

**PASANTÍA INTERNACIONAL UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO UNAM 2016**

**ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA PLANTA FÍSICA DE LA INSTITUCIÓN
EDUCATIVA SAN JOAQUÍN, EN BASE A LA NORMA SISMO RESISTENTE
(NSR-10) EN EL MUNICIPIO DE PEREIRA, RISARALDA AÑO 2017**

DANIELA GONZÁLEZ MARÍN

**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA, RISARALDA
2017**

**PASANTÍA INTERNACIONAL UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO UNAM 2016**

**ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA PLANTA FÍSICA DE LA INSTITUCIÓN
EDUCATIVA SAN JOAQUÍN, EN BASE A LA NORMA SISMO RESISTENTE
(NSR-10) EN EL MUNICIPIO DE PEREIRA, RISARALDA AÑO 2017**

**PRESENTADO POR:
DANIELA GONZÁLEZ MARÍN**

**ASESOR
INGENIERO ADAN SILVESTRE G.**

**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA, RISARALDA**

2017

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN.....	5
1.1 ABSTRACT	5
1.2 PALABRA CLAVE	5
1.3 KEYWORD	5
2. INTRODUCCIÓN.....	6
3. ANTECEDENTES	7
4. HISTORIA SÍSMICA DE COLOMBIA	13
8. HISTÓRICO DE EVENTOS SÍSMICOS EN PEREIRA	16
9. COMPORTAMIENTO DE LAS EDIFICACIONES EN LOS SISMOS RECIENTES	17
10. OBJETIVOS.....	19
10.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
10.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
11. MARCO DE REFERENCIA	20
11.1 MARCO CONCEPTUAL	20
11.2 Localización de la estructura e información general.	22
TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	25
12. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	25
13. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
13.1 Planos de apoyo	26
13.2 Datos recopilados.....	29
13.2.1 Datos tomados en campo	29
13.3 Informe de patología.....	38
13.3.1 Diagnóstico	38
14. CONCLUSIONES	52
15. RECOMENDACIONES.....	53
16. BIBLIOGRAFIA	¡Error! Marcador no definido.

TABLA DE IMÁGENES

Imagen 1 Localización Institución educativa San Joaquín.....	22
Imagen 2 Planta y localización Institución educativa San Joaquin.	23
Imagen 3 Perspectiva de apoyo modulo norte fachada principal.....	26
Imagen 4 Perspectiva de apoyo modulo norte fachada posterior.	27
Imagen 5 Plano pórticos y refuerzos.....	27
Imagen 6 Planos de refuerzo de columnas, viguetas y escaleras.	28
Imagen 7 Planos segundo piso, placa tanques y cubierta.	28
Imagen 8 Planos cimentación, vigas de amarre cubierta Modulo No.2	29
Imagen 9 Configuración columna, área de cafetería	32
Imagen 10 Configuración columna circular, área cafetería.	32
Imagen 11 Planta y configuración de las columnas, área cafetería.....	33
Imagen 12 Distribución acero longitudinal en columna 1.....	35
Imagen 13 Distribución de acero trasversal en columna 1.	35
Imagen 14 Distribución de acero longitudinal lado 2 en columna 1.	36
Imagen 15 Distribución del acero trasversal en columna 1 lado 2.....	37
Imagen 16 Distribución acero longitudinal columna 2.....	37
Imagen 17 Distribución acero longitudinal columna 2.....	38
Imagen 18 Columna con hormiguo.	39
Imagen 19 Desprendimiento en Columna.....	40
Imagen 20 Columna exterior.....	41
Imagen 21 Placa de concreto cancha.....	42
Imagen 22 Placa de concreto en cancha.....	43
Imagen 23 Placa de concreto	44
Imagen 24 Desprendimiento en muros	47
Imagen 25 Cielo raso mal colocado	46
Imagen 26 Placa de Cubierta.....	47
Imagen 27 Humedad en placa de cubierta.....	50
Imagen 28 Instalación eléctrica en mal estado	51
Imagen 29 Pavimento articulado, en adoquin.....	50

1. RESUMEN

Se realiza el recorrido de campo e inspección visual, correspondiente a las instalaciones de la Institución educativa San Joaquín localizado en la ciudad de Pereira, Risaralda con ayuda además de la herramienta ferroskam para identificar la parte estructural de la edificación.

Se lleva a cabo la recopilación de información, para su posterior análisis, clasificación de riesgo de la estructura y generar un informe de patología a nivel diagnóstico y presentar recomendaciones basadas en la información obtenida.

Se realiza el trabajo investigativo con el acompañamiento de un docente asesor, realizando visitas al sitio de estudio con el objetivo de registrar fotográficamente las fallas y demás síntomas que puedan llegar a generar tanto el informe como la realización del trabajo investigativo.

1.1 ABSTRACT

San Joaquin is the travel of field and visual inspection to the premises of the educational institution located in the city of Pereira, Risaralda with help and the ferroskam tool to identify the part structural building. Information gathering, was held for further analysis, classification of risk of the structure and generate a diagnostic level pathology report and submit recommendations based on the information obtained. This is the investigative work with the accompaniment of a consultant teacher, performing site visits of study aiming to photographically register faults and other symptoms that may generate the report as carrying out the investigative work.

1.2 PALABRA CLAVE

Ferroskam, Patología, Estructura, Sismo, Diagnostico, Fallas.

1.3 KEYWORD

Ferroskam, pathology, structure, Earthquake, Diagnostics, fault..

2. INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo realizar un estudio patológico para determinar la posible recuperación estructural de la planta física y estructural de la Institución Educativa San Joaquín, dicha estructura consta de dos pisos. Se encuentra localizada en la ciudad de Pereira, y se vio afectada en su parte estructural en el año 1999 cuando se presentó el evento sísmico el 25 de enero de dicho año en la zona del eje cafetero.

En este análisis se evalúa la información existente, como planos estructurales, arquitectónicos, toma de datos, memorias de cálculo, visitas en sitio realizadas a la institución educativa y registros fotográficos, los cuales son la base fundamental para calificar el estado actual, su comportamiento estructural, determinando las fallas particulares que permiten al analista la toma de decisiones para la recuperación de la estructura para su fortalecimiento, ya que es una estructura antigua y el sistema constructivo no cuenta con criterios estructurales de sismo resistencia.

La propuesta de recuperación estructural tiene en cuenta todos los requerimientos de la NSR-10 de 2010 y demás consideraciones del estudio de Microzonificación sísmica de la ciudad de Pereira, de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial (POT), para la recuperación final del edificio y continuar con su uso original.

Después de evaluar la estructura se eligen las alternativas de recuperación más adecuadas.

3. ANTECEDENTES

En cuanto a los estudios de sismicidad en Colombia se encuentran los siguientes documentos:

El catálogo de Don Santiago Pérez Valencia (1785-1843): Los registros realizados por Don Santiago Pérez Valencia se produjeron sin duda alguna a raíz del terremoto que se presentó el 12 de julio de 1785, el cual ocasionó no solo la destrucción de Santa Fe de Bogotá sino también serios daños en la ciudad de Popayán, donde precisamente se comenzaron a llevar los registros de los sismos presentados. Los eventos se registraron como un listado cronológico que evidencia fecha, hora y efectos presentados en la ocurrencia.¹

La crónica de Don José María Caballero (1813-1819): Éste realizó un escrito similar al de Don Luis Vargas Jurado, Don José María Caballero quien era suboficial del ejército colombiano durante las guerras de la independencia anotó en su diario acontecimientos que evidenciaban sus vivencias pero que a su vez registró casos como el terremoto de Honda ocurrido en 1805, y además los terribles efectos que produjo un sismo presentado en Fómeque el 18 de octubre de 1743.²

La cronología sísmica de Don Francisco Javier Vergara y Velasco (1898): es quizá la primera investigación en cuanto a sismicidad histórica del país, y está basada en la búsqueda sistemática de información sobre sismos pasados que estuviese registrada en la literatura científica e histórica disponible en la época.

Se le debe entonces al ingeniero Francisco Javier Vergara y Velasco, quien fue ingeniero y militar, además geógrafo e historiador, la publicación de la cronología de los terremotos en Colombia en la revista Anales de Ingeniería de la sociedad Colombiana de ingenieros, donde registró no solo los grandes eventos sísmicos sino también los eventos volcánicos ocurridos hasta entonces en Colombia.³

¹ ESPINOSA, Armando Baquero. 2003. La sismicidad histórica en Colombia: Historical seismicity in Colombia. En: Revista Geográfica Venezolana. Volumen 44 (2). Páginas 271-283.

² *Ibíd.*

³ *Ibíd.*

Con el terremoto que se presentó en la ciudad de Popayán en el año 1983 en Colombia se dieron inicio las labores de trabajos que recopilaran información sísmica tanto a nivel nacional como regional, y de esta manera sistematizar dichos eventos. En 1984 se originó el Código Colombiano de construcciones sismo resistentes, a raíz del primer estudio general de amenaza sísmica (Decreto 1400 de 1984), con la recolección de información y recopilación de la misma en ficheros se creó un banco de datos que especificaba los sismos y la localidad de ocurrencia, lo que a su vez generó la recopilación de datos de eventos volcánicos, y entre 1988 y 1992 se estudió la microzonificación de la ciudad de Popayán, y a partir de 1992 se iniciaron también los trabajos de sismicidad histórica en ciudades como Medellín, Manizales, y Santa Fe de Bogotá, y a nivel de detalle se involucraron los eventos ocurridos en los departamentos de Quindío, Tolima y Risaralda.⁴

A lo largo de la historia también se han presentado fuertes eventos sísmicos dentro de los cuales se destacan los siguientes:

1875: En la ciudad de Cúcuta y con un saldo de mil muertos y el casco urbano semidestruido.

1906: El 31 de enero de 1906, el terremoto que sacudió el norte de América del sur también afectó el país.

1979: Clasificado como el segundo más fuerte del siglo, destruyó la población de San José de la costa y parcialmente el Charco, Tumaco y poblaciones aledañas.

1983: En la ciudad de Popayán se produjo el deceso de 300 personas y 508 más resultaron heridas a raíz de un terremoto.

