



Germán Waked Machado

Ingeniero Civil, Pontificia Universidad
Javeriana, Bogotá
gerwaked@yahoo.com

Miguel Báez Galvis

Ingeniero Civil, Escuela Colombiana de
Ingeniería Julio Garavito, Bogotá
miguelinge@gmail.com

Rafael Alberto Sosa Güechá

Ingeniero Civil, Universidad Nacional de
Colombia, Bogotá
rafaelsosag@yahoo.es

Reforzamiento de la **Planta Física**

Colegio American School de Tunja

RESUMEN

El bloque No.1 de la planta física del colegio American School, dada su antigüedad de casi setenta años y debido que su conformación física no cuenta con un sistema capacitado para soportar las nuevas solicitudes, para cumplir la norma sismo resistente de 2010 (NSR-10), requirió el planteamiento de un sistema de reforzamiento estructural consistente en la construcción de un conjunto de elementos de cimentación, muros en concreto, vigas, columnas y vigas de cubierta, adosados todos estos a los muros en mampostería de ladrillo simple existentes. Así se conforma un sistema integrado de pórticos sismo resistentes que permitirá a la edificación estar preparada para soportar sismos de mediana intensidad. Se trató de mantener la originalidad de la edificación y evitar degradar su riqueza arquitectónica.

PALABRAS CLAVE colegio, estudios y diseños, mampostería en ladrillo simple, sistema de reforzamiento estructural, vulnerabilidad sísmica.

ABSTRACT

Block 1 of the American School's physical plant because of their age, nearly seventy years and that his physical shape does not have a system able to support requests and meet new earthquake - resistant standards present an approach required the strengthening system structure consisting of a group of elements of foundation, concrete walls, beams, columns and roof beams, attached to all these brick masonry walls, forming an integrated system of earthquake - resistant frames that will allow the building to be ready to withstand earthquakes of medium intensity. It tried to maintain the originality of the building to avoid degrading its architectural wealth.

KEYWORDS college, student and design, simple brick masonry, structural reinforcement system, seismic vulnerability.

I. INTRODUCCIÓN

Al llevar a cabo un reforzamiento estructural al bloque No. 1 del American School, se generará un ambiente de seguridad y tranquilidad a los 250 alumnos y también a los padres, docentes y directivas del colegio. Además, con este planteamiento de reforzamiento estructural se pretende incentivar a las autoridades, a las comunidades educativas y a la ciudadanía en general a adelantar acciones en forma urgente y prioritaria que mitiguen la preocupación general, ante el inminente riesgo que conlleva la ocurrencia de un sismo. Así mismo, este estudio hace parte del proyecto de investigación como opción de grado de la Especialización en Ingeniería de Estructuras de los autores, en la Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja.

La planta física donde funciona el Colegio American School se encuentra ubicada en la Carrera 8 número 22-55, a unos 50 metros del parque Pinzón y del convento de San Agustín, en la ciudad de Tunja. Es una construcción que data de los años 1940 a 1945 y se encuentra rodeada de construcciones de mayor antigüedad como el Convento de San Agustín, el Colegio Boyacá, la Primera Brigada y casas de habitación.

El bloque No. 1, consta de 2 plantas con 9 espacios, unos dedicados a salones de clase y otros a administración, en un área total aproximada de 350 m². Se estima que la cimentación es concreto ciclópeo donde se apoyan los muros de 43 cms. de ancho, contruidos con ladrillos recocidos de gran tamaño, trabados en forma convencional, pegados con cal y arena y pañetados con los mismos materiales. Estos muros sirven de soporte al entrepiso en madera construido con planchones, colocados en un sólo sentido, los cuales sirven de base al acabado en listón machihembrado del segundo piso. De los planchones cuelga con cuerdas de fique, un entramado de guadua recubierto con pañete que conforma el cielorraso del primer piso. La cubierta está construida con piezas de madera rollizas, guadua, teja de barro y cielorraso en madera. Este bloque no cuenta con columnas en concreto reforzado que conformen un sistema de pórticos que resistan la acción de un sismo. Se encontró que la cimentación del bloque No. 1 sólo posee concreto ciclópeo y sobre él directamente el muro en ladrillo, en mampostería simple, sin viga de amarre.

La metodología que se desarrolló fue la inspección ocular del bloque No. 1, se tomaron fotografías del estado inicial, se determinaron los materiales de construcción utilizados, se realizó el levantamiento arquitectónico, se verificó la existencia de patologías que ilustraron el comportamiento de la edificación, se planteó una alternativa de reforzamiento, se dibujó y se elaboraron los detalles del sistema estructural planteado.

