Practica social como estudiante de ingeniería civil en la elaboración de un diagnostico estructural en el colegio cooperativo Comfenalco.

Cristian Yesid Valencia Pérez

Trabajo de grado en la modalidad de práctica social para optar al título de

Ingeniero civil

Director

Gustavo Chio Cho

PhD. En Ingeniería Civil.

Tutor

Humberto Olejua Luna

Universidad industrial de Santander

Facultad de ingeniería físico mecánicas

Escuela de ingeniería civil

Bucaramanga

2019

Dedicatoria

Primero Dios sobre todas las cosas, por su compañía y fortaleza a lo largo de este camino y darme la sabiduría para alcanzar este importante logro.

A Mi familia que siempre me brindaron su apoyo incondicional y me inculcaron el valor de la humildad y la perseverancia.

Por ultimo a la vida que gracias a sus lecciones me permite madurar y verla desde una mejor perspectiva y sobresalir con la diestra de Dios.

Por qué confió en El, voy en victoria y con valor .salmo 1:3.

Agradecimientos

Agradezco a mi director de proyecto el ingeniero PhD Gustavo Chio Cho por su seguimiento, observaciones y enseñanzas que contribuyeron al presente trabajo.

A la Universidad Industrial de Santander y a la escuela de Ingeniería Civil por toda la formación como profesional y personal, con orgullo de hacer parte de esta prestigiosa institución.

Al Colegio Cooperativo Comfenalco que me permitió desarrollar esta linda labor y brindarle todo lo aprendido en mi carrera a beneficio de toda la comunidad.

A mí enamorada Johanna Alexandra Villamil con su apoyo amor y cariño me ayuda a superar cada reto que enfrentamos cada día.

A mis amigos, compañeros y hermanos que estuvieron siempre en todo momento aprendiendo mutuamente y compartiendo buenas experiencias.

Tabla de contenido.

Pág.

Introducción 16

1 Objetivos 17

1.1 Objetivo general: 17

1.2 Objetivos específicos: 17

2 Alcances 18

3 Descripción de la Edificación 18

4 Reconocimiento en campo. 21

5 Actividad pedagógica. 22

6 Evaluación de vulnerabilidad sísmica. 23

6.1 Modelamiento: 23

6.2 Análisis de cargas. 26

7 Análisis dinámico elástico espectral 27

7.1 Irregularidad en planta o altura. 31

7.2 Análisis dinámico elástico espectral. 31

7.2.1 Calculo del periodo fundamental de la estructura 32

7.2.2 Definir masa de la estructura 33

7.2.3 Ajuste de los resultados 35

7.3 Análisis de resultados 39

7.3.1 Índice de flexibilidad 39

7.3.2 Índice de sobreesfuerzo……...58

8 Renovación de fachada.....72

9 Conclusiones 73

Referencias Bibliográficas.....75

Apéndices 78

Lista de figuras

Figura 1.Localización del colegio cooperativo Comfenalco. Fuente: Google maps [en línea] url:< https://www.google.com/maps>. 19

Figura 2. Colegio cooperativo Comfenalco año 2018. 19

Figura 3. Planos de especificaciones técnicas año 1989.Fuente: suministrados por el Colegio cooperativo Comfenalco. 21

Figura 4. Aplicación de la encuesta a estudiantes del Colegio Cooperativo Comfenalco. 22

Figura 5. Modelo tridimensional de la institución en el software SAP-2000. 23

Figura 6. Secciones transversales definidos en el software SAP-2000. 24

Figura 7. Materiales definidos en el software SAP-2000. 24

Figura 8.Planos físicos con secciones transversales. Fuente: planos suministrados por el colegio cooperativo Comfenalco. 25

Figura 9. Diafragmas rígidos asignados en el software SAP-2000 25

Figura 10. Espectro elástico .Fuente A.2.6 NSR-10. 28

Figura 11. Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de la gravedad. 30

Figura 12. Masa definida en el software SAP-2000. 33

Figura 13.Resultados de los periodos en los distintos modos de vibración SAP-2000 34

Figura 14. Espectro elástico de diseño Software SAP 2000. 36

Figura 15. Resultados del cortante en la base por el software SAP-2000. 37

Figura 16. Gravedad corregida en dirección x Software SAP 2000. 38

Figura 17. Gravedad corregida en dirección y Software SAP 2000. 38

Figura 18. Cortante modal corregida SAP-2000. 39

Figura 19.Combinaciones de carga con efectos ortogonales definidos en el Software SAP 2000. 40

Figura 20.Índice flexibilidad eje A1 41

Figura 21.Indice flexibilidad eje A2. 41

Figura 22.Índice flexibilidad eje A3. 42

Figura 23. Índice flexibilidad eje A4. 42

Figura 24.Índice flexibilidad eje A5. 43

Figura 25.Índice flexibilidad eje A'1 43

Figura 26.Índice flexibilidad eje A'2 44

Figura 27.Índice flexibilidad eje A'3 44

Figura 28.Índice flexibilidad eje A'4 45

Figura 29.Índice flexibilidad eje A'5 45

Figura 30. Índice flexibilidad eje B1. 46

Figura 31.Indice flexibilidad eje B2 46

Figura 32. Índice flexibilidad eje B3.. 47

Figura 33.Índice flexibilidad eje B4. 47

Figura 34.Índice flexibilidad eje B5. 48

Figura 35.Índice flexibilidad eje C1. 48

Figura 36.Índice flexibilidad eje C2. 49

Figura 37.Índice flexibilidad eje C3. 49

Figura 38. Índice flexibilidad eje C4. 50

Figura 39.Índice flexibilidad eje C5. 50

Figura 40.Índice flexibilidad eje D1. 51

Figura 41.Indice flexibilidad eje D2. 51

Figura 42.Indice flexibilidad eje D3. 52

Figura 43.Índice flexibilidad eje D4. 52

Figura 44.Índice flexibilidad eje D5. 53

Figura 45.Índice flexibilidad eje E1. 53

Figura 46.Índice flexibilidad eje E2. 54

Figura 47.Índice flexibilidad eje E3. 54

Figura 48. Índice flexibilidad E4. 55

Figura 49.Indice flexibilidad eje E5. 55

Figura 50. Indice flexibilidad piso 1. 56

Figura 51.Indice flexibilidad piso 2. 56

Figura 52.Indice flexibilidad piso 3. 57

Figura 53.Indice flexibilidad piso 4. 57

Figura 54.Combinaciones de carga asignados en el software SAP-2000. 59

Figura 55.Sección transversal viga nivel 1 eje 1 60

Figura 56. Ilustración de una viga que cumple C.21.5.3.1 61

Figura 57.Distancia de primer estribo de confinamiento. 61

Figura 58.Valores de IS piso 2 direcciones 2 y 3. 66

Figura 59.Valores de Índice de Sobreesfuerzo piso 0. 67

Figura 60. Valores de Índice de Sobreesfuerzo piso. 68

Figura 61.Valores de Índice de Sobreesfuerzo piso 2. 68

Figura 62.Valores de Índice de Sobreesfuerzo piso 3. 69

Figura 63.Valores de IS piso 4. 70

Figura 64.Valores de IS piso 1. 72

Figura 65.Render elaborado en el software Achicad..... 72

Lista de tablas

Tabla 1.Carga muerta por metro cuadrado. 26

Tabla 2. Coeficientes espectrales de diseño en la ciudad de Bucaramanga. 30

Tabla 3.Coeficientes de Disipación de Energía y factores de irregularidad..... 31

Tabla 4.Índice de Flexibilidad máximo por pisos. 58

Tabla 5. Revisión de parámetros para definir grado de disipación de la estructura. 64

Tabla 6.Índice máximo por piso cortante en dirección 2..... 65

Tabla 7.Índice máximo por piso cortante en dirección 3..... 65

Tabla 8.Índice máximo por piso compresión biaxial..... 67

Tabla 9.Índice máximo por piso cortante. 70

Tabla 10.Índice máximo por piso flexión..... 71

Lista de Apéndices

(Los apéndices están adjuntos en el CD y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS)

Apéndice A. ficha de campo.

Apéndice B. brochure.

Apéndice C. modelo.

Apéndice D. programación FHE.

Apéndice E. índice de flexibilidad.

Apéndice F. espectro de diseño sísmico.

Apéndice G. índice de sobreesfuerzo cortante columnas.

Apéndice H. índice de sobreesfuerzo compresión biaxial columnas.

Apéndice I. índice de sobreesfuerzo vigas cortante.

Apéndice J. índice de sobresfuerzo vigas.

Resumen

TITULO: PRACTICA SOCIAL COMO ESTUDIANTE DE INGENIERÍA CIVIL EN LA ELABORACIÓN DE UN DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL EN EL COLEGIO COOPERATIVO COMFENALCO.*

AUTOR: CRISTIAN YESID VALENCIA PEREZ**

PALABRAS CLAVE: ÍNDICE DE FLEXIBILIDAD, ÍNDICE DE SOBREESFUERZO, SISMO.