1992: El temblor que en escala de Richter marcó 5,4, y que como epicentro tuvo la ciudad de Tuluá sacudió el centro y suroccidente del país, este temblor tuvo repercusiones sobre la catedral de la ciudad de Manizales.

En este mismo año y esta vez en el departamento de Antioquia, un terremoto de 6,6 en la escala de Richter sacudió la población de Murindó, que se encuentra localizada a 310 Km de la ciudad de Medellín, dicho terremoto desencadenó la pérdida de sus viviendas a 104 familias.

⁴ Ibíd. Pág. 7

Y el 19 del mes de octubre de este mismo año, un terremoto de 7,2 grados y en el mismo departamento, esta vez en San Pedro de Urabá, Antioquia perdió la vida una niña, 57 heridos y 4 desaparecidos por la explosión de un volcán de lodo.

1994: Un terremoto ocasionó la avalancha del río Páez, Cauca, dejando en total 800 muertos y 55 mil indígenas damnificados.

1995: Tauramena, Casanare fue epicentro de un temblor que sacudió todo el país, el 28 de enero.

La ciudad de Pereira se vio afectada este mismo año con un temblor el día 8 de febrero que dejó 30 víctimas mortales y 300 heridos, además de generar afectación en 1335 edificaciones.

1997: Se presenta un temblor el día 19 de febrero de 1997, de 5,7 en la escala de Richter y con epicentro en los límites entre el departamento del Valle y Chocó que no generó mayor afectación.⁵

La Corporación Autónoma Regional de Risaralda CARDER, ha realizado diferentes estudios ambientales que evidencian 37 fallas geológicas aproximadamente en el departamento, presentando por lo menos 64 segmentos que inciden en los 14 municipios que hacen parte del territorio departamental. Risaralda es atravesada por el sistema de fallas Cauca-Romeral, y la alta actividad tectónica que presenta la región occidental se ve reflejada en el fuerte fracturamiento que presentan las rocas de la corteza terrestre.⁶

El servicio geológico Colombiano cuenta con un sistema de información en movimientos en masa (SIMMA), en el cual se ha generado una base de datos a partir del registro y almacenamiento de información en cuanto a los deslizamientos

⁵ EL TIEMPO Redacción. Terremotos en la historia. En: Periódico El Tiempo, 25 de enero de 1999.

⁶ ROJAS, Leidy Johana Galvis. 2016. Identificación de la actividad sísmica, geología y movimientos en masa en los departamentos de Caldas, Risaralda y Quindío, para la localización de áreas de vulnerabilidad en la red de distribución de gas de EFIGAS.S.A. Manizales. Pág. 1-92. Especialista en Sistemas de Información Geográfica. Universidad de Manizales. Facultad de ciencias e ingeniería. Programa de especialización en sistemas de información geográfica.

que se han generado en Colombia, incluyendo el departamento de interés: Risaralda.⁷

Las diversas iniciativas que impulsaron la creación del reglamento sismo resistente fueron posibles gracias a un momento coyuntural para la ingeniería sísmica en Colombia: la creación de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). En el año 1974 se funda en la Universidad de los Andes esta asociación, cuyo propósito era reunir personas con el interés de crear una norma sismo resistente en el país. Adicionalmente, se planteó la posibilidad de fundar una Red Sismológica Nacional⁸

Otro evento que alertó a la ingeniería colombiana fue el temblor de Popayán del año 1983, ésta fue una catástrofe que recordó a los colombianos la necesidad de adoptar una norma que regulara la construcción de edificaciones con el fin de hacerlas resistentes a los sismos (AIS, 2012). A raíz de este sismo el Congreso expidió la ley 11 del año 83 en la que se decretó que había que reconstruir Popayán con una reglamentación antisísmica y, asimismo, hacerla extensiva al resto del país⁹.

En el año 1999 se produjo el terremoto de Armenia, en el cual cerca de 1000 personas perdieron la vida, y más de 13000 estructuras en todo tipo viviendas, empresas, hospital, industrias etc. sufrieron daños temporales o permanentes, las mayores causas por las que este gran número de estructuras sufrieron daños fue por el poco o casi nulo manejo de la norma para la construcción de estas, así mismo se debe tener en cuenta que la NSR-98 fue distribuida de manera oficial cerca de un año antes del sismo, muchas viviendas no contaban con el refuerzo necesario, o los refuerzos estructurales no fueron realizados adecuadamente, se podía observar “segregación” en el concreto, o que las cargas no estaban distribuidas de manera correcta según el sistema estructural utilizado.

El gobierno Colombiano se puso en la tarea, de reformar la norma de manera que las estructuras tuviese un mejor funcionamiento, proceso constructivo, fueran sustentables y lo primordial que la respuesta de estas a un sismo sea favorable, para ello los Ministerios de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, de Transporte y del Interior, se pusieron en la tarea de elaborar la norma, mediante decretos los cuales fueron anunciados en un tiempo establecido, la norma se realizó mediante estándares de calidad muy altos y fue sometida a una evaluación durante 3 años.

⁷ *Ibíd.* Pág. 7

⁸ Revista de Ingeniería, 2005

⁹ Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Bogotá, Colombia

La norma cuenta con un nuevo mapa de sismicidad el cual fue elaborado por la Red Sismológica Nacional de Ingeominas, esta permite identificar las zonas de alta, media y baja sismicidad en el país, lo cual permite realizar variaciones en los diseños estructurales, como la modificación de secciones, el contenido de acero y el sistema estructural utilizado, para este mapa se registraron entre 1995 y 2009 alrededor de 22.000 eventos sismológicos en el país, más los 13.000 eventos con los que contaba la NSR-98, se pudo realizar el mapa el cual cuenta con una exactitud muy alta, y que permite que los diseños se trabajen de manera distinta en todo el país.

La NSR-10 cuenta con 11 capítulos (A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K) que se dividen en 4 tomos, en los que se legisla sobre los requisitos de diseño y construcción, las cargas con las cuales se va a evaluar la estructura según su funcionamiento (residencial, colegio, industrial etc.) así mismo cuenta con capítulos para distintos materiales de construcción, como el caso de mampostería, madera, guadua y estructuras metálicas, cuenta con especificaciones e indicaciones para construir viviendas de uno y dos pisos, ya que estas son las más de mayor número en el país, estudios geotécnicos, donde se refiere a los tipos de suelos en nuestro país, cuales son recomendables para construir y cuáles no, y por último los requisitos de protección contra incendios en edificaciones ya que si la parte estructural de estas sufre un incendio puede afectar sus condiciones y cambiar sus características.

A nivel de patología, Colombia cuenta con algunas normas a seguir, estas se limitan a dar pautas para el proyecto y la ejecución de los mismos, la evaluación del comportamiento sísmico, el diseño posible intervención y reparación de las estructuras existentes, cosas que para la patología de estructuras es un comienzo, puesto que en la patología de estructuras se involucran muchos más factores, como lo son los agentes atmosféricos, mecánicos, químicos, y los materiales empleados.¹⁰

En el año de 2014 se desarrolló como trabajo de grado, en la Pontificia universidad Javeriana, un protocolo que pretendía unificar los criterios de estudio a la hora de realizar un estudio patológico a una estructura de concreto, dicho protocolo generaría un diagnostico conclusivo en las edificaciones. Para dicho fin, el trabajo diseña la estructura metodológica pasando por 5 etapas o fases investigativas, que comprenden la exploración y búsqueda tanto de fuentes secundarias como bibliográficas, segunda fase recolección de datos, la tercera fase la sistematización

¹⁰ DÍAZ, Patricia Barreiro. 2014. Protocolo para los estudios de patología de la construcción en edificaciones de concreto reforzado en Colombia. Bogotá D.C. Pág. 1-170. Magister en Ingeniería civil. Pontificia Universidad Javeriana Bogotá. Facultad de ingeniería.

y análisis, la cuarta fase comprende la parte de metodología, y la quinta fase construir la guía.¹¹

Las lesiones en edificaciones de concreto reforzado pueden aparecer en cualquier momento de su vida útil, pero para ello existe los estudios de patología que permiten determinan las causas de dichas lesiones, cosa que pueden ser originadas no solo por criterios estructurales o de diseño, sino también por ejemplo los elementos no estructurales como las instalaciones eléctricas y sanitarias, y la falta de mantenimiento. Entonces el estudio patológico dará un diagnostico que contenga los detalles con claridad y poder llegar a dar un plan de manejo a las fallas presentadas, y evitar también problemas de funcionalidad de la estructura o corregir los existentes si es posible.¹²

En la ciudad de Santiago de Cali, Valle del cauca, algunos estudiantes de tecnología en obras civiles, realizaron un trabajo sobre patologías de las estructuras de concreto y estructuras metálicas, este consistió en el estudio de las patologías en las estructuras, identificación de sus causas u orígenes, los riesgos y posible tratamiento, destacando que Colombia es un país donde la mayoría de construcciones son con materiales tradicionales como lo son el concreto y el acero, siendo estos materiales unos de los grandes afectados por patologías constructivas.¹³

La recopilación de conceptos, y la documentación de los principios básicos para el reconocimiento de una patología estructural, hacen parte del trabajo, que además incluyó las posibles soluciones a las patologías clasificadas a su vez según el material, en este caso solo referente a concreto reforzado o estructuras metálicas. La patología no tiene como objetivo solo la identificación de la falla, sino también su origen y atacarlo directamente proporcionando una solución verdadera, y no una simple solución temporal que si bien ayuda en primera instancia las fallas pueden volver a aparecer.¹⁴

¹¹ *Ibíd.* Pág. 11

¹² *Ibíd.* Pág. 11.

¹³ LEYTON, Alfredo; GALVIS GIRÓN, Juan Pablo; REYES BERNAL, Ingrid Leonela; SARRIA CASTILLO, Pilar Alejandra; CHAMORRO, Durley. 2014. Patologías de las estructuras de concreto y estructuras metálicas: Origen, causas, riesgos, y soluciones a las patologías en las estructuras de concreto y metálicas. Santiago de Cali. Pág. 1-43. Tecnólogo en obras civiles. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Centro de la construcción.