Así mismo, se partió del hecho de que el sistema estructural del bloque No. 1 no se encuentra contemplado como un sistema de resistencia sísmica dentro de la NSR-10 (Norma Sismo Resistente, 2010). Se diseñó un reforzamiento consistente en columnas y muros de concreto apoyados en cimientos continuos, vigas de amarre a nivel de cimentación, mediante vigas aéreas a nivel de entrepiso y nivel de cubierta. Una vez planteado este reforzamiento, se encontró que las derivas por efecto sísmico pasaron a valores inferiores al 1% exigido por esta misma norma. Se diseñó el confinamiento de los muros antiguos con elementos de concreto, así como el reemplazo de la estructura de la cubierta por elementos metálicos y las mismas tejas de arcilla.

Se concluyó que el bloque No. 1 presenta una gran vulnerabilidad ante los efectos sísmicos, lo cual obliga a hacer un reforzamiento estructural conformado por pórticos espaciales, capaces de resistir las nuevas solicitaciones. Además, debe dar cumplimiento a las exigencias de la NSR-10.





FOTOGRAFIA 2. VISTA SUR Y DE LA CUBIERTA.
Fuente: Germán Waked M.

II. ESTUDIOS Y DISEÑOS PROPUESTOS

A. Descripción de la edificación

La construcción de la institución educativa del Colegio American School está localizada a unos 500 metros al nor-oriente de la Plaza de Bolívar, en el sector histórico, a 55 metros del Convento de San Agustín, antiguo Panóptico y hoy Biblioteca Alfonso Patiño Roselli.

El lote donde se encuentra la construcción está ubicado en la zona de ladera de la ciudad, donde el suelo encontrado ofrece buenas características para cimientos, con una consistencia media, baja expansividad y ausencia de nivel freático superficial.

1) ESTRUCTURA

El bloque No. 1 no cuenta con un sistema estructural aceptado por la Norma Sismo Resistente NSR-10, sino que todas las cargas muertas, vivas y fuerzas horizontales son soportadas exclusivamente por los muros de mampostería simple.

La estructura de la cubierta está conformada por varas de madera, unidas mediante cajones o dientes y amarradas con cuerdas de fique trenzado. Sobre estas varas se apoya una capa de caña amarrada con

fique y recubierta con barro y tamo, y finalmente la teja de arcilla cocida.

El entrepiso está conformado por planchones como elementos principales, sobre los cuales va el listón machimbrado. Por debajo de los planchones existe una capa de caña amarrada entre sí y a los planchones por medio de fique trenzado. Este tipo de entrepiso, estructuralmente, no aporta ningún grado de rigidez a la edificación, por lo que no contribuye a distribuir en los muros las fuerzas horizontales que se presenten ante la ocurrencia de un sismo.

Los muros están conformados por unidades de arcilla cocida de 9 x 12 x 26 cms., pegadas con una mezcla de arena y cal en un espesor de 2 a 3 cms. Estos muros están recubiertos con una capa de la misma mezcla, a manera de pañete y como acabado un afinado en yeso con pintura. Las piezas de arcilla se encuentran trabadas entre sí.

2) CIMENTACIÓN

Se realizó un apique y se encontró la siguiente composición:

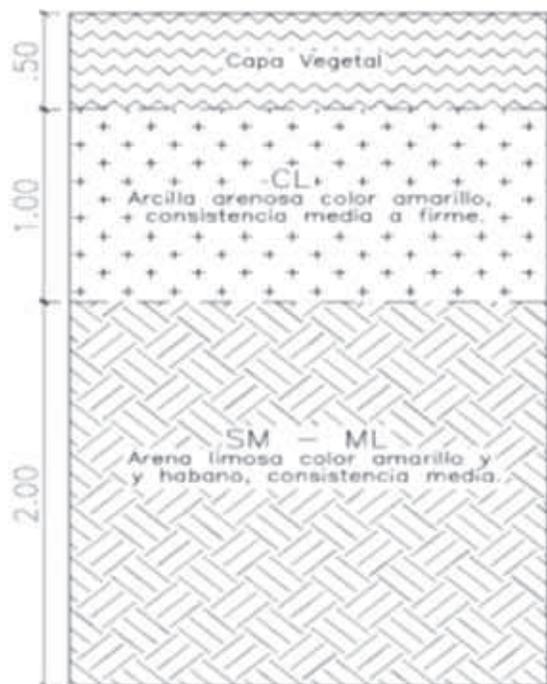


FIGURA 1. PERFIL DEL TERRENO ENCONTRADO.
Fuente: Autores

La edificación está cimentada en el estrato C.L, que es una arcilla arenosa de color amarillo, de consistencia media a firme. Dicha cimentación consiste en roca grande encarrada y pegada con concreto pobre, de una dimensión aproximada de 60 cms. de ancho por 80 cms. de profundidad.

