS</b>	2.00		2.00	
4.1	Posibilidad de golpeteo (distancia < 1% altura de Edif.)	NO	1.0	1.0	1.0
4.2	Uniformidad de los materiales de la estructura	Solo se verifico columnas	3.0	3.0	3.0
4.3	conexión viga -columna	Buen estado general	3.0	3.0	3.0
4.4	Sistema estructural continuo en todos los pisos	SI	1.0	1.0	1.0
<b>5</b>	<b>AMENAZA DE INUNDACION</b>	1.00		1.00	
5.1	Amenaza por inundación resolución 1060 de 2018	NO	1.0	1.0	1.0
5.2	Amenaza avenidas torrenciales POT 2018	NO	1.0	1.0	1.0
<b>6</b>	<b>AMENAZA DE REMOCIÓN EN MASA</b>	1.00		1.00	
6.1	Amenaza movimiento en masa, Res. 1483 de 2019	NO	1.0	1.0	1.0
<b>7</b>	<b>ASPECTOS LESIONES Y ESTADO DE MATERIALES</b>	3.29		3.29	
7.1	Desplomes visibles en muros o columnas	NO	1.0	1.0	1.0
7.2	Humedades visibles en muro o columnas	Columnas parqueadero	5.0	5.0	5.0
7.3	Posibilidad de caidas o desprendimientos fachadas	Buen estado general	1.0	1.0	1.0
7.4	Evidencia de Carbonatacion y corrosion	Columnas parqueadero	5.0	5.0	5.0
7.5	Evidencia de daño por sismo anteriores	NO	1.0	1.0	1.0
7.6	Evidencia de fisuración en elementos	Columnas parqueadero	5.0	5.0	5.0
7.7	Recubrimiento acero de refuerzo C.7.7 NSR-10	Inferior al minimo	5.0	5.0	5.0
<b>8</b>	<b>MATERIALES</b>	3.33		3.33	
8.1	Resistencia a la compresion (Esclerometro)	cercanas a f'c 4000	3.0	3.0	3.0
8.2	Acero de refuerzo trasnvesal Flejes	Acero liso	4.0	4.0	4.0
8.3	Acero de refuerzo longitudinal	Acero Corrugado	3.0	3.0	3.0
<b>9</b>	<b>ASPECTO POR COMPOSICIÓN ARQUITECTÓNICA</b>	3.75		3.50	
9.1	Niveles losa contrapiso	Empozamiento	3.0	3.0	3.0
9.2	Escorrentia de agua por la fachadas de la torre	Fachada plana	4.0	4.0	4.0
9.3	Filtraciones en la placa de Entrepiso Plataforma	Deficiente diseño juntas	4.0	3.0	3.0
9.4	Proteccion columnas del sotano a factores ambientales	Columnas Parqueadero	4.0	4.0	4.0



### Análisis resultado de la matriz

Una vez analizados los parámetros que intervienen en nuestro paciente podemos concluir que el grado de severidad es moderado, adicionalmente el nivel de riesgo es tolerable y en consecuencia nuestro diagnostico debe indicar que las acciones a tomar deben ser correctivas e inmediatas con el fin de corregir las falencias a nivel de diseño y construcción que presenta nuestro paciente.

## DIAGNOSTICO

Una vez realizada la inspección de las lesiones y el análisis de la información encontrada de nuestro paciente con la documentación suministrada por la administración y los ensayos realizados, se tiene como antecedente que el paciente fue diseñado y construido por la Caja de Vivienda Militar en el año de 1985.

Se establece que la causa principal en la aparición de lesiones es la ausencia del criterio de durabilidad en el Diseño a nivel arquitectónico y estructural este diagnóstico se establece a partir de los siguientes criterios:

1. **A Nivel de Diseño Estructural:** Los recubrimientos del acero de refuerzo son insuficientes bajo los criterios establecidos en la NSR-10 Capítulo C.7.7.1 que como parámetro establece 40mm de protección para el acero de refuerzo en columnas, partiendo de la información consignada en los planos estructurales las columnas fueron diseñadas y construidas con un recubrimiento de 25mm y una vez se verificaron en campo por medio del ensayo de ferroskan (Quickscan) los recubrimientos entre 10mm a 20mm, lo cual se observa en la tabla 1 *Análisis de Recubrimiento Ensayo Quickscan*, El análisis de este criterio confirma falencias a nivel de diseño estructural.
2. **A Nivel de Diseño Arquitectónico:** Los elementos afectados en este caso son principalmente las columnas perimetrales de la zona de parqueaderos ya que no cuentan con una protección adecuada frente a las condiciones ambientales, la arquitectura es totalmente plana y deja estos elementos sin protección a los agentes ambientales.
3. **A Nivel Constructivo:** Existen dos factores relevantes, el primero es la deficiencia en el proceso constructivo pues los recubrimientos del acero de refuerzo no fueron supervisados adecuadamente, por otro lado en segunda instancia pero igual de relevante es que las losas de contrapiso no cuentan con pendientes adecuadas y generan empozamiento del agua en la parte inferior de las columnas, que en consecuencia causa el fenómeno humedad por capilaridad haciendo el ambiente propicio para la aparición de las lesiones mencionadas durante el estudio.

El sector donde está localizado nuestro paciente, es una zona de la ciudad cuya microzonificación sísmica es Lacustre A, donde predominan suelos de alta compresibilidad conformados por estratos de limos y arcillas, por lo anterior es probable que durante un evento sísmico, exista amplificación de ondas

sísmicas de ahí la importancia de conservar en excelentes condiciones los elementos estructurales para que disipen la energía sísmica de forma adecuada.

Las lesiones presentes en nuestro paciente, se han generado de forma gradual y progresiva, hasta el punto de poner en riesgo la integridad física de las columnas lo cual puede desencadenar, en la disminución en su capacidad de carga y por ende alteraciones en el comportamiento estructural de las edificaciones.

Debido al avance del frente de carbonatación y los escasos recubrimientos en general de la estructura en la zona de parqueaderos, esta zona se debe proteger por medio de un revestimiento que tenga propiedades como barrera de CO<sub>2</sub> y protección frente a la humedad.

Cabe anotar que la edificación se encuentra en uso en la actualidad y está ocupada en su totalidad, por lo tanto teniendo en cuenta que las columnas afectadas se encuentran en el primer nivel de la edificación cuya función principal es transmitir la totalidad de la carga de la edificación a la cimentación, la intervención y el tratamiento de las lesiones, debe realizarse de forma **INMEDIATA** con el fin de salvaguardar las vidas y bienes de sus habitantes.

## PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Partiendo de los criterios expuestos en el diagnóstico se presenta el proceso de intervención explicado de forma escrita y gráfica, para su comprensión y evaluación de costos y programación.

### ETAPA 1

- **Preparación y limpieza de sustrato:** Esta actividad consiste en la escarificación perimetral de las columnas afectadas, dicha intervención debe tener una altura mínimo de 1.0m, se debe hacer con chorro de agua y mecánicamente con taladro rotopercutor con **Bujarda**, según las características del recubrimiento de concreto que se encuentre.
- Previo a la intervención de cada columna, se debe aislar el elemento por medio de un cerramiento perimetral con un área no menor a 7.50 m<sup>2</sup>. y cintas de peligro.
- Durante todo el proceso se debe apuntalar el elemento tipo columna, empleando parales metálicos y cerchas, que sirvan de apoyo temporal durante el procedimiento de reparación.
- Se deberá retirar todo el recubrimiento perimetral de las columnas, hasta tener el acero de refuerzo principal expuesto y hasta una profundidad donde el núcleo de concreto confinado de la columna sea visible.
- Limpiar toda la superficie por medio de chorro de aire comprimido y remoción de la corrosión del acero de refuerzo por medio de cepillado manual.