DESCRIPCIÓN : Se realiza una práctica social en el Colegio Cooperativo Comfenalco ubicada en la ciudad de Bucaramanga, donde se evalúa el estado actual de la edificación efectuando un análisis estructural para calcular el índice de flexibilidad y sobreesfuerzo con el propósito de medir la capacidad y ductilidad de la misma todo este trabajo se elabora con la información suministrada en los planos en el cual no se realiza ningún tipo de verificaciones en las especificaciones ni en los diseños con el fin de dar con certeza si necesita una propuesta de reforzamiento.
Entre otras actividades donde se lleva a cabo una actividad pedagógica con la comunidad educativa para brindar conocimientos, sobre los riesgos, advertencias y recomendaciones para actuar respecto a un evento sísmico,
También se realiza un levantamiento fotográfico para observar posibles fallas en la edificación, detalles constructivos o de uso, con los resultados en campo se dará unas sugerencias oportunas y con un alcance posible, por último se construye un modelo digital de renovación en la fachada con el software Achicad con el fin de dar un contexto más moderno, esta práctica tuvo una duración de 6 meses y con el objetivo de brindar mejor seguridad y confort para los usuarios y así favorecer a todos los estudiantes, directivos y trabajadores

---

* Trabajo de grado

** Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Gustavo Chío Cho, Ingeniero Civil, PhD.

Abstract

TITLE: SOCIAL PRACTICE AS STUDENT OF CIVIL ENGINEERING IN THE ELABORATION OF THE DIAGNOSIS OF THE UN STRUCTURAL IN THE COLEGIO COOPERATIVO COMFENALCO.*

AUTHOR: CRISTIAN YESID VALENCIA PEREZ**

KEYWORDS: FLEXIBILITY INDEX, OVEREXERTION INDEX. EARTHQUAKE.

DESCRIPTION: A social practice was carried out in the Cooperative School Comfenalco located in the city of Bucaramanga, where the current state of the building was evaluated, a structural analysis was carried out to calculate the indication of the flexibility and the over force for the purpose of measuring the capacity and the ductility of it.
Among other activities, a pedagogical activity has been developed with the educational community to provide knowledge about risks, advertisements and recommendations to act in a seismic event.
A photographic survey was also carried out to see the possible faults in the building, construction details or use, with the results in the field to give you an suggestion with the possible scope, finally, build a digital model of renovation in the façade with software ArchiCAD in order to give a more modern context, this practice lasted for 6 months and with the joy of providing greater security and comfort for users and thus favor all students, managers and workers.

---

* Bachelor thesis.
** Physic-Mechanical Engineering Faculty. Civil Engineering School. Director: Gustavo Chío Cho, Ingeniero Civil, PhD.

Introducción

La ingeniera civil es una de las profesiones con mayor impacto social, debido a que sus proyectos son fundamentados en mejorar la calidad de vida del ser humano con las obras que se ofrecen a la ciudadanía, como son las viviendas, las vías de comunicación y las estructuras hidráulicas para prestar un servició fundamental como el agua, entre otras.

De acuerdo con esto fue realizado un proyecto social en el Colegio Cooperativo Comfenalco ubicado en la ciudad de Bucaramanga, se desarrolló un diagnostico estructural de vulnerabilidad sísmica de igual manera una actividad pedagógica con la comunidad educativa para brindar conocimientos sobre los riesgos, advertencias y recomendaciones para actuar respecto a un evento telúrico, escogiendo esta institución debido a su antigüedad y expansión que ha tenido, por lo cual creemos que es necesario una reestructuración para brindar mejor seguridad y confort para los usuarios y así favorecer a todos los estudiantes, directivos y trabajadores.

El procedimiento será un levantamiento fotográfico para observar posibles fallas en la edificación, detalles constructivos o de uso. Con eso daremos unas sugerencias oportunas y con un alcance posible, luego efectuaremos un análisis estructural para calcular el indicie de flexibilidad y sobreesfuerzo para medir la capacidad y ductilidad de la estructura, con los resultados de los cálculos se dará una valorización de la institución y conclusiones a juicio como estudiante de ingeniería civil supervisado por el coordinador de proyecto y fundamentándonos con la normal de sismo resistencia vigente de Colombia NSR10.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general:

Evaluar el estado actual de la estructura del colegió cooperativo Comfenalco como un ejercicio de aplicación para optar al título de Ingeniero civil de la Universidad Industrial de Santander.

1.2 Objetivos específicos:

- ✓ Realizar una descripción cualitativa y de las posibles patologías de la estructura en el colegio cooperativo Comfenalco mediante una ficha característica y un registro fotográfico.
- ✓ Evaluar el estado actual de la estructura según el capítulo 10 del título A del reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión mediante la valoración del índice de sobreesfuerzo y flexibilidad.
- ✓ Determinar la carga viva máxima (Estudiantes) de uso en el colegio Cooperativo Comfenalco.

2 Alcances

Se hará una evaluación del estado actual (índice de flexibilidad y sobreesfuerzo) de los elementos viga y columna, según el capítulo 10 del título A Evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento colombiano de construcción sismo resistente nsr-10, utilizando la información disponible o dada por los propietarios de la edificación.

No incluye: ensayos, verificación de la información dada por los propietarios o extraída de fuentes secundarias (planos), planteamiento de soluciones al no cumplimiento de la estructura de la nsr-10, plantear posibles intervenciones en sus diseños.

3 Descripción de la Edificación.

El colegio cooperativo Comfenalco ubicado en la Calle 37 N° 21 – 36 como se muestra en la imagen 1 de la ciudad de Bucaramanga- Santander fue fundada el 4 de enero de 1972 por los directivos de la Caja de compensación y 200 padres de familia, trabajadores afiliados a Comfenalco con la presencia del Doctor Clímaco Araujo González jefe de División de Colegios Cooperativos del Ministerio de Educación Nacional quien expuso las ventajas y los beneficios de los colegios cooperativos como una alternativa para la educación ,crean la sociedad que se denominó "**Cooperativa especializada de educación de Comfenalco**". actualmente la estructura ha presentado una ampliación horizontal pero no en su resistencia en los elementos estructurales por lo cual a la fecha de hoy se está realizando este estudio con el fin de poder decir con certeza que requiere una intervención, los planos adquiridos son del año 1989, con lo cual determinamos el sistema estructural construido: sistema pórtico de concreto

resistente a momentos con disipación especial de energía (DES) esencialmente completo, sin diagonales, que resiste todas las cargas verticales y fuerzas horizontales.

Figura 1.Localización del colegio cooperativo Comfenalco. Adaptado de: Google maps [en línea] url:< https://www.google.com/maps>.

Figura 2. Colegio cooperativo Comfenalco año 2018.

Información general.

- Numero de sótanos: 1
- Número de pisos:4

- Características del ingreso

Acceso peatonal: SI

Escaleras: SI

Rampa: SI

Acceso vehicular: NO

- Características externas:

Andenes: SI

Zonas verdes: NO

- Características de la fachada:

Tipo de fachada: tableta ladrillo rustico

Tipo de muros: MAMPOSTERIA

Tipo de ventanas: Hierro

- SOTANO 1: Cafetería y salón social
- PISO 1: Zonas de uso común (oficinas, salones, bibliotecas.)
- PISOS 2, 3: Salones de clase
- PISO 4: Zona recreacional
- CUBIERTA: Tipo metálica.

El levantamiento fue realizado con la ayuda de los planos suministrados por los directivos de la institución elaborados en el año 1989 (ver imagen 3) con sus especificaciones técnicas y constructivas, lo fundamental fueron las dimensión y capacidad de los materiales en los elementos estructurales, así mismo las luces entre ellas y los despieces.

La estructura actual presenta un concreto con un f'c =4000 [psi] para vigas y columnas y un f'c = 3000 [psi] para placas y unos fy= 60000 [psi] para los aceros longitudinal y fy= 37000 [psi] para aceros de estribos.

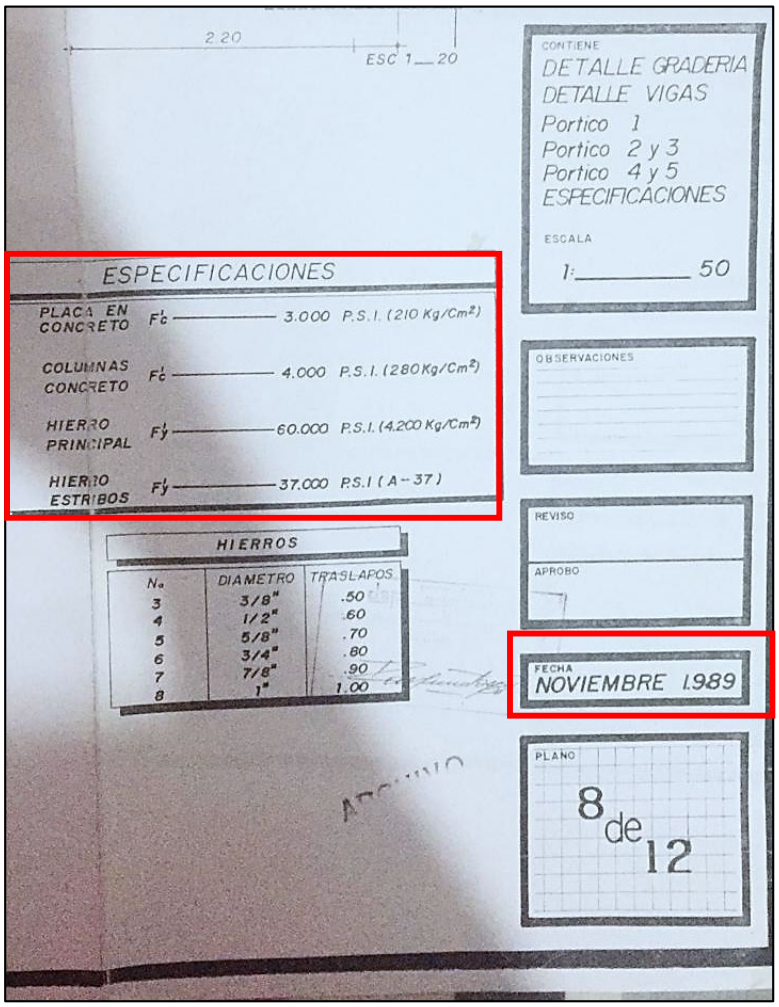

Figura 3. Planos de especificaciones técnicas año 1989.Adaptado de: suministrados por el Colegio cooperativo Comfenalco.