3) JUICIO DE LO EXISTENTE

Como el bloque No. 1 del American School fue construido aproximadamente en 1940, en tal época de no se contaba con una norma que rigiera las construcciones, sino que eran los maestros de obra, basados en la experiencia, quienes decidían como hacer la obra y no había un profesional del área de la construcción al frente del trabajo. La configuración estructural de esta edificación no tiene cabida dentro de los cuatro sistemas estructurales aceptados por la NSR-10, Capítulo A.3.2., por lo tanto, no se puede considerar aporte alguno por parte de los muros existentes, en la resistencia de la edificación a las fuerzas gravitacionales y sísmicas que se puedan presentar.

4) AVALÚO DE CARGAS MUERTAS Y VIVAS

a) Cargas muertas

En el primer piso el peso promedio entre muros llenos y antepechos, para los muros de 43 cms., se determinó en 2186 kilogramos por metro lineal, del que se tomó el 50% para las vigas de cimentación.



FOTOGRAFIA 3. VISTA DEL ENTREPISO EN MADERA.
Fuente: Germán Waked M.

En el segundo piso, el peso promedio entre muros llenos y antepechos, incluyendo muros de 29 cms., se determinó una carga de 1260 kilogramos por metro lineal. Estos dos valores se utilizaron para cargar las vigas perimetrales del modelo. Para la placa de entrepiso se determinó una carga de 200 kg/m² correspondiente a muros divisorios y de 150 kg/m² por acabados.

b) Cargas vivas

Se determinó una carga de 200kg/m² para el entrepiso y 50kg/m² para la cubierta, de acuerdo con la Tabla B.4.2.1-1 (NSR-10, 2010, p. B15).

5) ASPECTOS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE

De acuerdo con el Artículo A.10.4.2.1. (Movimientos sísmicos para un nivel de seguridad equivalente al de una edificación nueva): “Se deben utilizar los movimientos sísmicos de diseño que prescribe el Capítulo A.2.” (NSR-10, 2010, p. A141). Según el Capítulo A.2. para la ciudad de Tunja, se tiene que es una zona de amenaza sísmica intermedia, aceleración pico efectiva (Aa) 0.20, velocidad pico efectiva (Av) 0.20, perfil de suelo tipo D, coeficiente de ampliación de aceleración para periodos cortos (Fa) 1.40, coeficiente de ampliación de aceleración para periodos intermedios (Fv) 2.0 y coeficiente de importancia de la edificación (I) 1.25. Algunos de estos factores se incrementaron respecto de la norma NSR-98 (NSR-98, 1998, p. A11).

Además, define el espectro de aceleraciones como “la forma del espectro elástico de aceleraciones, Sa, expresada como fracción de la gravedad, para un coeficiente de cinco por ciento (5%) del amortiguamiento crítico, que se debe utilizar en el diseño.” (NSR-10, 2010, p. A26).