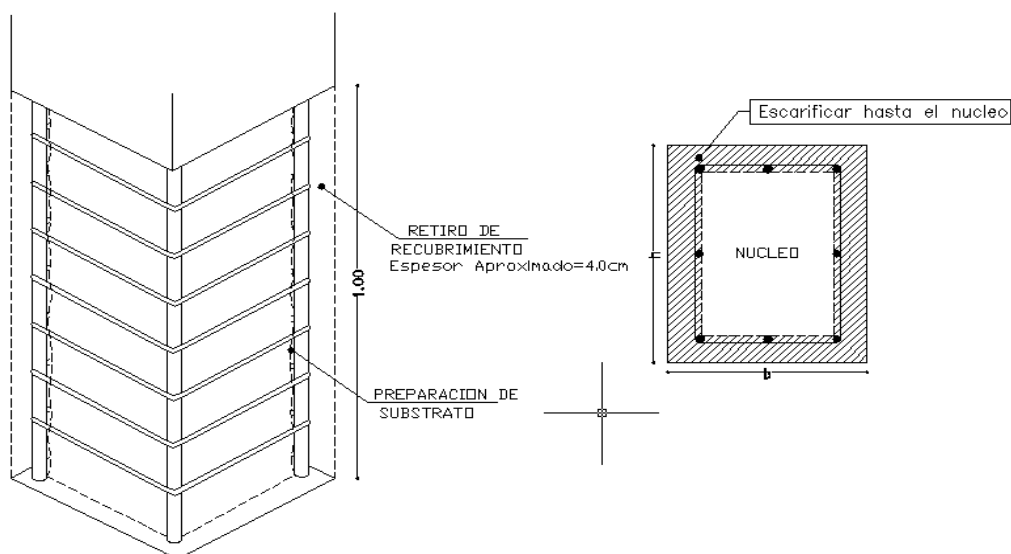
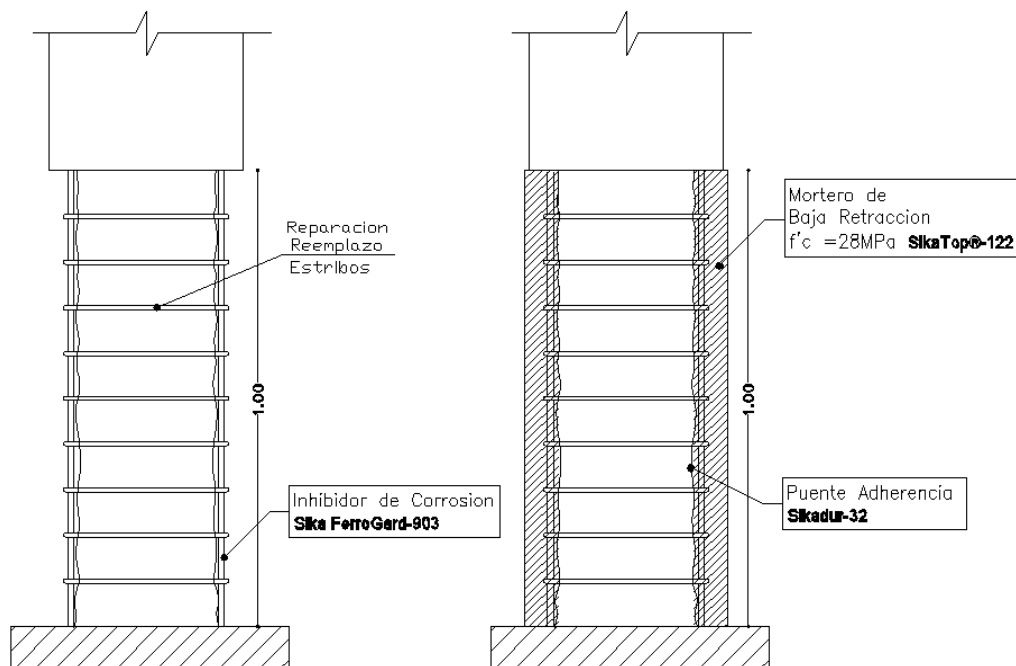


Ilustración 38 propuesta de intervención.

## ETAPA 2

- **Reparación y Reconstrucción.**
- Una vez realizada la limpieza general del elemento estructura a intervenir, se debe verificar el estado del acero de refuerzo y núcleo de concreto.
- Los estribos o flejes por ser los más expuestos, presentan un estado de degradación alto, por ende se deben reemplazar las unidades que sean necesarias, se establece una cuantía de refuerzo en la cantidades de obra la cual puede fluctuar según el caso.
- Una vez realizadas reparación en barras por pérdida de sección, aplicar 3 capas de inhibidor de corrosión según ficha técnica, sobre toda la superficie de acero de refuerzo expuesta. Se sugiere (**Sika FerroGard-903**) o similar.
- Previo a la reconstrucción aplicar puente de adherencia entre el concreto del substrato existente y el nuevo recubrimiento de reparación, Se sugiere (**Sikadur-32**) o similar.
- Debido al pequeño espesor de recubrimiento se recomienda pañetar la superficie con un mortero de reparación y de baja retracción que se debe instalar según ficha técnica, hasta alcanzar las dimensiones iniciales de la sección transversal de la columna. Se sugiere (**SikaTop®-122**).
- El Curado debe ser húmedo por 7 días o dos manos de adhesivo de base acrílica (membrana de curado) aplicadas con pistola, brocha o rodillo inmediatamente después de descimbrar.