4 Reconocimiento en campo.

Se realiza un recorrido por la institución buscando posibles fallas observables y tomar una evidencia fotográfica, luego elaborar una ficha donde se dé un juicio y una recomendación para mejorar las condiciones de la estructura.

En el apéndice A (**ficha de campo**) se encuentra todos los detalles del recorrido con las imágenes más relevantes, los apéndices están adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en base de datos de la Biblioteca UIS.

5 Actividad pedagógica.

Es habitual que en toda institución educativa se realicen simulacros de evacuación sin embargo consideramos que no es suficiente si no se tienen conocimientos previos respecto a ello, con el objetivo de recolectar información fue realizado unas encuestas a directivos y estudiantes de la institución y con base en los resultado elaborar un brochure para observar el formato de la entrevista ver anexo **encuesta previa sismo**.

Figura 4. Aplicación de la encuesta a estudiantes del Colegio Cooperativo Comfenalco.

Después de la recolección de información fue elaborado un brochure donde explicamos donde provienen los sismos, unos tips contra los mismos y especialmente como realizar una evacuación correctamente, con el objetivo de fortalecer conocimientos ya que encontramos omisión y vacíos frente a un evento sísmico.

Para ver el plegable ir al apéndice B (**brochure**), los apéndices están adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en base de datos de la Biblioteca UIS.

6 Evaluación de vulnerabilidad sísmica.

6.1 Modelamiento:

A partir de la geometría y las especificaciones en los planos estructurales suministrados por la institución es posible el modelamiento de la edificación en el software SAP-2000 donde se asignan el tipo de material y las secciones trasversales para ver el modelo completo ir al apéndice C (**modelo**), los apéndices están adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en base de datos de la Biblioteca UIS.

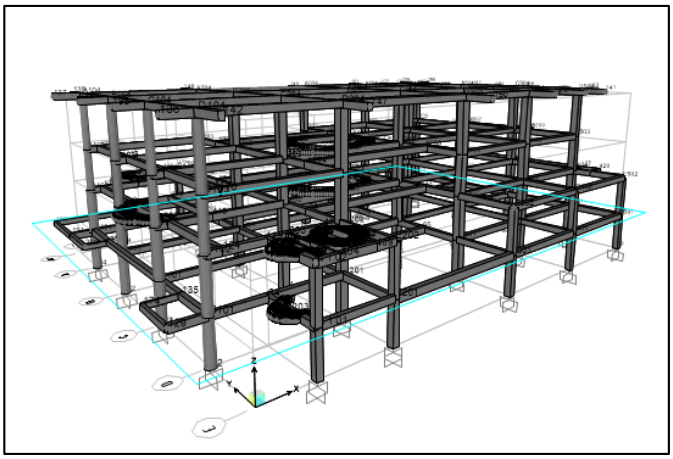

Figura 5. Modelo tridimensional de la institución en el software SAP-2000.

Asignación de los materiales respectivamente y las secciones transversales, todos los apoyos están empotrados.

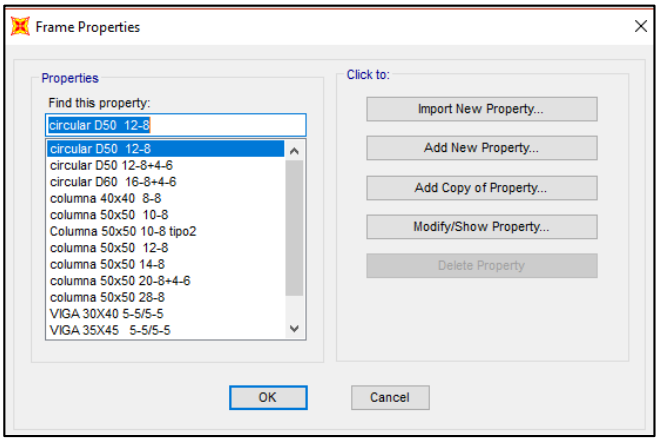

Figura 6. Secciones transversales definidos en el software SAP-2000.

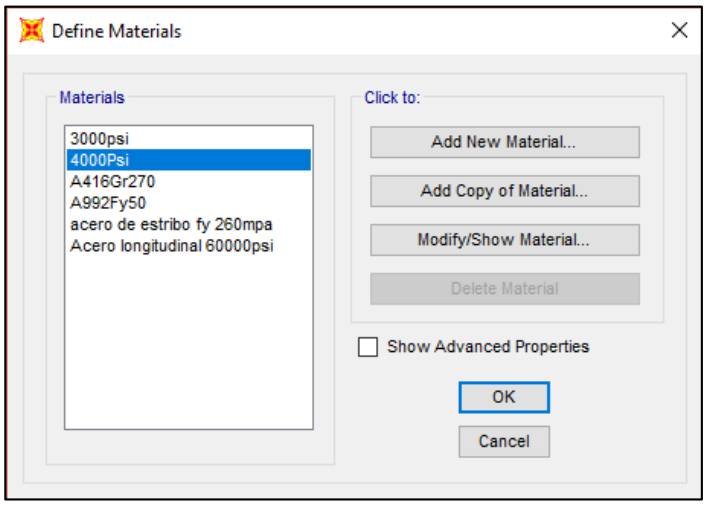

Figura 7. Materiales definidos en el software SAP-2000.

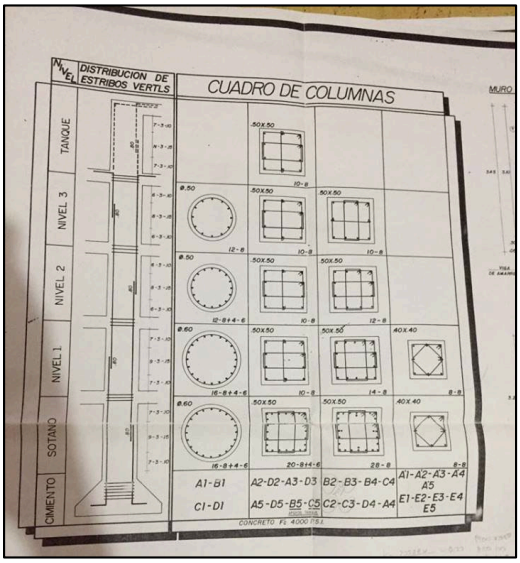

Figura 8.Planos físicos con secciones transversales. Adaptado de: planos suministrados por el colegio cooperativo Comfenalco.

Asignar diafragmas rígidos en cada entrepiso: se considera que solo se desplaza en dos direcciones que son las de sus dimensiones grandes.

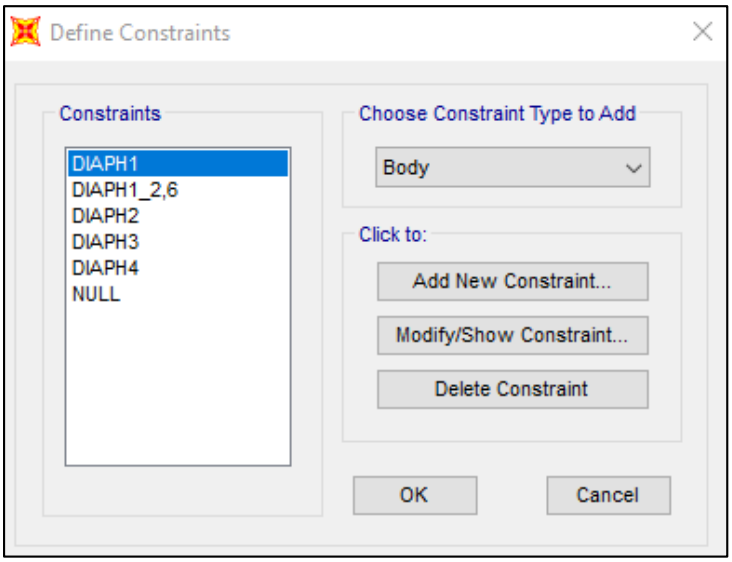

Figura 9. Diafragmas rígidos asignados en el software SAP-2000

.

6.2 Análisis de cargas.

Cargas muertas: Son aquellas que siempre están presentes en la estructura como son los muros divisorios los acabados y todos los elementos que harán parte de la edificación así mismo como su peso propio. En la tabla B.3.2-1 de la NSR-10 Titulo b se muestran valores para el concreto reforzado = 24 [kn/m^3].

Las cargas por fachadas, particiones y afinado de piso se determinó por la tabla B.3.4.3-1 de la NSR-10 título B. 2[kn/m^2].

Para el valor del afinado de piso seremos un poco más estrictos que la norma y tomaremos un valor de 1.8 [Kn/m2] debido que se presenta un espesor de contra piso de 10 [mm]

Como resultado tenemos un valor total de 7.2 [kn/m2] podemos ver el análisis de cálculo en el apéndice C (**programación FHE**), los apéndices están adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en base de datos de la Biblioteca UIS.

Tabla 1.

Carga muerta por metro cuadrado.

Elemento	Cantidad	Unidad
Luz más larga	10,00	m
Ancho del nervio	0,10	m
Separación entre nervios	0,50	m

Espesor placa	0,4	m
Espesor torta superior	0,05	m
Espesor torta inferior	0,02	m
Torta Superior inferior	1,68	KN/m^2
Alma del nervio	1,58	KN/m^2
Casetón	0,13	KN/m^2
Afinado de piso	1,80	KN/m^2
Fachada y particiones	2,00	KN/m^2
Total	7,2	KN/m^2

Cargas vivas: Son aquellas que están provisionalmente sobre la estructura como mobiliario, equipamiento, personas, etc. Para determinar este valor la NSR-10 título B. Tabla B.4.2.1-1 nos sugiere una carga dependiendo de la ocupación o uso educativo con un valor de 5[kn/m^2].