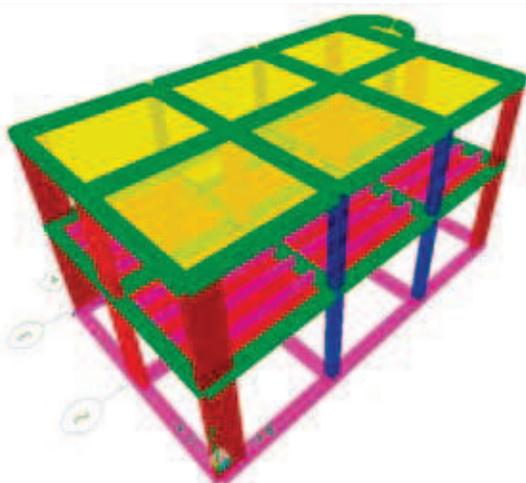


FIGURA 2. VISTA SUR-OCCIDENTAL MODELO 3D.
Fuente: Autores

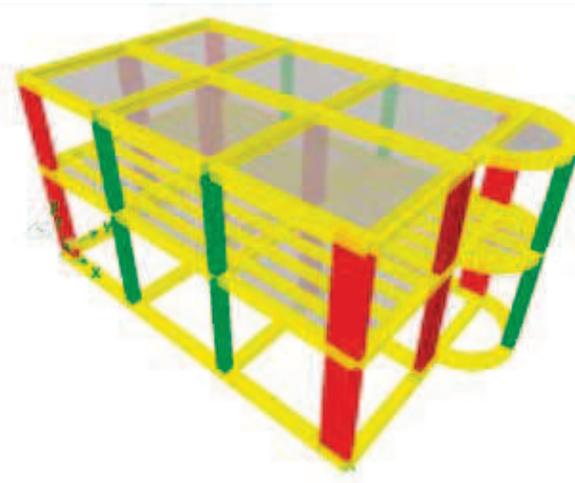


FIGURA 3. VISTA SUR-ORIENTAL MODELO 3D
Fuente: Autores

A continuación se presenta el espectro de aceleraciones (S_a) como un porcentaje de la gravedad contra el periodo (T_a) en segundos.

6) MÉTODO DE ANÁLISIS SÍSMICO

Se utilizó el método del análisis dinámico elástico, prescrito en el artículo A.3.4.2.2. de la Norma Sismo Resistente NSR-10 (NSR-10, 2010, p. A45).

B. Modelación Estructural

Para la modelación estructural se utilizó un programa de diseño por elementos finitos, el cual permitió calcular la estructura que va adosada a la construcción existente del colegio, con la que se busca que esta construcción transmita sus cargas a la estructura diseñada.

1) MODELO ESTRUCTURAL

El modelo estructural consiste básicamente en la circunscripción de pórticos en concreto reforzado en la parte interior de los muros que conforman la construcción del bloque No. 1 del Colegio American School.

Para la modelación de la estructura se utilizan para columnas y vigas elementos tipo frame y para placas y muros elementos tipo membrane.

La estructura circunscrita consta de cuatro pórticos en el sentido longitudinal, con luces de 3,95 mts; 4,14 mts; 4,09 mts, y una columna adicional en la zona exterior de la parte circular de la construcción, a 1,87 mts; tres pórticos en el sentido transversal, con luces de 3,77 mts y 3,73 mts, en dos pisos de altura, con luces de 3,50 mts en el primer piso, y 3,0 mts en el segundo piso.

a) Vigas de cimentación, columnas y muros

Se utilizaron vigas de cimentación con una sección de 30 cm de base X 40 cm de altura, a nivel de piso, uniendo todos los pórticos, tanto transversales, como longitudinales. Las columnas con una sección de 30 cm X 30 cm, se encuentran ubicadas en los ejes B1, C1, B3, C3 y en la zona circular, con alturas de 3,50 mts., en el primer piso, y 3,0 mts., en el segundo piso. Los muros se ubicaron en la parte exterior de la construcción, en los ejes A1, A2, A3, D1, D2 y D3, y al interior en los ejes B2 y C2, con una sección de 20 cm X 80 cm y alturas de 3,50 mts., en el primer piso*, y 3,0 mts, en el segundo piso.

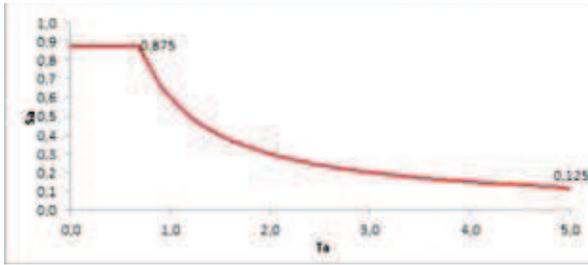
b) Placa de entrepiso y de cubierta

La placa de entrepiso tiene una altura de 30 cm y está conformada por vigas de enlace entre los pórticos y en la zona circular de sección 30 cm X 30 cm,

COMBINACION	FACTORES Y CARGAS
Combo1	1,4 Carga Muerta
Combo2	1,2 Carga Muerta + 1,6 Carga Viva
Combo3	1,2 Carga Muerta + 1,0 Carga Viva + 0,2 Sismo X + 0,06 Sismo Y
Combo4	1,2 Carga Muerta + 1,0 Carga Viva + 0,06 Sismo X + 0,2 Sismo Y
Combo5	1,2 Carga Muerta + 1,0 Carga Viva + 0,06 Sismo X + 0,2 Sismo Y
Combo6	0,9 Carga Muerta + 0,2 Sismo X + 0,06 Sismo Y
Combo7	0,9 Carga Muerta + 0,06 Sismo X + 0,2 Sismo Y
Combo8	1,0 Carga Muerta + 1,0 Carga Viva
Combo9	1,0 Carga Muerta + 1,0 Carga Viva + 0,1 Sismo X
Combo10	1,0 Carga Muerta + 1,0 Carga Viva + 0,1 Sismo Y