¹⁴ *Ibíd.*

4. HISTORIA SÍSMICA DE COLOMBIA

Los estudios realizados sobre los desastres naturales en el país tienen antecedentes que datan de muchos años, en especial los que relacionan la sismicidad, en la década de los años 80 se presentaron eventos como el terremoto de Popayán (1983), erupción del nevado del Ruiz (1985), y deslizamiento de Villa Tina en la ciudad de Medellín (1987), lo que indico para la comunidad científica del país una alerta en cuanto al estudio de los niveles de amenaza y vulnerabilidad frente a los fenómenos que se pudieran presentar.¹⁵

Colombia es considerado como un país con un alto riesgo sísmico debido a su ubicación en el Cinturón de fuego del Pacífico, el cual no solo afecta a Colombia sino a toda el área de Sudamérica que limita con el Océano Pacífico. Colombia yace sobre dos áreas de fricción importantes, la zona de subducción de la placa de Nazca con la placa Sudamericana y la placa Sudamericana con la placa del Caribe. Los lugares donde hay una zona de fricción son zonas de alto riesgo sísmico y se ubican en Nariño, Choco, Caldas y Santander, donde se ubica el pueblo de Mesa de los Santos que es considerado como el segundo pueblo más sísmico del mundo, además hay numerosas zonas con riesgo medio por su ubicación cercana a fallas geológicas activas.

El Terremoto de Armenia de 1999 ha sido terremoto más destructor en la historia de Colombia, se cree que murieron más de 2000 personas, el Terremoto de Colombia de 1827 se cree que ha sido el más destructivo y pudo alcanzar una magnitud de 9,0 y el Terremoto de Ecuador y Colombia de 1906 ha sido el más fuerte durante el siglo XX en Colombia el cual fue un sismo con epicentro en la frontera de los dos países, este causo un importante tsunami que mato al menos 1000 personas.¹⁶

En cuanto a la sismicidad regional de Risaralda, hay que tener en cuenta en primera instancia que Colombia está ubicada en el área de interacción de tres placas tectónicas, y que además entre éstas se ha generado una microplaca continental llamada Bloque Norandino, la que a su vez da paso a una red de fallas. El municipio

¹⁵ ESPINOSA, Armando Baquero. 2003. La sismicidad histórica en Colombia: Historical seismicity in Colombia. En: Revista Geográfica Venezolana. Volumen 44 (2). Páginas 271-283.

¹⁶ FORO ACONTECIMIENTOS EXTRAORDINARIOS. Ana Paula. 2012. Historia sísmica de Colombia. Mayo 18. Disponible en: < <http://acontecimientos2012.latin-foro.net>>

de Pereira, el cual se encuentra localizado en el occidente colombiano, donde la subducción de la placa Nazca bajo la placa suramericana caracterizan la tectónica y sismicidad de la zona.

Las fuentes sismogénicas que generan amenaza para el municipio de Pereira están clasificadas de la siguiente manera:

- Fosa o Trench Oceánico (fuente lejana): Debido a que en esta zona se inicia el hundimiento de la placa subducente, ha presentado eventos superficiales con elevadas magnitudes, aunque de recurrencia corta, de allí se han originado los sismos de mayores magnitudes con ocurrencia en el occidente colombiano. Como ejemplo de dichos eventos están los sismos presentados el 31 de enero de 1906, y el 12 de diciembre de 1979, cuyas magnitudes fueron de 8.6 y 7.9 respectivamente y con profundidades cercanas a los 25 Km. El ultimo evento presentado, en el año de 1979 ocurrió a una distancia epicentral de Pereira de alrededor de 200 Km.
- Subducción intermedia y profunda (Plano de Benioff): Aquí se pueden diferenciar dos fuentes sismogénicas de importancia, que se clasifican por su profundidad, encontramos la subducción intermedia que varía entre los 70 y 140 Km de profundidad y la subducción profunda que es mayor a los 140 Km de profundidad. Los sismos importantes relacionados son los ocurridos el 30 de julio de 1962, el 23 de noviembre de 1979, el 8 de febrero de 1995 y el 19 de agosto del mismo año, los anteriores sismos ocurrieron en un rango de profundidades entre 70-140 Km. De la misma forma han ocurrido eventos sísmicos de importancia con profundidades mayores a 140 Km como lo son los del mes de febrero del año 1938 y diciembre de 1961, donde también se relacionan sismos más recientes como los del año 1997, ocurridos el 2 de septiembre y el 11 de diciembre.
- Fuentes sísmicas superficiales (Fuente cercana superficial): Estas están representadas por las fallas geológicas, fuentes generadoras de sismos sobre la corteza continental lo que indica profundidades máximas de 35 Km, eventualmente pueden causar ruptura sobre la superficie, debido a estas fuentes se han producido sismos como el ocurrido el 25 de enero de 1999, el cual tuvo una magnitud de 6.2, es el primero a nivel histórico regional en alcanzar una magnitud así.

La zona de estudio presenta su actividad sísmica en su mayoría por sismos generados en la subducción intermedia y profunda o plano de Benioff, las profundidades en este plano varían entre 80 y 160 Km, la ocurrencia de sismos en este plano se pueden ejemplificar con los presentados en el año de 1995 específicamente el 8 de febrero, el 23 de noviembre de 1979, 20 de julio de 1962, 20 de diciembre de 1961, y 4 de febrero de 1938. La zona del eje cafetero está atravesada además por múltiples fallas geológicas, como la falla del Romeral que tiene una extensión de 1200 Km, y otro factor que contribuye a los eventos sísmicos en la ciudad es una gran cantidad de rellenos antrópicos que amplifica los efectos sísmicos sobre viviendas, estructuras y sus alrededores.¹⁷

¹⁷ MORENO ROJAS, Jesús Herney. 2006. El impacto de los desastres análisis desde el sector de vivienda. Febrero, Pereira-Risaralda. Pág. 1-174.

8. HISTÓRICO DE EVENTOS SÍSMICOS EN PEREIRA

Los sismos históricos más importantes dentro de un radio de 200 Km. alrededor de Pereira.¹⁸

Tabla 1 Histórico de eventos sísmicos en Pereira

Fuentes	FECHA Día/mes/año	Intens. Epicentral (MSK)	Intens. Máx. Regional (MSK)	Latitud	Long.	Prof.	Ms	Fuente sísmica	Dist. Epicentral (km)
3,5	31/01/06						8.8	Fosa	>200
1	09/02/1878	VII	VII	4.78	75.50				68.6
1	09/09/1878	VIII	VIII	4.78	75.50				68.6
1	10/01/24	VI	VI	4.73	76.09				72.8
1	07/06/25	VII-VIII	VI	3.90	76.40				171.0
2	18/09/35			5.50	76.00	80	6.3	Benioff	29.9
1,2	05/02/38	VIII	VII-VIII	5.28	76.43	160	7.0	Benioff	106.4
2	22/05/42			4.50	75.00	130	5.8	Benioff	127.3
2	10/04/50			4.60	75.40	128	6.0	Benioff	91.4
1,2	20/12/61	VII	VII-VIII	4.60	75.60	176	6.7	Benioff	82.9
1,2	30/07/62	VIII	VIII	5.27	75.51	59	6.7	Benioff	32.9
2	12/01/63			4.70	76.70	84	5.8	Benioff	121.1
5	09/02/67							Falla (Huila)	>200
1,2	03/04/73	VII	VII	4.70	75.67	146	6.4	Benioff	70.2
2	19/05/76			4.49	75.77	161	5.8	Benioff	92.1
1,2	23/11/79	VIII	VIII	4.81	76.20	105	6.7	Benioff	71.7
4	12/12/79						8.1	Fosa	>200
2	25/06/80			4.50	75.73	160	6.0	Benioff	91.3
1	29/11/88		V-VI	5.13	76.68				99.8
1	23/11/90		V	4.34	75.39			Benioff	117.9
9	19/11/91							Cerca de la fosa	>200
1	18/10/92	X	V	6.79	76.74			Falla (Murindó)	193.9
8	17/11/92							Falla (Murindó)	
6	06/06/94							Falla (Paéz)	
1	08/02/95	VII	VI	4.13	76.74			Benioff	168.2
1,2	19/08/95	VI	VI	5.11	75.71	110	6.6	Benioff	25.3
7	19/01/95							Falla (Tauramena)	
8	17/11/96							Benioff	
8,14	19/02/97			4.56	76.49	100	5.8	Benioff	114.0
8	02/09/97					8		Benioff	
2	11/12/97			4.00	75.95	220	6.2	Benioff	147.4
1,2	25/01/99	X	VIII	4.45	75.73	35	6.4	Falla (Silvia-Pijao)	96.8

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Risaralda. (CARDER)

¹⁸ DIAGNÓSTICO DE RIESGOS AMBIENTALES MUNICIPIO DE PEREIRA RISARALDA. En: Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER). [PDF].

9. COMPORTAMIENTO DE LAS EDIFICACIONES EN LOS SISMOS RECIENTES

El 25 de enero de 1999 se presentó un sismo de 6,4 grados en la escala de Richter, que afectó principalmente los departamentos de Risaralda y Quindío, a continuación, se indicará el comportamiento de algunas estructuras en la ciudad de Pereira frente a dicho terremoto, que en su ocurrencia dejó dos mil muertes, cuatro mil heridos, y cerca de 500 desaparecidos.

Algunos casos emblemáticos como consecuencia del temblor en referencia son:

Edificio de Frisoner Quiroz:

Este edificio ubicado en la carrera 15 16B-28, era de cuatro pisos y contaba con 4 metros de frente y 20 metros de profundidad, en el sismo presentó grandes daños en la mampostería y en los elementos estructurales que se podían apreciar desde la calle, las vigas y columnas interiores quedaron en pie, la relación ancho largo del edificio es de 0.2 valor comparado para la época con la normatividad italiana y es demasiado bajo clasificado además en la categoría C como vulnerable.