7 Análisis dinámico elástico espectral.

Cuando se realizan estudios de vulnerabilidad sísmica es necesario establecer cuál es el espectro elástico de respuesta de la estructura estudiada esto implica que si un terremoto tiene

una aceleración sísmica de 1 m/s2, el espectro elástico de respuesta es de 2,5 m/s2, la estructura que reciba ese terremoto se diseñará para una aceleración de la vibración de 2,5 m/s2.

Conociendo la aceleración de la vibración se pueden hallar las fuerzas estáticas equivalentes que soporta la estructura multiplicando la aceleración por la masa que soporta la estructura.

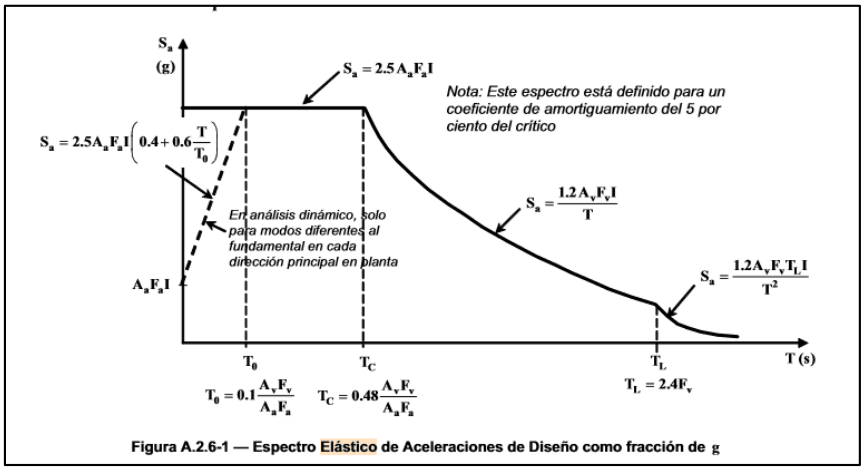

Figura 10. Espectro elástico .Fuente A.2.6 NSR-10.

Por medio del reglamento sismo resistente colombiano podemos determinar el coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva para diseño (Aa =0,25) y el coeficiente de velocidad pico efectiva para diseño (Av =0,25) para la ciudad de Bucaramanga título. A.2.3-2.

Con los coeficientes de aceleración tomados anteriormente se determina el coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debida a los efectos de sitio (Fa) y periodos intermedios (Fv) , según el tipo de perfil del suelo. Asumiremos un

perfil de suelo tipo C debido a que no se entregaron informes geotécnicos y son los más comunes en nuestra ciudad. Titulo A. Tabla A.2.4-3.

Haciendo una interpolación para los valores

Obtenemos que Fa=1.15

También con las tablas de la NSR-10 se determina el coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios debida a los efectos de sitio (Fv), según el tipo de perfil del suelo. Titulo A. Tabla A.2.4-4.

Haciendo una interpolación para los valores

Obtenemos que Fv=1.55

Grupo de uso:

Según el uso que se le piensa dar a la estructura se toma en consideración un coeficiente de importancia que le brinda mayor seguridad en su diseño, para instituciones educativas se toma un factor de 1,25. NSR-10.Titulo A. Tabla A.2.5-1.

Para trazar el diagrama del espectro de diseño respectivo se pasa a calcular cada uno de los valores que puede tomar el espectro de aceleraciones de diseño para un período de vibración dado (Sa), en un periodo de tiempo (T). Tomando en consideración que para poder trazar el espectro de diseño debemos calcular unos puntos de variación del periodo (T).

$$To = 0.1 * \frac{Av * Fv}{Aa * Fa} = 0{,}1 * \frac{o.25 * 1.55}{0.25 * 1.15} = 0.135[s]$$

$$Tc = 0.48 * \frac{Av * Fv}{Aa * Fa} *= 0.48 * \frac{0.25 * 1.55}{0.25 * 1.15} = 0.647[s]$$

$$TL = 2.4 * Fv = 2.4 * (1.55)3.72[s]$$

Tabla 2.

Coeficientes espectrales de diseño en la ciudad de Bucaramanga.

Parámetro	Valor
Aa	0,25
Av	0,25
Fv	1,55
Fa	1,15
III	1,25

Nota: Los cálculos del espectro están en el apéndice F (espectro de diseño sísmico) CD y puede Visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS.

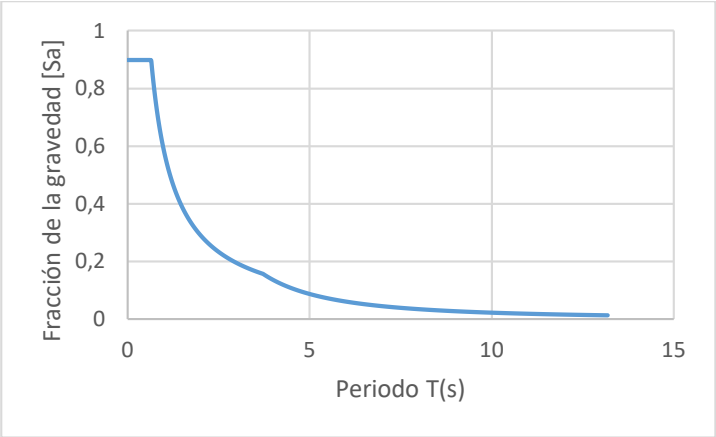

Figura 11. Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de la gravedad.

7.1 Irregularidad en planta o altura.

Con la información suministrada por la institución se puede evidenciar que la estructura no presenta irregularidades en planto ni en altura, de acuerdo a los requisitos de la norma sismo resistente título A en la tabla A-3-6 y A-3-7.

Como el sistema estructural es Pórticos de concreto resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía (DES) el coeficiente de capacidad de disipación de energía básico es: Ro = 7.0. Título A. Tabla A.3-3.

Por tanto los factores de reducción del coeficiente de disipación y los coeficientes de capacidad de disipación de energía son los siguientes:

$$R = \phi a \times \phi p \times \phi r \times Ro$$

Tabla 3.

Coeficientes de Disipación de Energía y factores de irregularidad.

Descripción	Ro	ϕa	ϕp	ϕr	R
Valor	7.0	1	1	1	7.0

.

7.2 Análisis dinámico elástico espectral.

Determinamos el peso de la estructura de dos maneras, la primera fue con el cálculo del software estructural y el segundo fue hecho con cálculos a Excel tomando de referencia la geometría y las propiedades del material.

Los resultados son los siguientes

$W_{sap} = 24062{,}02[KN]$

$W_{excel} = 23710{,}1825\ [KN]$

El error experimental del 1,46% lo que nos da un buena certeza del valor real.

7.2.1 Calculo del periodo fundamental de la estructura.

El período de vibración de las edificaciones depende de sus características de altura, rigidez y masa, de los diferentes modos de vibración que tienen las estructuras el más importante para el análisis estructural es el llamado Fundamental por corresponder con las mayores deformaciones y por lo tanto, con los mayores esfuerzos en sus elementos estructurales.

Podemos determinar un periodo fundamental aproximado con la siguiente ecuación en función de la altura (h) donde los coeficientes Ct y (alpha) están NSR-10. Titulo A. Tabla 4.2-1 para pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado.

$$Ta = Ct * h^{\propto}$$

$$Ta = 0.047 * (12)^{0.9} = 0.439\ [s]$$

El periodo (T) no debe ser superior al periodo máximo (Max) que se calcula en la siguiente ecuación.

$$Tmax = Cu * Ta$$

$$Tmax = cu * Ta = 1.75 - 1.2(0.25 * 1.55) * 0.439 = 0.565\ [s]$$

7.2.2 Definir masa de la estructura.

Una de las variables del periodo es su masa por lo tanto debemos definirla en el software de la siguiente manera:

100% carga permanente (pp)

100% peso propio (Dead)

25% cara viva (viva)

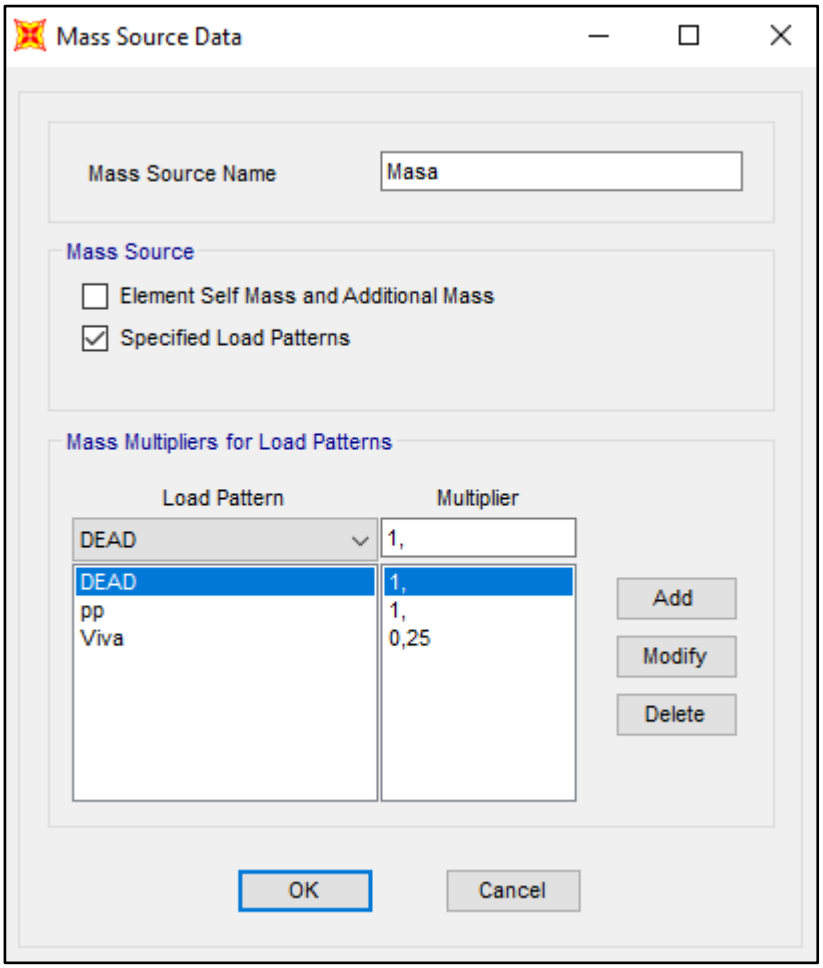

Figura 12. Masa definida en el software SAP-2000.