TABLA I. COMBINACIONES DE CARGA
Fuente: Autores

viguetas en sentido longitudinal de sección 12 cm X 30 cm, espaciadas cada 70 cm y una placa superior de 10 cm. En la cubierta se ubicaron, igualmente, vigas de enlace entre los pórticos y en la zona circular de sección 30 cm X 30 cm, así como una placa superior de 16 cm., equivalente en peso a la cubierta que se hará en estructura metálica.



GRÁFICA 1. ESPECTRO DE DISEÑO
Fuente: Autores

2) COMBINACIONES DE CARGAS

Se emplearon las siguientes combinaciones de carga en el modelo:

3) DATOS DE ENTRADA

Para la ejecución del modelo se utilizó resistencia de concreto ($f'c$) 21Mpa, módulo de elasticidad de concreto (E_c) 20×10^6 KN/m², resistencia del acero de refuerzo (f_y) 420Mpa y módulo de elasticidad de acero de refuerzo (E_s) 2×10^8 KN/m².

4) REVISIÓN DE LA DERIVA

Se verificó el cumplimiento de derivas por debajo del 1% de la altura de piso, según la tabla A.6.4-1 (NSR-10, 2010. p. A76). A continuación se presentan los cuadros del cálculo de las derivas en el sentido X y sentido Y para el modelo propuesto.

C. Propuesta de diseño del sistema de reforzamiento

Luego de realizar la modelación, en la cual se tienen en cuenta todos los parámetros establecidos en la Norma Técnica Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10, se procedió a realizar el diseño de los diferentes elementos estructurales que le darán soporte a la estructura para las solicita-

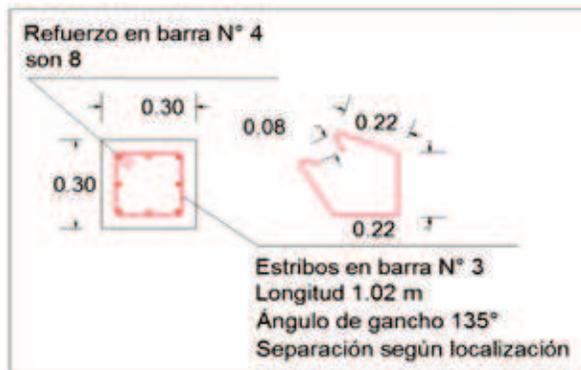


FIGURA 5. DETALLE COLUMNAS
Fuente: Autores

ciones verticales y horizontales, que probablemente actuarán sobre ella.

Teniendo en cuenta el tipo de uso de la edificación, se diseña para que la estructura tenga grado de disipación de energía moderada, acogiéndose a los parámetros establecidos por la misma norma.

STOR	Rein	LONG	LT	LV	DEPLA X	DEPLA Y	DERIVA X	DRSD	DERIVA Y	PUNTO	DRSD
STOR1	1	DERVAX	0.001	0.001	0.010	0.000	0.010	0	0.01%	1	STOR1
STOR1	2	DERVAX	0.001	0.001	0.010	0.000	0.010	0	0.01%	2	STOR1
STOR1	3	DERVAX	0.001	0.001	0.010	0.000	0.010	0	0.01%	3	STOR1
STOR1	4	DERVAX	0.001	0.001	0.010	0.000	0.010	0	0.01%	4	STOR1
STOR1	5	DERVAX	0.001	0.001	0.010	0.000	0.010	0	0.01%	5	STOR1
STOR1	6	DERVAX	0.001	0.001	0.010	0.000	0.010	0	0.01%	6	STOR1
STOR1	7	DERVAX	0.001	0.001	0.010	0.000	0.010	0	0.01%	7	STOR1
STOR1	8	DERVAX	0.001	0.001	0.010	0.000	0.010	0	0.01%	8	STOR1
STOR1	9	DERVAX	0.001	0.001	0.010	0.000	0.010	0	0.01%	9	STOR1
STOR1	10	DERVAX	0.001	0.001	0.010	0.000	0.010	0	0.01%	10	STOR1
STOR1	11	DERVAX	0.001	0.001	0.010	0.000	0.010	0	0.01%	11	STOR1
STOR1	12	DERVAX	0.001	0.001	0.010	0.000	0.010	0	0.01%	12	STOR1
Derivación: 0.01%											