En este caso falló el hormigón debido a su baja calidad, esto se evidencia en la base de los elementos estructurales con daños, la edificación que a la fecha no contaba con más de 10 años de construida demuestra que no se hizo bajo la normatividad vigente para la época en la cual ya existía la normativa colombiana de construcciones sismo resistentes de 1984.¹⁹

Edificio Motos y Más:

Esta edificación localizada en la carrera 11 número 18-46, consta de dos sectores uno tiene dos pisos y el otro tiene tres pisos, no existe junta de construcción alguna, lo que indica que su configuración es irregular en elevación y en planta. En el último piso de la edificación se produjo la ruptura de los conductos del agua, que además

¹⁹ Ibíd.

se filtró a través de la losa que presento agrietamiento, este edificio ya se había calificado en alerta roja por el comité local de emergencia de la ciudad.²⁰

Iglesia del Perpetuo Socorro:

Durante el sismo el centro de la ciudad fue el más afectado, allí se encuentra localizada la iglesia del Perpetuo Socorro, su cubierta estaba construida con una celosía de lámina delgada apoyada a su vez en una losa soportada por columnas esbeltas de hormigón, lo que se puede deducir de esta información es que la estructura es mixta, constituida por un elemento rígido y un elemento flexible, esto ocasiono el colapso de la cubierta debido a la vibración y al no existir anclaje. Además de la cubierta la mampostería lateral sufrió grave afectación, esta mampostería no contaba con elementos de confinamiento, por lo cual debería modificarse en una reconstrucción.²¹

El sismo que se toma como referencia para la ciudad es el ocurrido en el año de 1999, ya que está clasificado como el de ocurrencia con mayor magnitud y que ha generado grandes afectaciones en el municipio, además de las edificaciones mencionadas anteriormente, en la ciudad de Pereira se vieron afectadas 8761 viviendas de las cuales 6308 sufrieron daños parciales, 760 quedaron en pérdida total y 1693 se declararon inhabitables.²²

²⁰ *Ibíd.* Pág. 17

²¹ *Ibíd.* Pág. 17

²² CEPAL: Naciones Unidas. 1999. El terremoto de enero de 1999 en Colombia: Impacto socioeconómico del desastre en la zona del Eje cafetero. 27 de abril. Pág. 1-93.

10.OBJETIVOS

10.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar mediante patología el estado actual de la estructura INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN JOAQUÍN.

10.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Inspeccionar la estructura de la institución educativa y generar registros fotográficos de las fallas aparentes.
- Realizar un estudio a la estructura mediante recorridos de observación, registro fotográfico, y revisión con ferro escáner.
- Generar un informe de patología y clasificar el estado de la estructura.

11. MARCO DE REFERENCIA

11.1 MARCO CONCEPTUAL

Concreto simple:

El concreto simple es una mezcla de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso debe ser cubierto por la mezcla del cemento y el agregado fino rellenar los espacios entre el agregado grueso y estar recubierto completamente, sus usos más reconocidos son el del vaciado de falso piso, mortero y contrapiso.²³

Concreto reforzado:

El concreto reforzado es un material constituido por concreto con refuerzo en acero corrugado, estribos transversales o mallas electro soldadas, principalmente en las zonas de tracción, en cuantías superiores a las mínimas especificadas.²⁴

Falla:

Cuando una estructura deja cumplir con su función de una manera adecuada, se dice que ha fallado. Al hablar de falla no se puede en general, pues están clasificadas, como se enunciará a continuación:

- Falla por deformación elástica excesiva.
- Falla por deformación permanente.
- Falla por separación parcial
- Falla por separación total.

La falla por deformación elástica está relacionada con el funcionamiento de la estructura directamente, puede ocasionar la restricción de uso de la misma, se pueden ocasionar problemas constructivos de consideración como la rotura de vidrios, grietas en los cielos rasos, desajustes de puertas y ventanas, entre otras.

²³ CONCRETO: generalidades, propiedades y procesos. [PDF]. Disponible en: <http://www.academia.edu/9706247/CONCRETO_Generalidades_propiedades_y_procesos>

²⁴ Procesos y procedimientos para la construcción de estructuras en concreto. Centro de industria y construcción. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA): Regional Caldas. Módulo de formación: Acondicionamiento de la edificación. Disponible en: <http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/8830/procesos_procedimientos_para_la_construccion.html#>

La falla por deformación permanente, se presenta cuando el material se ve sometido a un esfuerzo superior a su límite elástico. Cuando esto ocurre la estructura se debe ver sometida a reparación.

La falla por separación parcial, esta indica que algunas partes en el elemento estructural presentan separaciones mayores a las consideraciones normales, en este caso se presentan fisuras y grietas, este tipo de falla puede evolucionar negativamente y empeorar, y terminar en un deterioro mayor del elemento estructural.

El último tipo de falla en la clasificación es el más grave desde el punto de vista de la seguridad, es la falla por separación total y llega al colapso de la estructura, este implica no solo daños a nivel de estructura sino también consecuencias económicas y hasta de pérdida de vidas.²⁵

Fisura:

La fisura en el concreto es una rotura que aparece cuando en la superficie del mismo se generan tensiones superiores a su capacidad de resistencia, cuando la fisura se atraviesa de lado a lado se convierte en grieta.

Las fisuras se originan en las variaciones de longitud en alguna cara del concreto, y derivan de tensiones que desarrollan el material por retracciones térmicas o hidráulicas, o en otros casos entumecimientos que se manifiestan generalmente en las superficies libres. La retracción térmica se produce por una disminución importante de temperatura en los elementos de concreto cuyo empotramiento les impide los movimientos de contracción.

Por lo general estas fisuras no conllevan a daños estructurales de gravedad, pero deben ser estudiadas caso por caso.²⁶

Patología:

La patología estructural consiste básicamente en conocer los posibles problemas que presenta una edificación en sus sistemas bien sea estructural o no estructural, estos pueden ser ocasionados por factores internos o externos, las patologías datan

²⁵ APUNTES INGENIERÍA CIVIL. Estructuras y sus tipos de fallas. [En línea]. Disponible en: <<http://apuntesingenierocivil.blogspot.com.co/2014/04/estructuras-y-sus-tipos-de-fallas.html>>

²⁶ CONSTRUMATICA: Meta portal de arquitectura, ingeniería y construcción. Fisuras en el hormigón. [En línea]. Disponible en: <http://www.construmatica.com/construpedia/Fisuras_en_el_Hormig%C3%B3n>

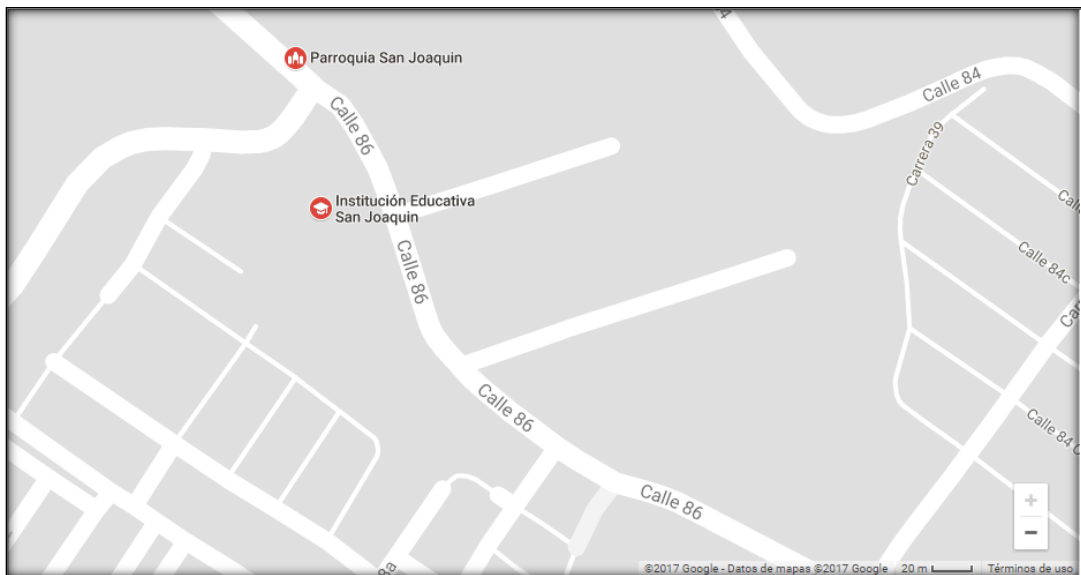
de los años 60 y es allí donde se comienza a indagar acerca de las patologías del concreto reforzado.

La patología estructural entonces apunta a evidenciar las fallas o comportamiento irregular de una edificación, estudiar la seguridad de la misma, los pasos de la patología consisten básicamente en identificar el comportamiento defectuoso, realizar una investigación de las causas, y plantear las acciones inmediatas o “tratamiento”.²⁷

11.2 Localización de la estructura e información general.

La institución educativa San Joaquín está localizada en el barrio San Joaquín, de Cuba, vía Altagracia.

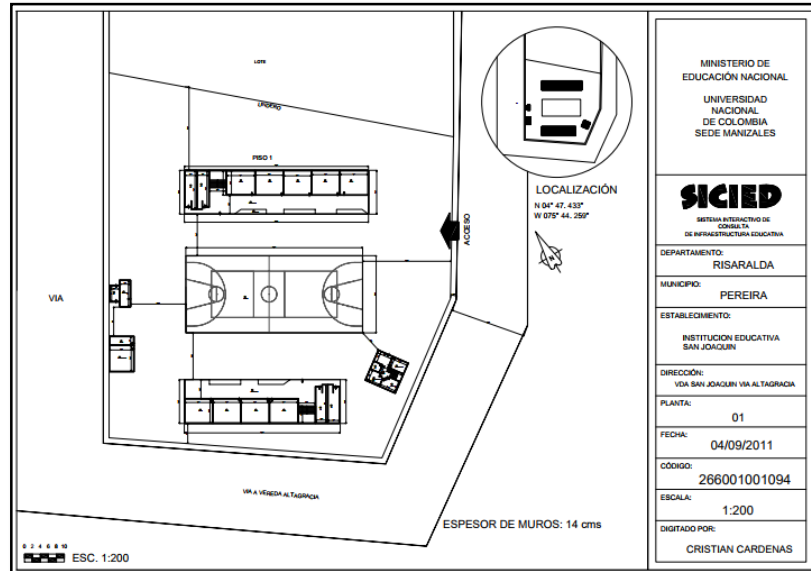
Imagen 1 Localización Institución educativa San Joaquín.



Fuente: Google Maps 2017.