Se obtiene los periodos fundamentales por el software con los siguientes resultados:

$T_{x\,sap} = 1{,}024\ (s)$

$T_{y\,sap} = 0{,}995\ (s)$

Modal Participating Mass Ratios

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter:

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless
MODAL	Mode	1	1,024088	0,70161	2,079E-05	5,25E-06
MODAL	Mode	2	0,995189	3,509E-05	0,45869	6,829E-08
MODAL	Mode	3	0,829061	2,642E-07	0,235	1,204E-07
MODAL	Mode	4	0,403589	0,00025	1,415E-05	0,00173
MODAL	Mode	5	0,325944	0,18172	1,473E-05	0,00016
MODAL	Mode	6	0,312594	9,983E-06	0,1854	7,003E-07
MODAL	Mode	7	0,292175	2,82E-06	0,00741	5,317E-07
MODAL	Mode	8	0,279617	1,34E-07	2,677E-11	0,01125
MODAL	Mode	9	0,274457	2,119E-13	7,922E-06	1,445E-10
MODAL	Mode	10	0,268815	8,947E-06	3,082E-11	0,02561
MODAL	Mode	11	0,265397	3,591E-14	8,175E-07	1,923E-10
MODAL	Mode	12	0,228628	0,00057	8,647E-09	0,02377

Figura 13.Resultados de los periodos en los distintos modos de vibración SAP-2000.

Verificamos los datos que no sean mayores al periodo máximo (Tmax) de lo contrario el periodo (Tx) y (Ty) son iguales a (Tmax).

Luego de la verificación obtenemos un valor de Sa según el espectro de aceleraciones para cada periodo de tiempo.

Sax=0.898

Say=0.898

Enseguida procedemos al cálculo del cortante basal en [X] y [Y] ya que se tiene un periodo en cada dirección.

$$Vs = peso\ total\ del\ edificio * Sa$$

$$Vsx = 23710{,}1825 * 0.898 = 21302{,}11709\ [KN]$$

$$Vsy = 23710{,}1825 * 0.898 = 21302{,}11709\ [KN]$$

La programación de estos cálculos es encontrada en el apéndice D de Excel **(Programación FHE).**

7.2.3 Ajuste de los resultados.

El valor del cortante dinámico total en la base, Vtj, obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, j, no puede ser menor que el 80 por ciento para estructuras regulares, o que el 90 por ciento para estructuras irregulares, del cortante sísmico en la base, Vs, calculado por el método de la fuerza horizontal equivalente del Capítulo A.4

Como ya definimos que la estructura es regular usaremos el consiente para estructuras regulares.

Espectro de Bucaramanga en el software estructural: debemos ingresar los datos de entrada calculados anteriormente.

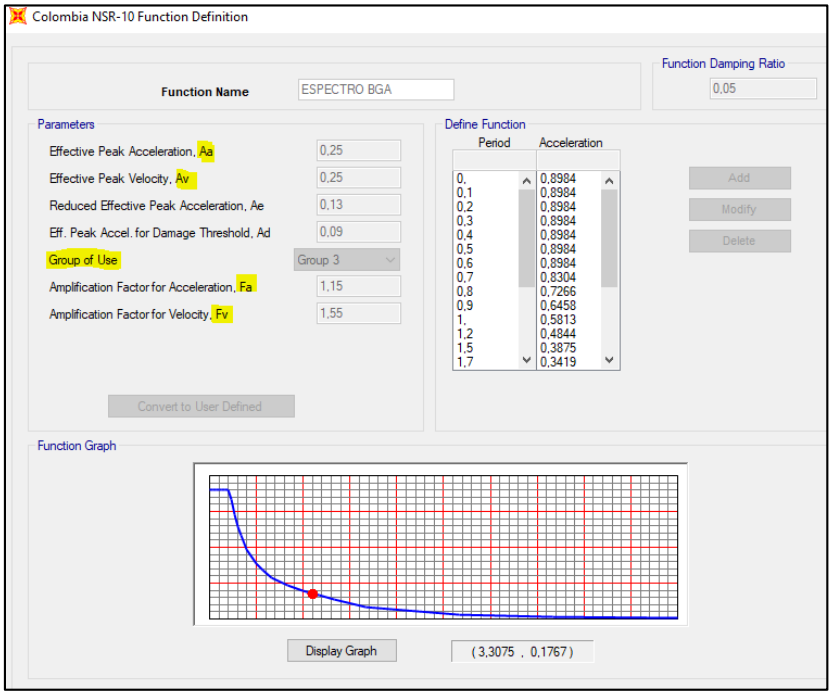

Figura 14. Espectro elástico de diseño Software SAP 2000.

Valores del cortante modal en la basal sin factor de corrección

$$V_{sismo\ X} = 11706{,}745\ \ [KN]$$

$$V_{sismo\ Y} = 10472{,}719\ \ [KN]$$

Fuerza horizontal equivalente calculada por el software SAP-2000, ingresando el valor de (Sa) y k que es un exponente relacionado con el período fundamental.

Sax =0.898; Kx= 1,032

Say =0.898 Ky= 1,032

Fuerza horizontal equivalente calculada por el software

$$V_{FHX} = V_{FHM} = 24316{,}362\ [KN]$$

Auto Seismic - User Coefficient

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter:

Auto Seismic - User Coefficient

	LoadPat Text	Dir Text	PercentEcc Unitless	EccOverride	UserZ Yes/No	C Unitless	K Unitless	WeightUsed	BaseShear KN
▶	FHX	X	0,05	No	No	0,898	1,032	27078,354	24316,362
	FHY	Y	0,05	No	No	0,898	1,032	27078,354	24316,362

Figura 15. Resultados del cortante en la base por el software SAP-2000.

Con la información disponible se puede determinar que la estructura no presenta irregularidades en planta ni en altura, de acuerdo a los requisitos de la norma en la tabla A-3-6 y A-3-7.

Como ya definimos que la estructura es regular usaremos el consiente para estructuras regulares.

$$F_{CX} = \frac{V_{FHX}}{sismo_X} = \frac{24316{,}362}{11706{,}745} = 2{,}07\ X\ 0{,}8 = 1{,}66$$

$$F_{CY} = \frac{V_{FHY}}{sismo_Y} = \frac{24316{,}362}{10472{,}719} = 2{,}32\ X\ 0{,}8 = 1{,}856$$

Gravedad corregida para ingresarlos al software en su respectiva dirección

$$g_X = 9{,}81\ X\ 1{,}66 = 16{,}28$$

$$g_Y = 9{,}81\ X\ 1{,}856 = 18{,}25$$

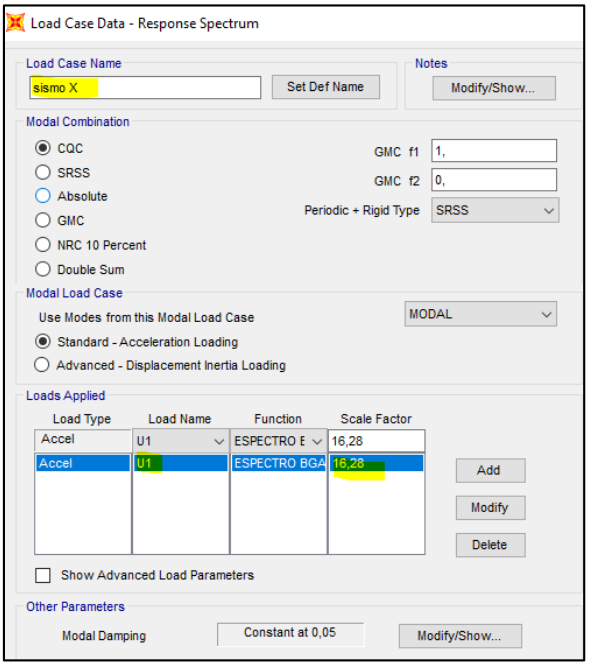

Figura 16. Gravedad corregida en dirección x Software SAP 2000.