TABLA II. CÁLCULO DE LA DERIVA EN LA DIRECCIÓN X.
Fuente: Autores

STOR	Rein	LONG	LT	LV	DEPLA X	DEPLA Y	DERIVA X	DRSD	DERIVA Y	PUNTO	DRSD
STOR2	1	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	1	STOR2
STOR2	2	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	2	STOR2
STOR2	3	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	3	STOR2
STOR2	4	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	4	STOR2
STOR2	5	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	5	STOR2
STOR2	6	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	6	STOR2
STOR2	7	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	7	STOR2
STOR2	8	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	8	STOR2
STOR2	9	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	9	STOR2
STOR2	10	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	10	STOR2
STOR2	11	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	11	STOR2
STOR2	12	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	12	STOR2
STOR3	1	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	1	STOR3
STOR3	2	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	2	STOR3
STOR3	3	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	3	STOR3
STOR3	4	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	4	STOR3
STOR3	5	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	5	STOR3
STOR3	6	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	6	STOR3
STOR3	7	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	7	STOR3
STOR3	8	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	8	STOR3
STOR3	9	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	9	STOR3
STOR3	10	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	10	STOR3
STOR3	11	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	11	STOR3
STOR3	12	DERVAY	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0	0.01%	12	STOR3
Derivación: 0.01%											

TABLA III. CÁLCULO DE LA DERIVA EN LA DIRECCIÓN Y.
Fuente: Autores

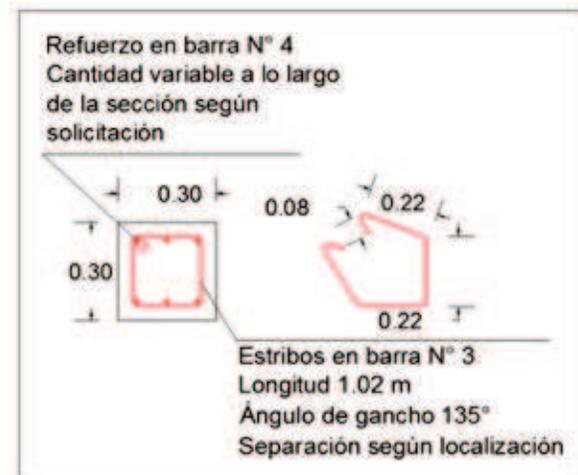


FIGURA 4. DETALLE VIGAS
Fuente: Autores

1) DISEÑO DE LAS VIGAS

En este caso se diseñó para dos grupos generales de vigas, el primero, el conformado por todas las vigas que se encuentran a nivel de entrepiso, las cuales deben ubicarse por debajo de la estructura actual del entrepiso de madera de la edificación, y así brindar no solamente rigidez a la estructura en éste nivel, sino también soporte al entrepiso no estructural. El siguiente grupo, lo conforman las vigas ubicadas a nivel de cubierta, las cuales deben igualmente proporcionar rigidez en ese nivel de la estructura y soporte a la cubierta en madera actual o cualquier otro tipo de cubierta equivalente que pudiera remplazarla.

Para el nivel de entrepiso, se planteó la construcción de vigas de 30 cm de ancho por 30 cm de altura, en sección constante, colocadas a lo largo del perímetro interno de la edificación en contacto directo con los muros, es decir, se debe retirar el pañete o cualquier otro acabado adentrando la viga aproximadamente 5 cm. Además, de las vigas perimetrales, se deben construir una serie de viguetas intermedias asimilando un sistema de entrepiso aligerado, en el cual la placa está representada por el entrepiso en madera. Las viguetas se disponen perpendiculares a las vigas más largas de cada unidad. Estas viguetas tienen sección constante de 12 cm de ancho por 30 cm de alto, separadas aproximadamente cada 70 cm.

Para el nivel de cubierta, se deben construir vigas de 30 cm de ancho por 30 cm de largo, colocadas a lo largo del perímetro interno de la edificación. En este caso no se proyecta la construcción de vigas intermedias, teniendo en cuenta el tipo de cubierta que posee la edificación. El detalle constructivo se muestra en la figura 4.