²⁷ PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO: Recopilación de información y procedimientos necesarios para entender y tratar una patología en estructuras de concreto reforzado. [En línea]. Disponible en: <<http://patologiasestructurasconcreto.blogspot.com/co/>>

Imagen 2 Planta y localización Institución educativa San Joaquín.



Fuente: Portal web Alcaldía de Pereira. Galería de mapas.

Según la NSR-10 la edificación en estudio está clasificada en la categoría II de riesgo de las edificaciones según su grupo de ocupación.

Se clasifica además dentro del grupo III: Edificaciones de atención a la comunidad de acuerdo al título A de la norma, su coeficiente de importancia entonces es de 1.25, y estos datos sumados a información de estudio de suelos nos conduce al diseño de la estructura siguiendo los parámetros y pautas establecidas por la norma.

La estructura además debe contar con la configuración en planta y en altura que establece la norma, y su sistema estructural debe cumplir con los requerimientos también, la norma establece valores mínimos de carga muerta para los elementos no estructurales y para la ocupación educativa este valor 2.0 KN/m² de área en planta en fachada y particiones y de 1.6 KN/m² para afinado de piso y cubierta.

Para las cargas vivas según el título B de la norma en uso educativo, las cargas vivas uniformemente distribuidas deben ser equivalentes a 2.0 KN/m² para los salones de clase, corredores y escaleras 5.0 KN/m², y en la biblioteca para estanterías 7.0 KN/m² y zona de lectura 2.0 KN/m².

Todos los valores anteriores deben ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar y se deberían entrar a revisar en caso de un análisis estructural profundo para determinar posibles causas de fallas o colapso de la estructura en caso extremo²⁸.

²⁸ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010. Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes. Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR-10: Título A. Bogotá D.C, Pág. 1-186.

TEMA DE INVESTIGACIÓN

12. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Después del año 1987 en el cual ocurrió el terremoto de Popayán y los sucesos ocurrido en Colombia se decide la adopción de las primeras normas de sismo resistencia NSR, para minimizar los riesgos en las edificaciones existentes y nuevas sobre todo en las zonas sísmicas altas.

En el edificio donde se realiza la investigación, se observa que no existe un diseño estructural de sismo resistencia adecuado ya que fue construida previamente a las distintas normas enfocadas a la sismo resistencia.

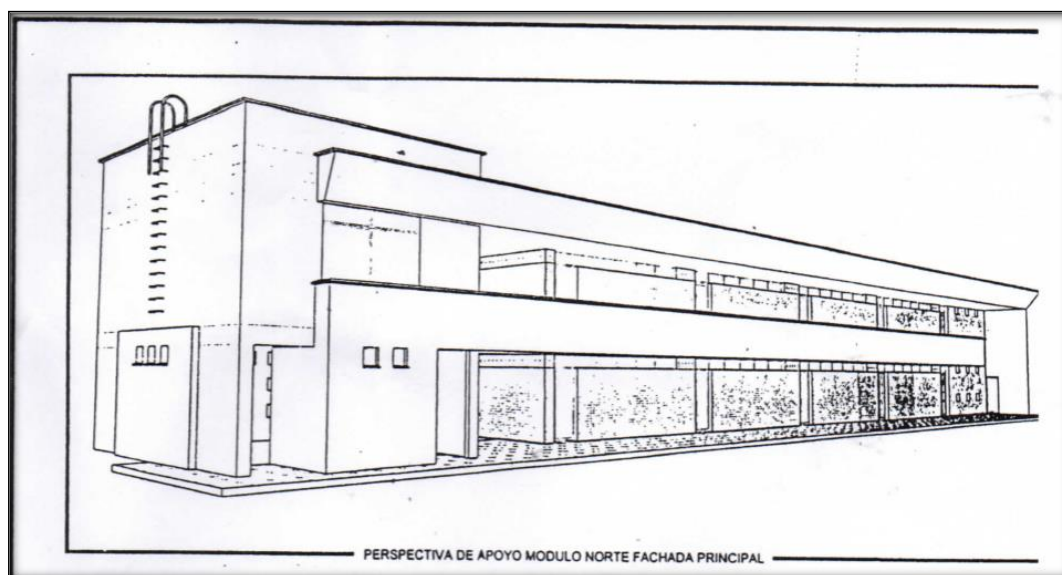
- Época de detección: Aunque el edificio durante la visita de campo presenta humedades descascaramiento en las paredes, fisuras en sus paredes y grietas, es de conocimiento de acuerdo a lo expresado por las personas que se encuentran en el lugar que las fisuras y grietas han venido aumentando con el tiempo, las cuales se presentaron durante el terremoto del 25 de enero de 1999 y fueron reparadas en su momento, pero se han vuelto a presentar con los años.
- Medidas preventivas: Se señalan los lugares donde la edificación ha presentado daños menores o medios.
- Cambios ambientales: Los cambios ambientales no presentan mayores cambios en la estructura o de consideración, pero se hace aclaración que en el lugar donde está construida la obra (y en general toda la ciudad de Pereira) el índice de pluviosidad es muy alto, agregado a esta situación que la obra fue abandonada después del sismo lo que hizo que se aumentaran los problemas de filtración y humedad, que seguramente podría haber cambiado las características de la mampostería, en cuanto a su resistencia inicial.
- Recopilación de Información: Aparte de la información de campo, como visitas al lugar, registro fotográfico, fue necesario consultar los planos, actas, estudios y diseños que reflejaban los parámetros con que fue construido.

13. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.

En el reconocimiento visual realizado a la institución educativa San Joaquín se encuentran grietas, desprendimiento de material, humedades en cubierta y en paredes, detalles constructivos incoherentes como ductos de energía, exposición de estructuras metálicas a la intemperie sin protección, y detalles de mantenimiento, entre otros.

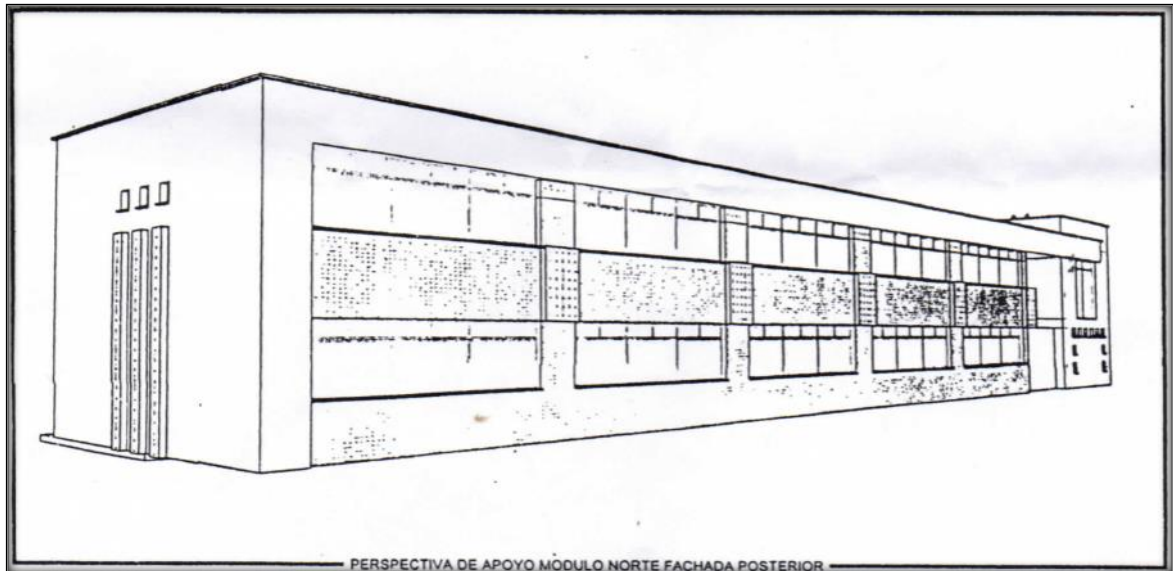
13.1 Planos de apoyo

Imagen 3 Perspectiva de apoyo modulo norte fachada principal.



Fuente: Ricardo Andrés de los Ríos y Juan Carlos Rodríguez: Diseño arquitectónico. Reconstrucción Colegio San Joaquín.

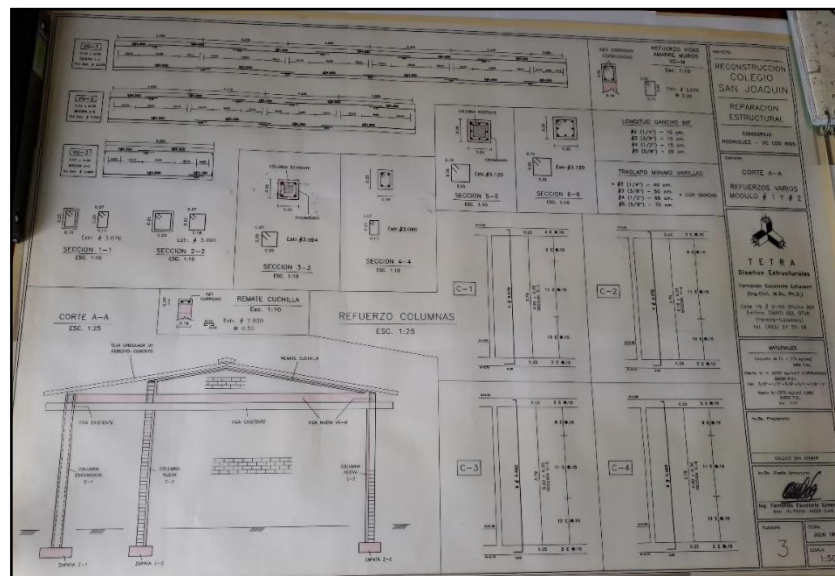
Imagen 4 Perspectiva de apoyo modulo norte fachada posterior.



Fuente: Fuente: Ricardo Andrés de los Ríos y Juan Carlos Rodríguez: Diseño arquitectónico. Reconstrucción Colegio San Joaquín.