## DESCRIPCION DETALLADA DE LAS ACTIVIDADES

### PREPARACION SUPERFICIE CHORRO DE ARENA HÚMEDA

Se debe preparar la superficie de las columnas por medio mecánico bujarda o chorro de arena húmedo y garantizar el retiro del concreto dañado y limpieza del acero de refuerzo.



Ilustración 39 Preparación de la Superficie.

### APLICACIÓN INHIBIDOR DE CORROSION

Limpieza de las armaduras con chorro de agua y arena húmeda, luego Aplicación del Inhibidor de corrosión con brocha sobre la armadura. Su aplicación debe ser en dos capas. La segunda capa puede aplicarse aproximadamente después de 2 horas, desde la primera aplicación y, preferiblemente antes de que transcurra 24 horas.



Ilustración 40 Inhibidor de corrosión.

### **APLICACIÓN PUENTE DE ADHERENCIA.**

Con el fin de unir el nuevo recubrimiento y la superficie existente de concreto se debe garantizar que la superficie este sana y limpia, libre de partes sueltas, contaminación de aceites, polvo, residuos de curadores, lechada de cemento u otras sustancias extrañas.



Ilustración 41 Puente de adherencia.

### **REFORZAMIENTO DE COLUMNAS**

Dependiendo el caso se debe reforzar el elemento estructural y fundir su nuevo recubrimiento con lechada o mortero fluido de baja retracción según recomendaciones



Ilustración 42 Reforzamiento.

## PRESUPUESTO DE INTERVENCIÓN

Partiendo del grado de afectación de cada uno de los elementos de nuestro paciente y teniendo en cuenta que las lesiones están localizadas principalmente en la zona inferior de los elementos, que en su gran mayoría son las columnas se presenta la propuesta económica de la intervención basados en el proceso antes descrito, se realiza el análisis para la torre A.

### CANTIDADES DE OBRA

COLUMNA	UBICACIÓN	Dimensiones Intervención				Area m <sup>2</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Intervención	Superficie
		b (m)	h (m)	L (m)	e (m)				
1	EJE K-2	0.30	0.40	0.80	0.03	1.12	0.03	Zona inferior	Toda
2	EJE H-6	0.30	0.50	1.00	0.03	1.60	0.05	Zona inferior	Toda
3	EJE H-1	0.30	0.50	1.80	0.03	0.54	0.02	Total	Oriental
	EJE H-1	0.30	0.50	1.00	0.03	1.00	0.03	Zona inferior	Sur-Norte
4	EJE G-6	0.30	0.50	1.50	0.03	0.75	0.02	Zona superior	Norte
5	EJE E-5	0.30	0.50	0.80	0.03	1.28	0.04	Zona inferior	Toda
6	EJE H-5	0.25	0.80	0.80	0.03	1.68	0.05	Zona inferior	Toda
<b>TOTAL</b>						<b>7.97</b>	<b>0.24</b>		

### PRESUPUESTO DE INTERVENCIÓN TORRE A

ITEM	ACTIVIDAD	UND	CANT	VR. UNIT	VR. TOTAL
1	PRELIMINARES ( Cerramiento en polisombra y Apuntalamiento parales metalicos)	GL	1.00	\$ 955,000	\$ 955,000
2	ESCARIFICACIÓN DE COLUMNAS CON MEDIO MECÁNICO (taladro percutor eléctrico o manual), CORTE CON DISCO, LIMPIEZA DE ACERO DE REFUERZO, CARGUE RETIRO DE SOBANTES Y LIMPIEZA MEDIANTE CHORRO DE AGUA	M2	7.97	\$ 162,149	\$ 1,292,325
3	RECUBRIMIENTO DEL ACERO SUPERFICIE ESCARIFICADA CON INHIBIDOR DE CORROSIÓN.	M2	7.97	\$ 113,171	\$ 901,972
4	REPARACIÓN DE COLUMNAS CON RECUBRIMIENTO (3cm espesor) MORTERO DE BAJA RETRACCIÓN RESISTENCIA MÍNIMA f'c = 4000 Psi, incluye puente de adherencia y formaleta para concreto a la vista y curado de material.	M2	7.97	\$ 633,515	\$ 5,049,113