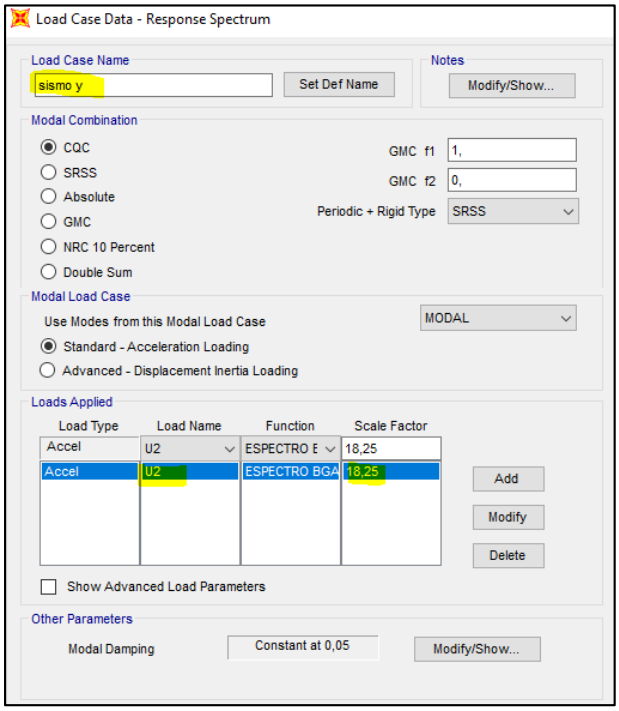

Figura 17. Gravedad corregida en dirección y Software SAP 2000.

Obtenemos el cortante modal corregido que cumple con el requisito.

$$V_{sismo\ X} = 19447{,}532\ KN$$

$$V_{sismo\ Y} = 19502{,}768\ KN$$

Base Reactions

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter:

OutputCase	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	GlobalFX KN	GlobalFY KN
MODAL	LinModal	Mode	12	948,964	3,69
Viva	LinStatic			4,352E-14	-4,245E-13
FHY	LinStatic			-7,128E-10	-24316,362
FHX	LinStatic			-24316,362	-4,483E-10
pp	LinStatic			1,281E-12	-1,977E-12
sismo X	LinRespSpec	Max		19447,532	53,831
sismo y	LinRespSpec	Max		60,345	19502,768
1,4D	Combination			5,603E-12	-3,229E-12
1,2D + L	Combination			4,846E-12	-3,192E-12
1,2D +1,6L	Combination			4,872E-12	-3,447E-12

Figura 18. Cortante modal corregida SAP-2000.

7.3 Análisis de resultados.

7.3.1 Índice de flexibilidad

Indica la susceptibilidad de la estructura a tener deflexiones o derivas excesivas, con respecto a las permitidas por el Reglamento.

Se define como la relación de la deriva y la deriva Max admisible

$$\mathrm{IF} = \frac{\Delta}{\Delta \mathrm{adm}}$$

7.3.1.1 Combinaciones de carga por efectos de ortogonales.

Los efectos ortogonales es un análisis que considera incluir la excitación simultánea del modelo debido al 100% de la dirección de movimiento del terreno más crítica y 30% del movimiento del terreno a lo largo del eje ortogonal.

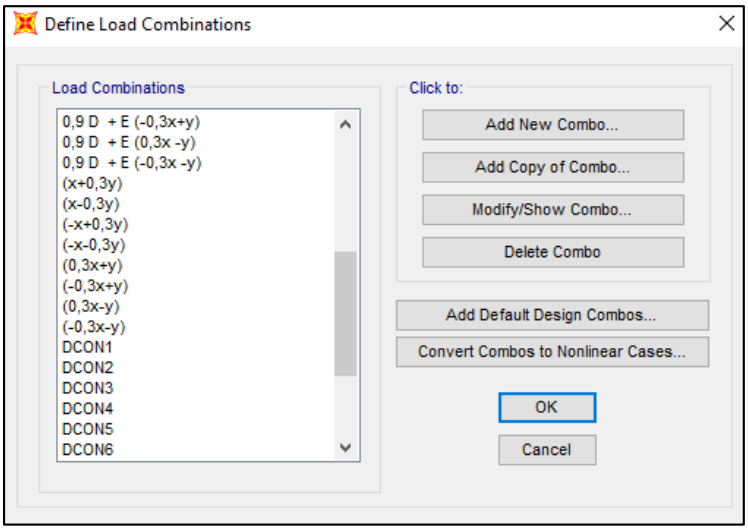

Figura 19.Combinaciones de carga con efectos ortogonales definidos en el Software SAP 2000.

Se obtienen los resultados de los desplazamientos y realizamos los respectivos cálculos que son encontrados en el apéndice E **(índice de flexibilidad)** adjuntos en el CD y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS.

Todos los ejes presentan una tendencia de crecimiento máxima en el tercer piso de tipo exponencial como se muestra en la figura.

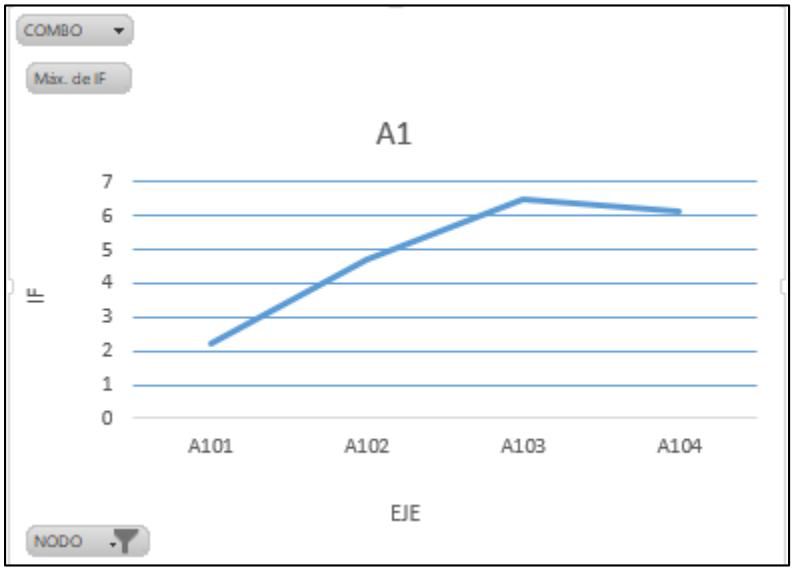

Figura 20.Índice flexibilidad eje A1

.

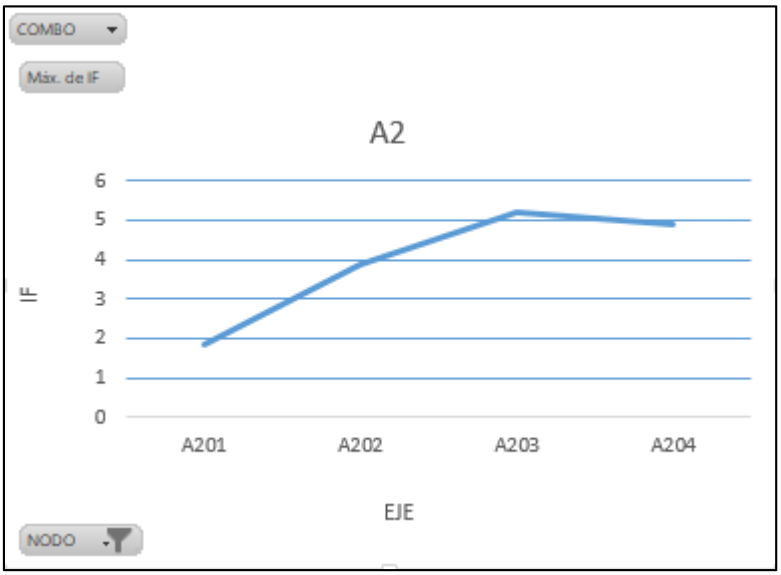

Figura 21.Indice flexibilidad eje A2.

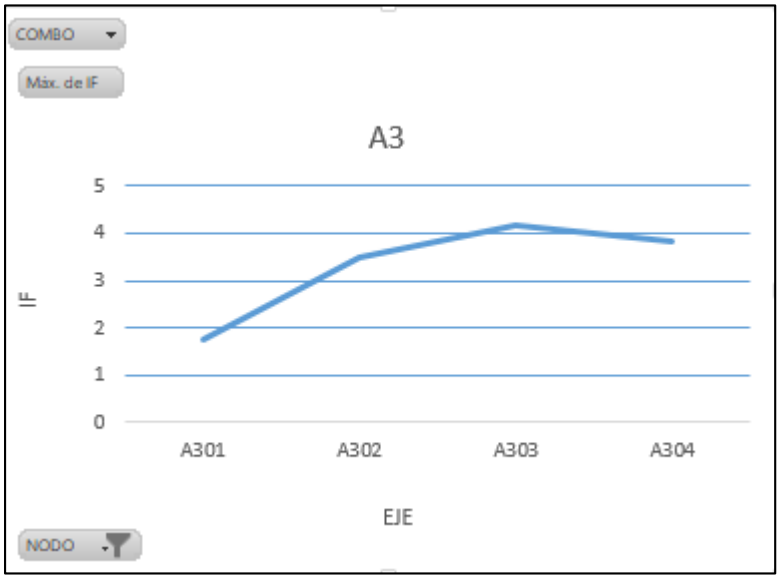

Figura 22.Índice flexibilidad eje A3.

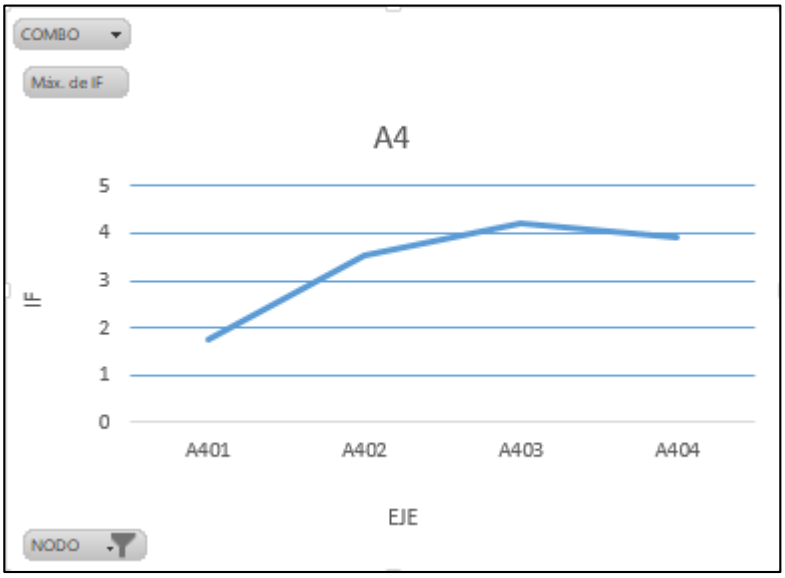

Figura 23. Índice flexibilidad eje A4.