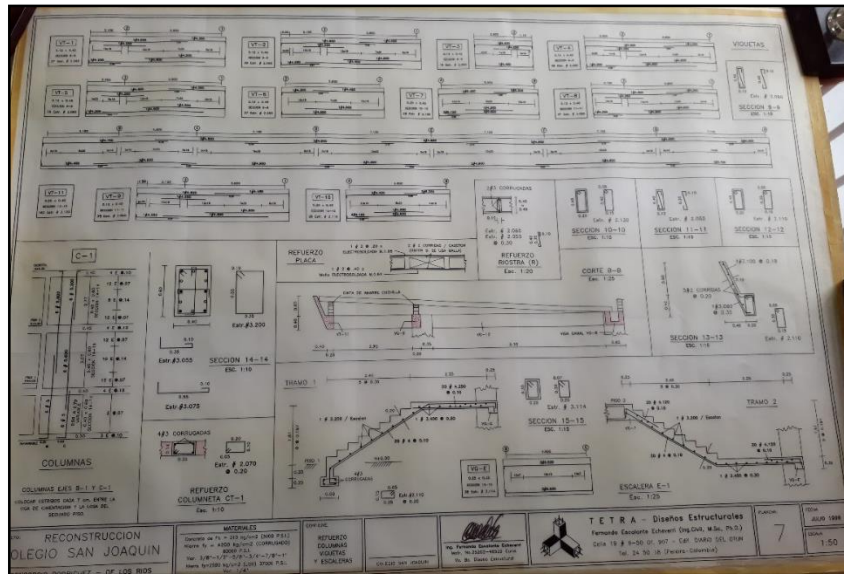
Los planos de perspectiva suministrados no coinciden con el diseño, ni con lo construido y encontrado en el recorrido de campo, por lo cual solo se anexan como base para referenciar la propuesta de reconstrucción.

Imagen 5. Plano pórticos y refuerzos



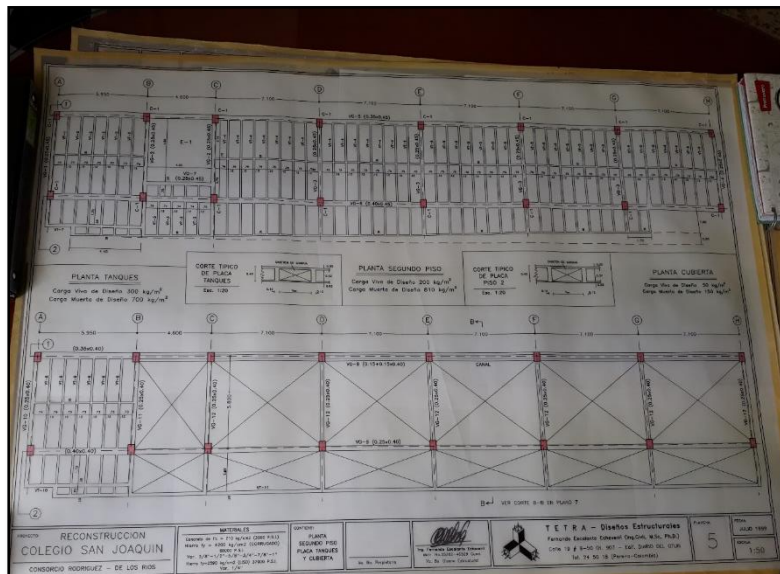
Fuente: Fuente: Ricardo Andrés de los Ríos y Juan Carlos Rodríguez: Diseño arquitectónico. Reconstrucción Colegio San Joaquín.

Imagen 6 Planos de refuerzo de columnas, viguetas y escaleras.



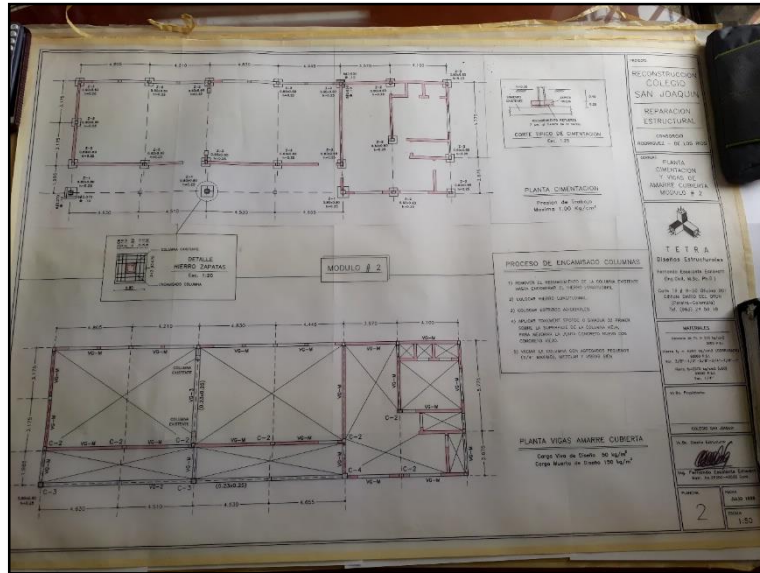
Fuente: Ricardo Andrés de los Ríos y Juan Carlos Rodríguez: Diseño arquitectónico. Reconstrucción Colegio San Joaquín.

Imagen 7 Planos segundo piso, placa tanques y cubierta.



Fuente: Ricardo Andrés de los Ríos y Juan Carlos Rodríguez: Diseño arquitectónico. Reconstrucción Colegio San Joaquín.

Imagen 8 Planos cimentación, vigas de amarre cubierta Modulo No.2



Fuente: Ricardo Andrés de los Ríos y Juan Carlos Rodríguez: Diseño arquitectónico. Reconstrucción Colegio San Joaquín.

13.2 Datos recopilados

13.2.1 Datos tomados en campo

- El colegio fue reconstruido debido al sismo del 1999 el cual generó daños a la estructura del colegio.
- La biblioteca fue construida entre los años 2016 y 2017
- El comedor de los estudiantes fue la única estructura que sigue funcionando de la planta física antigua.
- El colegio cuenta con dos bloques idénticos por lo cual solo se estudia uno de ellos.
- El Instituto Educativo San Joaquín cuenta con los planos arquitectónicos los cuales son suministrados por el rector del colegio.

MEDIDAS

- Altura del bloque (2 pisos): 5.94m
- Longitud total del bloque: 32.3m
- Losa aligerada en Steeldeck
- Piso de aulas de clase: tipo Payandé de 30x30 cm
- Pisos de corredores y acceso al 2do piso “granito pulido”

NOTA:

El recorrido de las instalaciones se hace por pisos a los cuales se les hace inspección visual y registro fotográfico

El PISO 1 consta de:

Sala de profesores

- Luz entre columnas longitudinal 6.68m
- Luz entre columnas transversal 2.2m (lado interno) (se encuentran 4 vigas de carga, así se encuentra modulado todo el bloque)
- Dimensiones de columna 0.27x0.47m
- Dimensiones de las vigas L=0.41 B=0.25
- Se presenta retracción en el concreto
- Hormigqueo en columnas y vigas
- Se encuentra un ventanal de columna a columna con una viga de apoyo en la parte inferior.

Salón 11B

- Dimensiones de vigas L=0.42m B=0.25m
- Dimensiones de columna 0.6x0.38m

Sala de sistemas

- Dimensiones de columna 0.4x0.60m
- Luz de columnas longitudinal 7.20m

Acceso 2do. Piso (Gradas)

- Luz del módulo longitudinal 4.17m
- Huella 0.29m
- Contra-huella: 0.19m
- 18 pasos con un descanso en la mitad

Baterías de baños

- Se encuentra igual modulación del módulo 1 (columnas y vigas)

El PISO 2 consta de:

Salón 1

- Se encuentra balcón con cantiléver de 0.57m
- Alfajía de 0.29m
- Altura muro balcón 0.95m
- Se encuentra ventanal de piso a techo

Salón 12

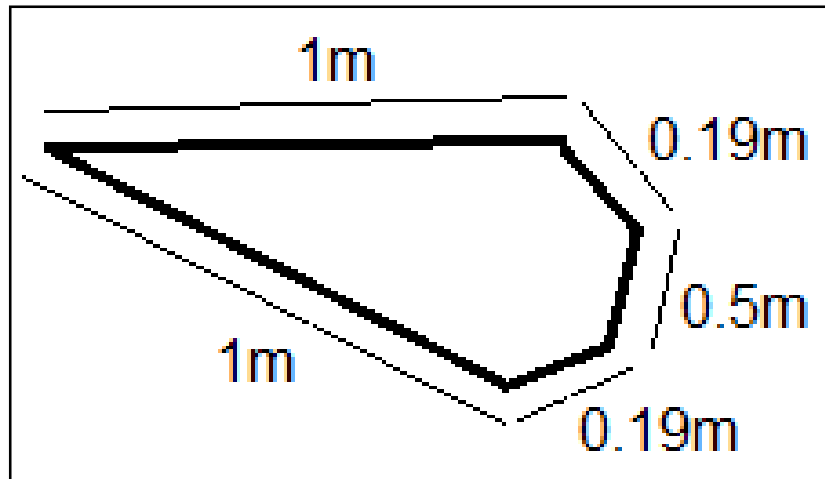
- Ancho del corredor del segundo piso 2.14m
- Las aulas del segundo piso se encuentran en piso Payandé de 30x30
- El corredor del segundo piso se encuentra en piso granito pulido
- Los salones se encuentran con techo falso de icopor
- La iluminación de los salones es 9 lámparas distribuidas en el aula cada una con 2 tubos fluorescentes sin protección de rallos.
- Ventanales de toda la longitud de la pared

- La zona exterior como es corredor se encuentra con gyplac con graves deterioros
- La canal de aguas lluvias presenta filtraciones las cuales se ven reflejadas en el gyplac

- Se observa teja de fibrocemento N° 12
- Se observa el cableado eléctrico por encima de la cubierta encapsulado

CAFETERÍA

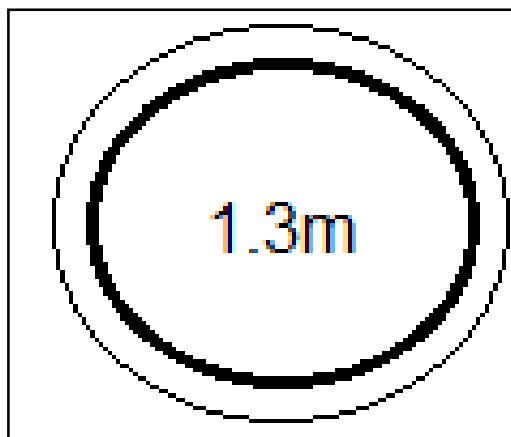
- Se encuentra 1 columna con esta configuración
- Imagen 9 Configuración columna, área de cafetería



Fuente propia.