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>		<b>\$ 8,198,410</b>
ADMINISTRACIÓN	10%	819,841
IMPREVISTOS	6%	491,905
UTILIDAD	3%	245,952
<b>COSTO TOTAL A.I.U.</b>		<b>\$ 1,557,698</b>
VA SOBRE UTILIDAD	19%	46,731
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 9,802,838</b>

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS A.P.U

## A.P.U ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS LA SULTANA C

ITEM	ACTIVIDAD	UND	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO	VR. PACIAL
2	ESCARIFICACIÓN DE COLUMNAS CON MEDIO MECÁNICO (taladro percutor eléctrico o manual), CORTE CON DISCO, LIMPIEZA DE ACERO DE REFUERZO, CARGUE RETIRO DE SOBANTES Y LIMPIEZA MEDIANTE CHORRO DE AGUA				\$ 162,149

EQUIPOS					\$ 131,848
	EQUIPO BASICO (Herramienta menor)	GLB	0.09	\$ 36,000	\$ 3,120
	DEMOLICION CON MARTILLO ELECTRICO (incluye retiro de material al lugar de acopio y retiro de escombros)	M2	0.35	\$ 125,588	\$ 43,956
	LIMPIEZA ACERO DE REFUERZO (Chorro de agua)	M2	0.45	\$ 188,383	\$ 84,772

MANO DE OBRA					\$ 30,301
	CONSTRUCCION GENERAL	HC	0.55	\$ 55,092	\$ 30,301

ITEM	ACTIVIDAD	UND	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO	VR. PACIAL
3	RECUBRIMIENTO DEL ACERO SUPERFICIE ESCARIFICADA CON INHIBIDOR DE CORROSIÓN.				\$ 113,171

EQUIPOS					\$ 5,400
	EQUIPO BASICO (Herramienta menor)	GLB	0.15	\$ 36,000	\$ 5,400

MATERIALES					\$ 55,434
	Sika FerroGard-903	KG	0.50	\$ 110,867	\$ 55,434

MANO DE OBRA					\$ 52,337
	CONSTRUCCION GENERAL	HC	0.95	\$ 55,092	\$ 52,337

ITEM	ACTIVIDAD	UND	RENDIMIENTO	VR. UNITARIO	VR. PACIAL
4	REPARACIÓN DE COLUMNAS CON RECUBRIMIENTO (3cm espesor) MORTERO DE BAJA RETRACCIÓN RESISTENCIA MÍNIMA $f_c = 4000$ Psi, incluye puente de adherencia y formaleta para concreto a la vista y curado de material.				\$ 633,515

EQUIPOS					\$ 34,200
	EQUIPO BASICO (Herramienta menor)	GLB	0.95	\$ 36,000	\$ 34,200

MATERIALES					\$ 530,450
	PUENTE DE ADHERENCIA Sikadur-32	KG	0.60	\$ 81,633	\$ 48,980
	MORTERO DE REPARACIÓN, SikaTop -122	KG	66	\$ 7,295	\$ 481,470

MANO DE OBRA					\$ 68,865
	CONSTRUCCION GENERAL	HC	1.25	\$ 55,092	\$ 68,865

## Bibliografía

*Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente* 2010 Bogotá Imprenta Nacional

Arcila, C. (2020). *Metodología Rehabilitación de estructuras de Concreto EN 1504*. Colombia, Asocreto <http://www.asocreto.org.co/presentaciones/pdf/rehabilitacion-estructuras/02.control-calidad-rehabilitacion-carlos-arcila.pdf>

Helene, P., Pereira, F. (2007). *Rehabilitación y Mantenimiento de Estructuras de Concreto*. Sao Paulo. Helene, P. Pereira, F (Editores)

Helene, P. (1997). *Manual para reparación, refuerzo y protección de las Estructuras de Concreto*. México. Instituto mexicano del cemento y del concreto