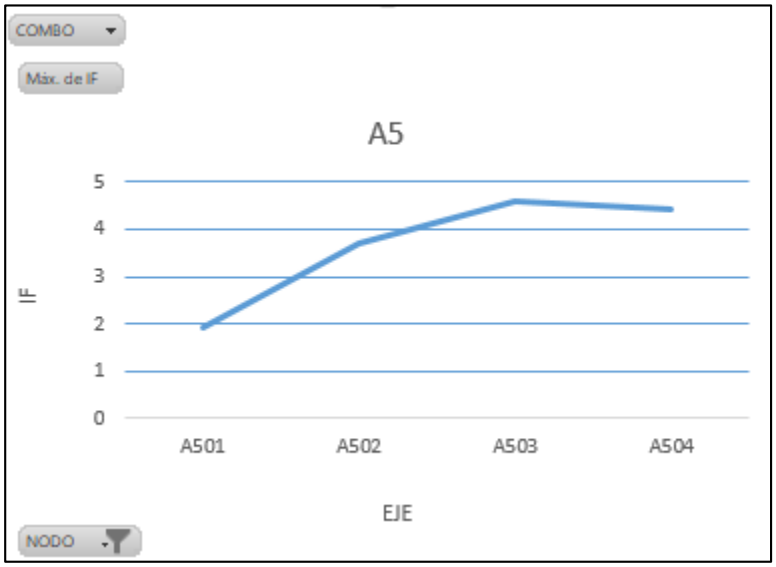

Figura 24.Índice flexibilidad eje A5.

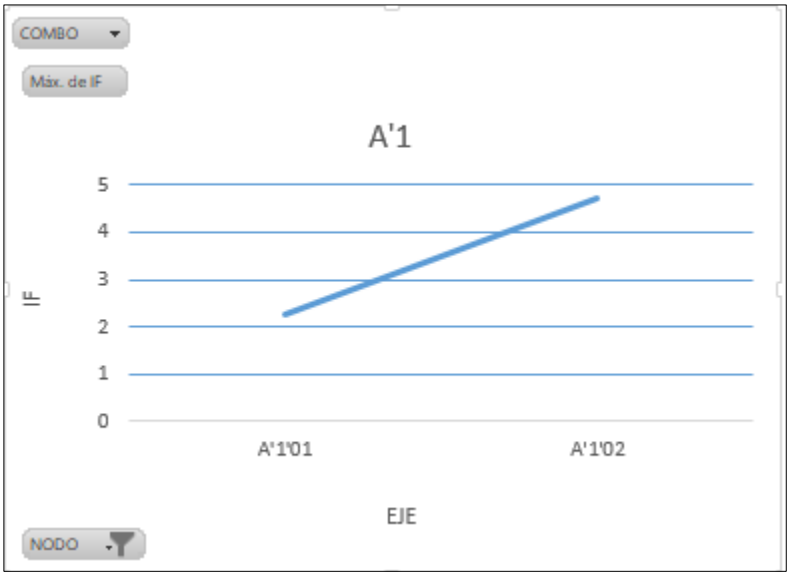

Figura 25.Índice flexibilidad eje A'1.

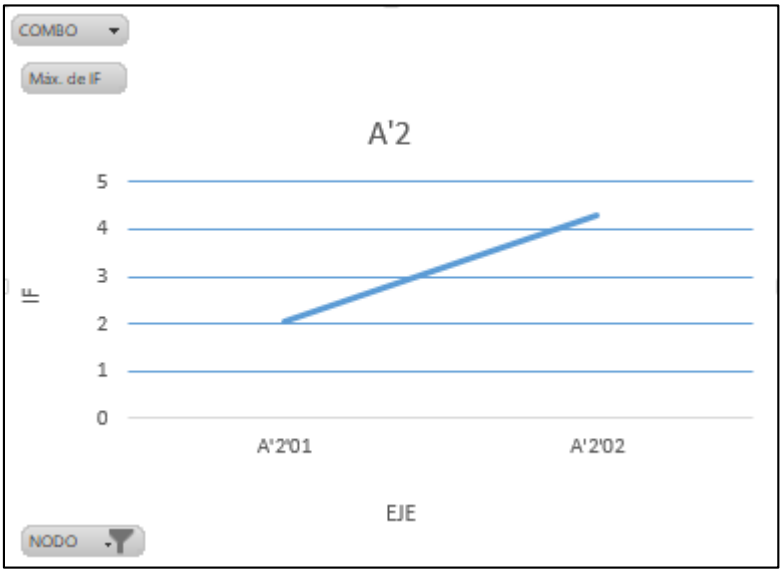

Figura 26.Índice flexibilidad eje A'2.

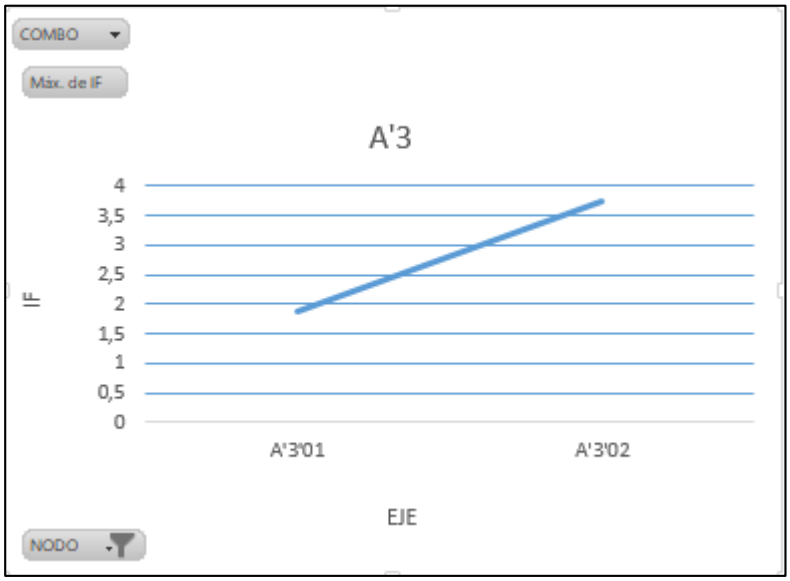

Figura 27.Índice flexibilidad eje A'3

.

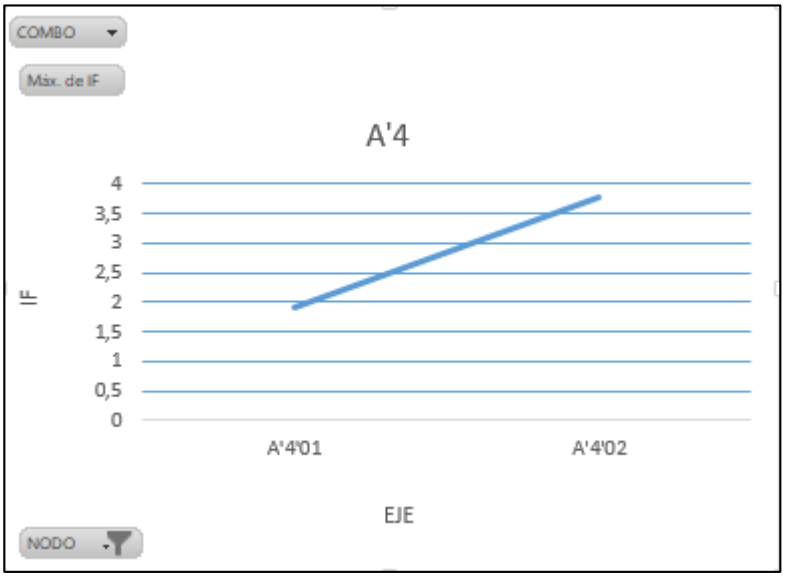

Figura 28.Índice flexibilidad eje A'4.

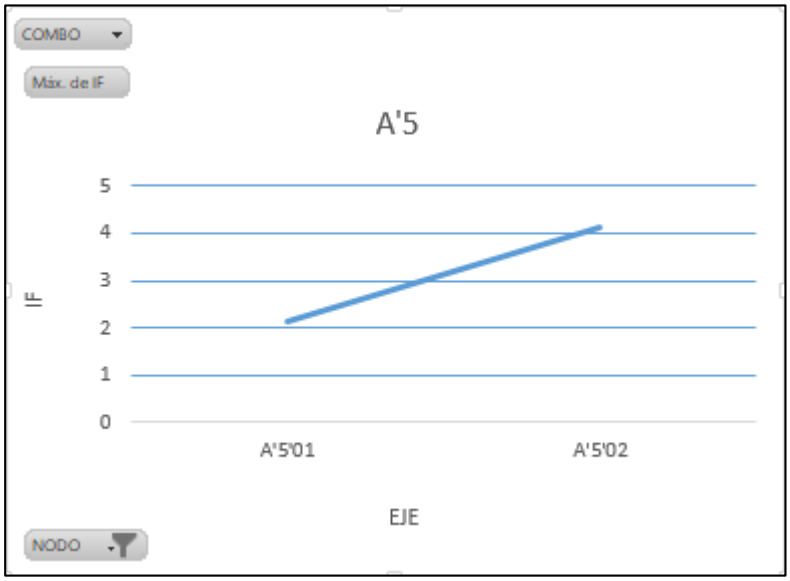

Figura 29.Índice flexibilidad eje A'5.