2) DISEÑO DE COLUMNAS

Para soportar cargas verticales y horizontales se proyectó la construcción de un sistema combinado entre muros de concreto y columnas de concreto. Estas últimas se utilizarán únicamente en los muros internos y su aporte a la resistencia de la estructura de cargas horizontales es despreciada, por lo que estos elementos no requieren estar anclados a los muros de mampostería.

Se deben construir columnas de sección cuadrada y constante de 30 cm. por 30 cm., a lo largo de su desarrollo, el cual debe ser desde nivel de cimentación hasta el nivel de cubierta. Deben estar parcialmente embebidas dentro de la sección de los muros. El detalle constructivo se muestra en la figura 5.

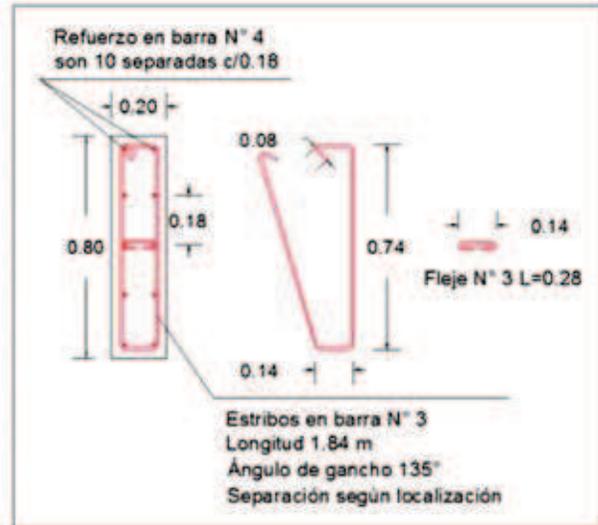


FIGURA 6. DETALLE MUROSA Fuente: Autores

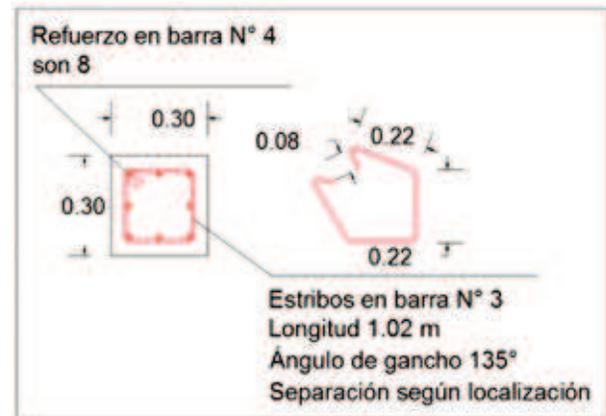


FIGURA 7. DETALLE ANCLAJE MAMPOSTERIA A MUROS Fuente: Autores

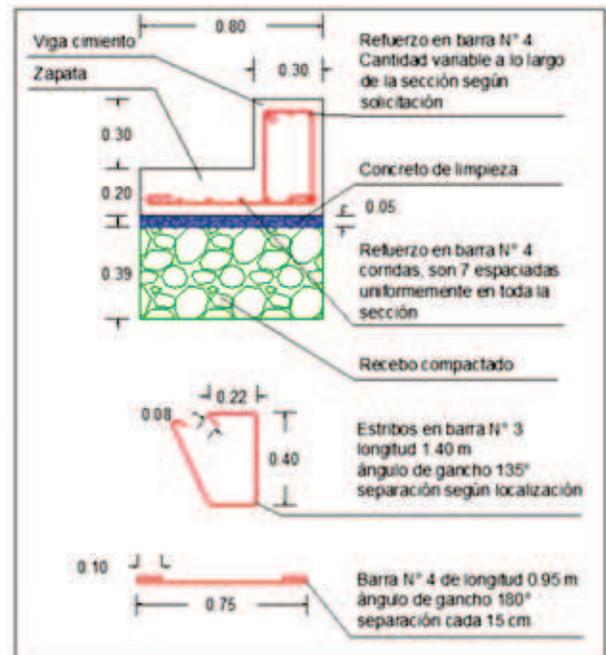


FIGURA 8. DETALLE CIMIENTOS Fuente: Autores

3) DISEÑO DE LOS MUROS

Se plantea la construcción de muros de concreto reforzado en las esquinas internas de la edificación, debido a que por su geometría permiten conservar los espacios internos, sin ser muy evidentes en el cambio de la arquitectura y su construcción no requiere un procedimiento muy invasivo.