- Se encuentran 6 columnas circulares

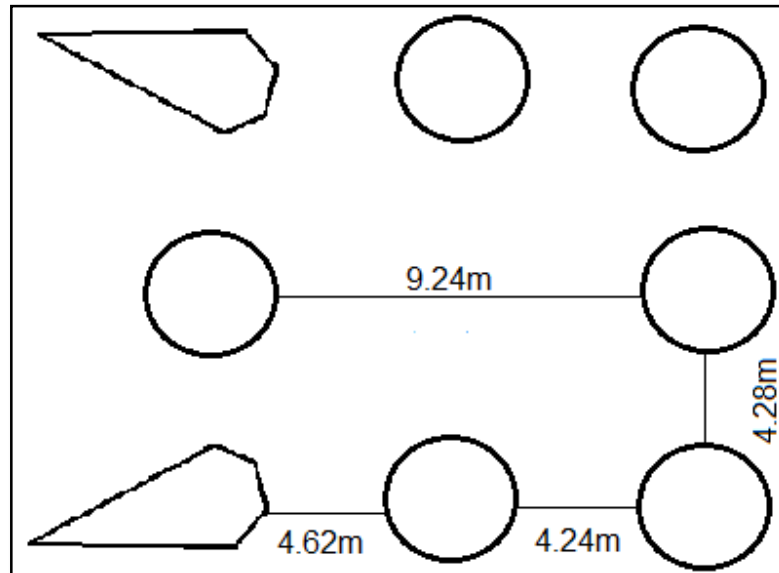
Imagen 10 Configuración columna circular, área cafetería.



Fuente: Propia.

- Configuración de las columnas en la cafetería.

Imagen 11 Planta y configuración de las columnas, área cafetería.



Fuente: Propia.

- Estructura de techo metálica con correas sencillas (ángulo 2")
- Cubierta 2 aguas

BIBLIOTECA

- Concreto a la vista columnas de 30x30
- Muros en bloque estructural de 20x39
- Cajas eléctricas sin tapa en el exterior
- Luz externas entre columnas de 5.16m
- Estructura de techo perlines dobles, ángulo de 2" doble
- Cubierta 2 aguas
- Altura del punto más alto de la cubierta 4.36m
- Altura de viga en perfilaría 2.86m
- Cubierta arriostrada con varilla de media
- Piso en granito pulido con tableta de gres
- Teja de fibrocemento N° 8
- La iluminación de la biblioteca consta de 6 lámparas distribuidas con 2 tubos cada una.
- Puerta de acero calibrado
- Tubo de aguas lluvias PVC 3" en el exterior.
- Cableado eléctrico exterior e interior encapsulado

COLISEO

- Losa de concreto de 2.4 x 3 m
- El corredor del patio es en adoquines

Hallazgos:

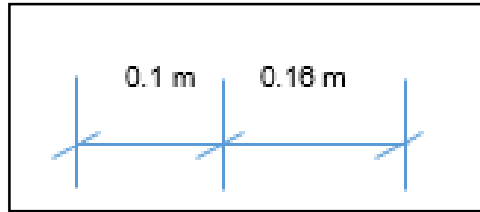
- Presenta oxidación en la estructura
- Se observan las juntas muy dilatadas y desiguales
- Todas las losas presentan grieta transversal
- Se observa material granular expuesto.
- Se observa asentamiento diferencial entre las losas
- En general las losas presentan baches de concreto sobrepuesto.
- Referente a las dilataciones de las losas presenta desigualdad en el corte
- En algunas losas se presenta piel de cocodrilo
- Se observa pobre delineación de la cancha en cuanto a pintura
- Los apoyos de la estructura metálica se encuentran embebida e en concreto lo cual genera momento cortante lo cual se puede ver en peligro su estabilidad.
- En las zonas verdes se observa falta de prado lo que lo hace peligroso para los estudiantes
- En algunas partes se observa adoquines mal instalados y con ausencia de base de arena.

DATOS OBTENIDOS CON EL FERROSCAN

Diámetro No. 3 (1/8")

- Barras longitudinales (n=2) lado 1 columna
 - 1) 1.20" (espesor del concreto)
 - 2) 1.04"
 - 3) 0.92"

Imagen 12 Distribución acero longitudinal en columna 1

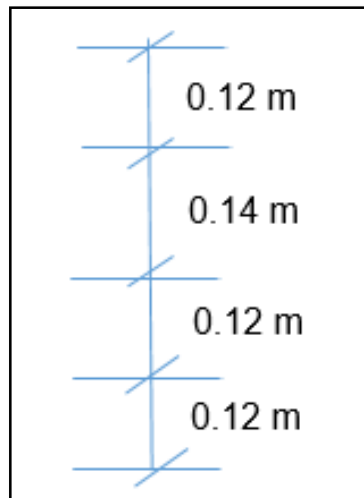


Fuente: Propia.

- Barras transversales (estribos)

- A) 0.84"
- B) 0.84"
- C) 0.88"
- D) 0.96"
- E) 0.69"

Imagen 13 Distribución de acero transversal en columna 1.



Fuente: Propia.

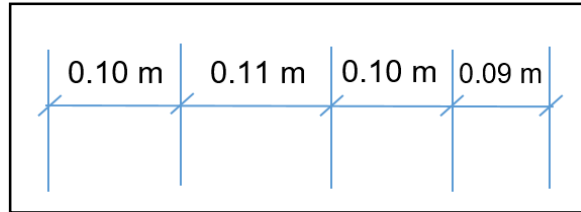
- Barras longitudinales (n=0) lado 2 columna

Diámetro No 5 (5/8")

- 1) 1.72"
- 2) 1.48"

- 3) 1.36"
- 4) 1.44"
- 5) 1.56"
- 6) 1.04"

Imagen 14 Distribución de acero longitudinal lado 2 en columna 1.

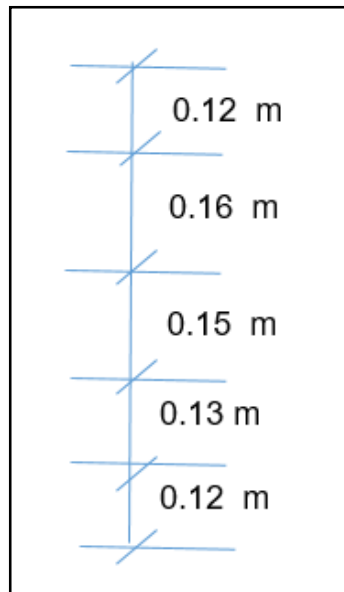


Fuente: Propia.

- Barras trasversales

- A) 1.12"
- B) 1.24"
- C) 1.2"
- D) 1.2"
- E) 0.92"
- F) 1"

Imagen 15 Distribución del acero trasversal en columna 1 lado 2



Fuente: Propia.

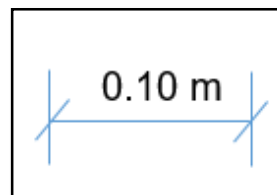
COLUMNA 2

- Barra longitudinal (n=0) lado 1 columna

1) 1.40"

2) 0.84"

Imagen 16 Distribución acero longitudinal columna 2.

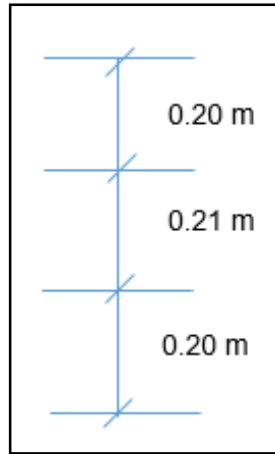


Fuente: Propia.

- Barra transversal

- A) 1.04"
- B) 1.12"
- C) 1.16"
- D) 1"

Imagen 17 Distribución acero longitudinal columna 2.



Fuente: Propia.

13.3 Informe de Patología

13.3.1 Diagnóstico

El diagnóstico se lleva a cabo con el fin de identificar la “enfermedad” que afecta la estructura, esto se refiere a las fallas identificadas, y así poder concluir de alguna manera el estado de resistencia y condiciones de funcionamiento de la edificación.

Por lo tanto, por medio de la inspección visual y reconocimiento de los elementos afectados, se les clasifica su nivel de daño dentro de la importancia estructural:

Tabla 2 Clasificación de los hallazgos.

	Descripción	Evaluación del nivel de daño
COLUMNAS/VIGAS		
<p>Imagen 18 Columna con hormiguo.</p>  <p>Fuente: Propia</p>	<p>Hormiguo por segregación de los materiales se produce principalmente por el tamaño del agregado empleado en la producción de concreto, este hormiguo produce en elemento estructural una disminución en la resistencia a la compresión y afecta gravemente la durabilidad.</p>	<p>Fuerte</p>

Imagen 19 Desprendimiento en Columna



Fuente: Propia

Desprendimiento de material en una columna y una de las causas principales puede ser una baja calidad en el material de recubrimiento, ya que al tratarse de un elemento interno no se ve directamente afectado por eventos climáticos.

Moderado

Imagen 20 Columna exterior



Fuente: Propia.

La fisura que se evidencia puede ser causada por someter el elemento a una tensión superior para la cual está diseñado, también se puede producir por retracciones térmicas.

Fuerte

PLACAS DE CONCRETO

Imagen 21 Placa de concreto cancha.



Fuente: Propia.

Se aprecia una posible falta de continuidad en las juntas, y aunque esta discontinuidad no es significativa también por acciones ambientales se ha deteriorado.

Fuerte

Imagen 22 Placa de concreto en cancha



Fuente: Propia.

Esta patología es una pérdida de escama restringida, un escamado medio, y hay exposición de los agregados lo que implica un deterioro en el elemento.

Severo

Imagen 23 Placa de concreto



Fuente: Propia.

Desintegración del concreto, en este caso se pudo producir por la acción de un golpe, presión o agentes climáticos.

Severo.

MUROS

Imagen 24. Desprendimiento en muros



Fuente: Propia

Este es un caso de desprendimiento de material en un muro y una de las causas principales puede ser una baja calidad en el material de recubrimiento, o en algunos casos se afecta por estar sometido a agentes climáticos.

Severo

CUBIERTA

Imagen 25. Cielo raso mal colocado



Fuente: Propia

El cielo falso en este caso se debe someter a mantenimiento, y aunque no corre ningún riesgo a nivel de estructura se debe verificar como están colocadas las placas de icopor respecto a la estructura de lámina.

Moderado

Imagen 26. Placa de Cubierta



Fuente: Propia

En este caso se tiene un desprendimiento en parte de la placa de la cubierta, aparentemente debido a una humedad, lo que se debe evaluar a profundidad, inicialmente se debe realizar una inspección a la cubierta y los sistemas de conducción de aguas lluvias, y además de evaluar las cargas a las cuales está sometida la cubierta y para cual fue diseñada.

Severo

Imagen 27. Humedad en placa de cubierta



Fuente: Propia.

En este caso se tiene un desprendimiento en parte de la placa de la cubierta, aparentemente debido a una humedad, lo que se debe evaluar a profundidad, inicialmente realizar una inspección a la cubierta y los sistemas de conducción de aguas lluvias, y además de evaluar las cargas a las cuales está sometida la cubierta y para cual fue diseñada.

Severo

INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Imagen 28. Instalación eléctrica en mal estado



Fuente: Propia.

El caso de la instalación eléctrica expuesta, va en contra de las normas NTC, esta instalación además de estar completamente por fuera de la estructura no cuenta con la protección necesaria para el cableado eléctrico.

Severo

CORREDORES EXTERIORES DELIMITACIÓN COLISEO

Imagen 29 Pavimento articulado, en adoquín.



Fuente: Propia.

Depresión en elementos del pavimento articulado, la posible causa puede estar relacionada con las cargas a las cual se somete, pero también por una inadecuada compactación de las capas estructurales.

Severo

La clasificación de los daños tanto estructurales como no estructurales de la planta física revelan que en su mayoría tienen solución y que no es necesaria una intervención definitiva o que ponga en riesgo la vida de las personas que lo usan en especial siendo una institución educativa, por lo tanto, las posibles soluciones a las fallas se pueden proponer como reparaciones físicas y no tanto en la parte estructural.

Ahora bien, también se debe considerar realizar un mantenimiento a las instalaciones y programarlo periódicamente para garantizar que no reaparezcan ciertas fallas como las que se presentan al momento.

Las estructuras metálicas deben estar sometidas a protección con un tratamiento de superficies metálicas: remoción de pintura actual, limpieza de la superficie, aplicación pintura epóxico anticorrosiva: Imprimación, capa intermedia y capa de acabado, con lo anterior las partes que están expuestas a la intemperie no sólo se rehabilitarán sino también se prevendrán futuros desgastes del material por acciones del clima

De la revisión con ferroskam se puede deducir que los elementos estructurales analizados construidos en hormigón reforzado, cuentan con el acero de refuerzo necesario y su distribución tanto longitudinal como transversal es lógica y coherente para los elementos.

14. CONCLUSIONES

La patología se lleva a cabo conforme a los datos recopilados a nivel de inspección visual de las instalaciones del centro educativo, lo que permite concluir que, si bien la estructura no está en riesgo inminente de colapso, ni presenta daños estructurales que comprometan la integridad física de quienes hacen uso de las instalaciones, si se debe llevar a cabo la reparación de las fallas identificadas en sitio.

Los daños o fallas identificadas en las instalaciones no sólo hacen parte del componente estructural de la edificación, sino que se individualizan casos de detalles constructivos, como lo son ductos de conducción de redes, lo que indica que a nivel de construcción no se llevaron a cabo procedimientos constructivos adecuados para disponer de espacios seguros y además estéticos para dichos tubos.

Algunas de las fallas identificadas se pudieron haber prevenido con un mantenimiento periódico, lo que evita desgaste en los materiales a causa de agentes externos, puesto que es normal el desgaste de los materiales por uso, pero con un mantenimiento adecuado se puede llegar a garantizar la vida útil del elemento y por ende de la estructura en general.

A nivel general la estructura no presenta daños de consideración en elementos estructurales, es de anotar que el hormiguo presentado en el concreto puede ser causado por el tamaño de agregados usados para la producción de dicho concreto, lo que genera espacios vacíos y por lo tanto este fenómeno, que a pesar de ser común y muchas veces resultar “inofensivo” podría llegar a causar pérdida de resistencia a la compresión en el elemento estructural, además de exponer el elemento a agentes externos tanto físicos como químicos que lo llegarían a afectar severamente y poner en riesgo la vida útil de la estructura.

Se concluye que es por falta de compactación en la base que las losas sufren fisuras y asentamientos diferenciales.

15. RECOMENDACIONES

Se recomienda la realización de un mantenimiento de las instalaciones del centro educativo, con los puntos de falla identificados para evitar daños mayores a la estructura, el caso del cielo raso de poliestireno expandido (icopor) se puede rehabilitar con facilidad apoyándose del área de mantenimiento encargada.

Realizar además la rehabilitación de las estructuras metálicas expuestas a la intemperie y utilizar los productos que sean apropiados para protegerla de daños futuros.

Implementar revisiones periódicas, y seguimiento a las acciones de mantenimiento y control de las fallas identificadas para dar soluciones a las fallas que se pueden rehabilitar, como la pintura, juntas de las canchas, entre otros.

Si bien no se presentan daños de severidad a nivel estructural, se recomienda realizar seguimiento a los elementos estructurales como columnas y vigas, y su compartimiento ante movimientos sísmicos eventuales, aunque no se han presentado sismos de mayor importancia en los últimos años, se debe vigilar cómo se comportan dichos elementos y así monitorear cómo evoluciona con el uso en su vida útil.

En cuanto a la estructura del coliseo:

- Se recomienda realizar un análisis de la corrosión, mediante equipos de ultrasonido que por la exposición y el tiempo de construida presente la estructura.
- Una vez efectuada la revisión anterior, se recomienda pintar la estructura con base epóxica anticorrosión y pintarla con pintura alquídica.
- Se recomienda trasplantar las palmas que rodean el coliseo
- La cancha de microfútbol se recomienda pintarla
- Se recomienda empradizar las zonas verdes
- Se recomienda cambio de la tapa de la caja de alcantarillado
- Se recomienda instalar tapas para los orificios de la malla del voleibol.
- Se recomienda cambiar por completo la canal de aguas lluvias ya que se encuentra descolgada y fisurada.

16. BIBLIOGRAFÍA

APUNTES INGENIERÍA CIVIL. Estructuras y sus tipos de fallas. [En línea]. Disponible en: <<http://apuntesingenierocivil.blogspot.com.co/2014/04/estructuras-y-sus-tipos-de-fallas.html>>

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Bogotá, Colombia

CEPAL: Naciones Unidas. El terremoto de enero de 1999 en Colombia: Impacto socioeconómico del desastre en la zona del Eje cafetero. 27 de abril de 1999. Pág. 1-93.

CONCRETO: generalidades, propiedades y procesos. [PDF]. Disponible en: <http://www.academia.edu/9706247/CONCRETO_Generalidades_propiedades_y_procesos>

CONSTRUMATICA: Meta portal de arquitectura, ingeniería y construcción. Fisuras en el hormigón. [En línea]. Disponible en: <http://www.construmatica.com/construpedia/Fisuras_en_el_Hormig%C3%B3n>

DIAGNÓSTICO DE RIESGOS AMBIENTALES MUNICIPIO DE PEREIRA RISARALDA. En: Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER). [PDF].

DÍAZ BARREIRO, Patricia. 2014. Protocolo para los estudios de patología de la construcción en edificaciones de concreto reforzado en Colombia. Bogotá D.C, Pág. 1-170. Magister en Ingeniería civil. Pontificia Universidad Javeriana Bogotá. Facultad de ingeniería.

ESPINOSA, Armando Baquero. 2003. La sismicidad histórica en Colombia: Historical seismicity in Colombia. En: Revista Geográfica Venezolana. Volumen 44 (2). Páginas 271-283.

FORO ACONTECIMIENTOS EXTRAORDINARIOS. Ana Paula. Historia sísmica de Colombia. Mayo 18, 2012. Disponible en: < <http://acontecimientos2012.latinforo.net>>

ING ROBERTO AGUIAR FALCONI. 1999. Sismo de Colombia eje cafetero 1999. Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército. Ecuador, Pág. 1-173.

LEYTON, Alfredo; GALVIS GIRÓN, Juan Pablo; REYES BERNAL, Ingrid Leonela; SARRIA CASTILLO, Pilar Alejandra; CHAMORRO, Durley. 2014. Patologías de las estructuras de concreto y estructuras metálicas: Origen, causas, riesgos, y soluciones a las patologías en las estructuras de concreto y metálicas. Santiago de Cali, Pág. 1-43. Tecnólogo en obras civiles. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Centro de la construcción.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes. Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR-10: Título A. Bogotá D.C, 2010. Pág. 1-186.

MORENO ROJAS, Jesús Herney. 2006. El impacto de los desastres análisis desde el sector de vivienda. Febrero, Pereira-Risaralda. Pág. 1-174.

PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO: Recopilación de información y procedimientos necesarios para entender y tratar una patología en estructuras de concreto reforzado. [En línea]. Disponible en: <<http://patologiasestructurasconcreto.blogspot.com.co/>>

PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS EN CONCRETO. Centro de industria y construcción. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA): Regional Caldas. Módulo de formación: Acondicionamiento de la edificación. Disponible en:

<http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/8830/procesos_procedimientos_para_la_construccion.html#>

EL TIEMPO, Redacción. Terremotos en la historia. En: Periódico El Tiempo, 25 de enero de 1999.

ROJAS GALVIS, Leidy Johana. 2016. Identificación de la actividad sísmica, geología y movimientos en masa en los departamentos de caldas, Risaralda y Quindío, para la localización de áreas de vulnerabilidad en la red de distribución de gas de EFIGAS.S.A. Manizales, Pág. 1-92. Especialista en Sistemas de Información Geográfica. Universidad de Manizales. Facultad de ciencias e ingeniería. Programa de especialización en sistemas de información geográfica.