Se diseñan muros de longitud de 80 cm y ancho 20 cm, colocados en los dos sentidos de la edificación, para que soporten las fuerzas horizontales que probablemente actuaran sobre la estructura, aportando también al control de desplazamientos horizontales. Se deben construir garantizando su contacto directo con el muro, retirando el pañete o cualquier acabado existente, profundizando en el muro aproximadamente 5 cm. Estos se construirán desde el nivel de cimentación hasta el nivel de cubierta.

Para garantizar que los muros de concreto aporten a la resistencia de fuerzas horizontales de la edificación y al soporte de los muros de mampostería, se debe realizar un proceso de anclaje de la estructura nueva a la estructura antigua. Este amarre se logra haciendo perforaciones en los muros de mampostería en una cuadrícula de 20 cm de lado, por donde se incrustarán torones de alambre de acero entorchados de aproximadamente 8 mm de diámetro, los cuales irán amarrados al refuerzo de los muros de concreto

y al otro lado del muro de mampostería a una malla de acero conformada por elementos de 8mm de diámetro espaciados cada 20 cm. que también debe estar en contacto directo con el muro, quedando por debajo del pañete o acabado final externo de los muros. El detalle constructivo y ubicación de los muros se muestra en la figura 6, y en la figura 7 el anclaje de los muros en mampostería a los de concreto.

4) Diseño de la cimentación

Teniendo en cuenta el perfil de suelo encontrado, se debe construir un sistema de cimentación superficial, el cual debe estar colocado sobre el mismo estrato de suelo en el que se encuentra apoyado el sistema de cimentación actual, que en este caso se encuentra a aproximadamente 80 cm de profundidad, dentro del tipo de suelo arcilla arenosa de consistencia media a firme.

El sistema de cimentación está conformado por dos tipos de elementos estructurales. El primero de ellos, un anillo de vigas de cimentación compuesto por elementos de 30 cm de ancho por 50 cm de alto, colocados a lo largo del perímetro interno de los muros de mampostería. Estas vigas descansan sobre un sistema de zapatas corridas de ancho 100 cm. y alto 20 cm., vaciadas sobre una capa de recebo compactado. El detalle constructivo se muestra en la figura 8.



III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La edificación actual del bloque No. 1 se encuentra construida en mampostería simple, que es un sistema estructural que no está contemplado en la Norma de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10, como un sistema capacitado para resistir o soportar solicitaciones sísmicas, haciendo imprescindible su reforzamiento estructural para que la nueva edificación presente un grado de desempeño acorde con esta norma.

La propuesta del reforzamiento estructural, consistente en cimientos continuos, columnas, muros de concreto y vigas, es adecuado, para hacer del bloque No. 1 una edificación escolar con un buen desempeño sísmico, para la población estudiantil, docente y comunidad académica que lo ocupa.

El planteamiento de muros en concreto reforzado es conveniente, porque se construyen adosados a la mampostería existente, sin demolerla, comparado con un planteamiento estructural de sólo columnas, donde sí hay que romper muros para incrustarlas.

El tipo de reforzamiento planteado es una muy buena alternativa para mejorar el comportamiento sísmico de las edificaciones similares, por su facilidad de construcción por etapas y para recuperar

edificaciones construidas antes de la vigencia del Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes de 1984.

La utilización de muros pantalla en este tipo de reforzamientos estructurales ofrece muy buenos resultados y se convierten en una alternativa efectiva en la optimización de los espacios existentes.

Con base en este estudio, es de vital importancia que todas las instituciones educativas adelanten estudios de vulnerabilidad y reforzamiento que permitan que la comunidad que los habite, gocen de seguridad ante la ocurrencia de un sismo.

Las condiciones del terreno deberán ser verificadas, al momento de realizar la obra, con el fin de ratificar o modificar en el modelo los valores utilizados.

Durante la construcción, es recomendable intervenir, lo menos posible, los muros con el fin de no generales debilidades adicionales.

Para la cimentación de la nueva estructura adosada a la construcción antigua, la mejor alternativa son los cimientos continuos porque las cargas se reparten de una manera más homogénea en el terreno.

IV. REFERENCIAS

Asociación colombiana de ingeniería sísmica. (1984). CCCSR-84, Bogotá;

Asociación colombiana de ingeniería sísmica. (1998). NSR-98, Bogotá;

Asociación colombiana de ingeniería sísmica. (2010). NSR-10, Bogotá;

Nilson, A. (2000). Diseño de estructuras de concreto. Bogotá: Editorial Mcgraw-hill

American concrete institute – ACI. (1995). Building code requirements for structural concrete. Farmington Hills, MI, USA