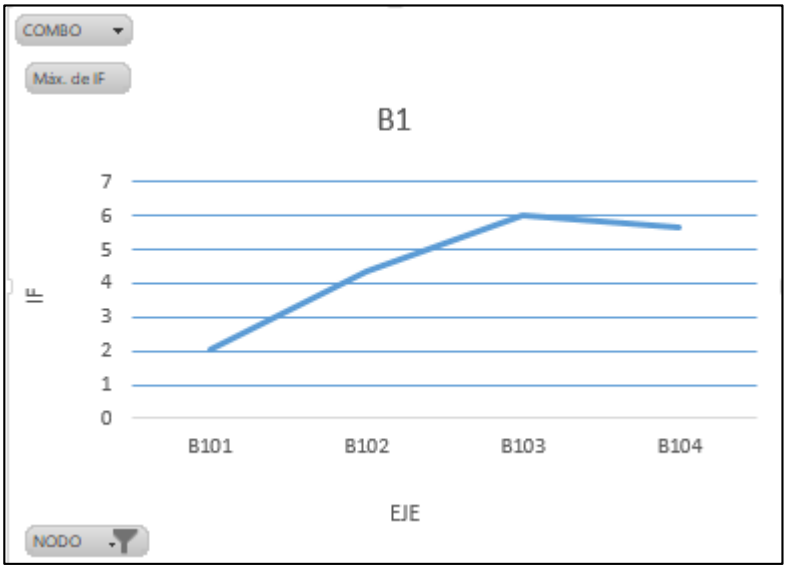

Figura 30. Índice flexibilidad eje B1.

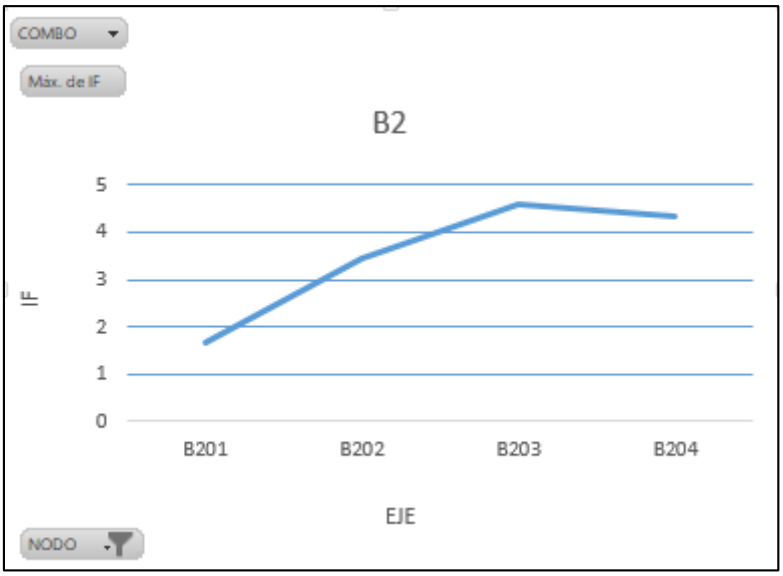

Figura 31.Indice flexibilidad eje B2

.

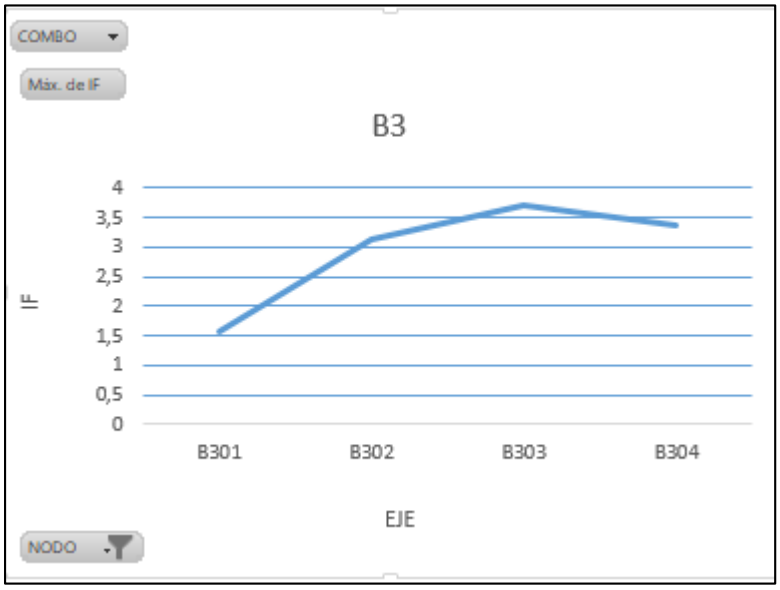

Figura 32. Índice flexibilidad eje B3.

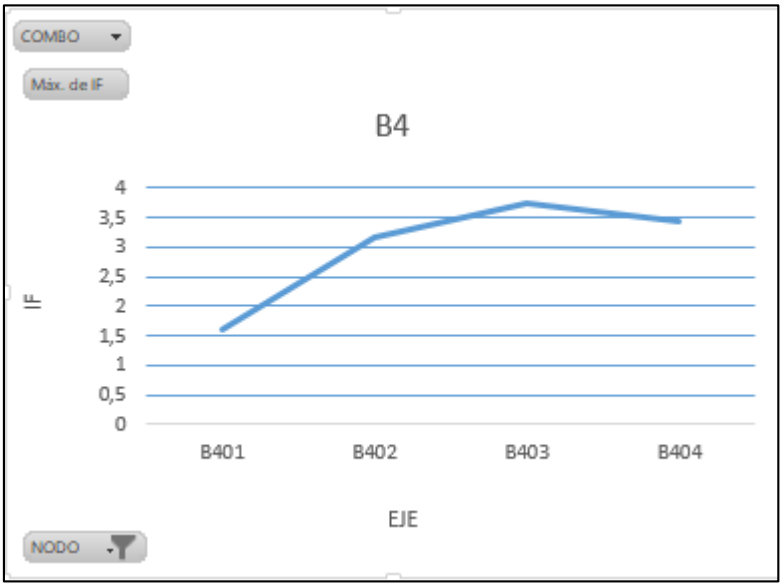

Figura 33.Índice flexibilidad eje B4.

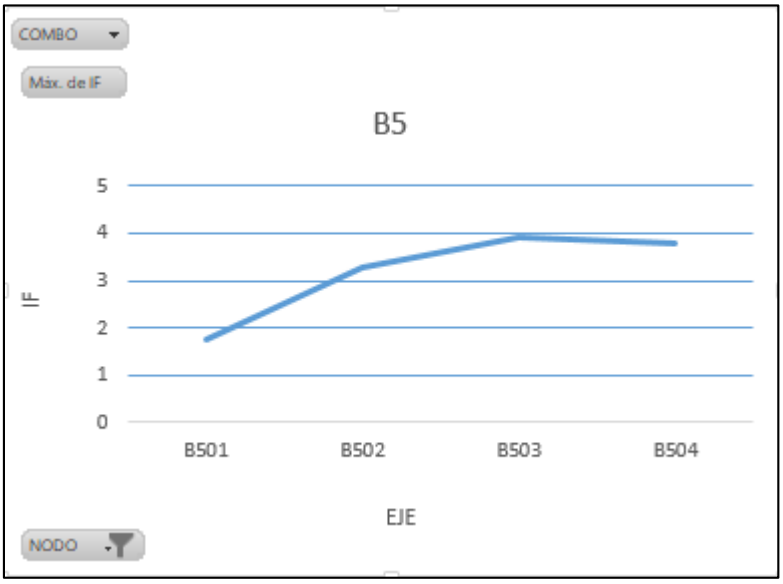

Figura 34.Índice flexibilidad eje B5.

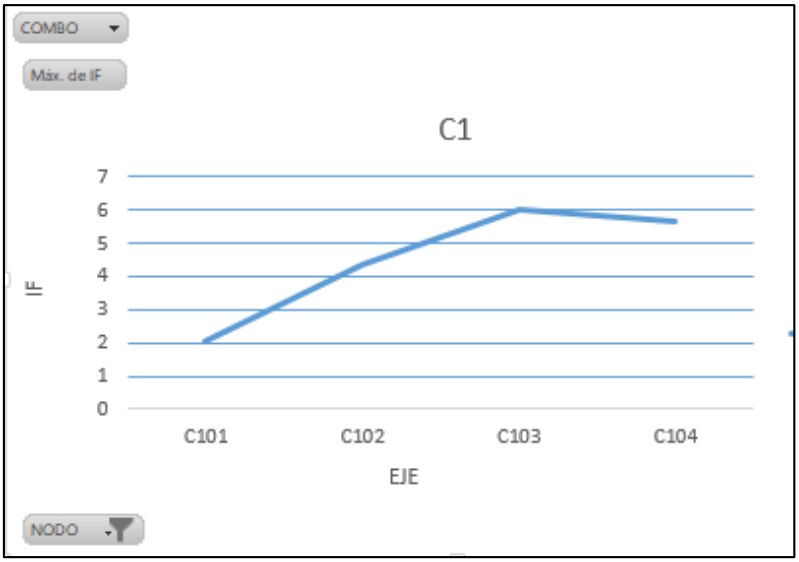

Figura 35.Índice flexibilidad eje C1.

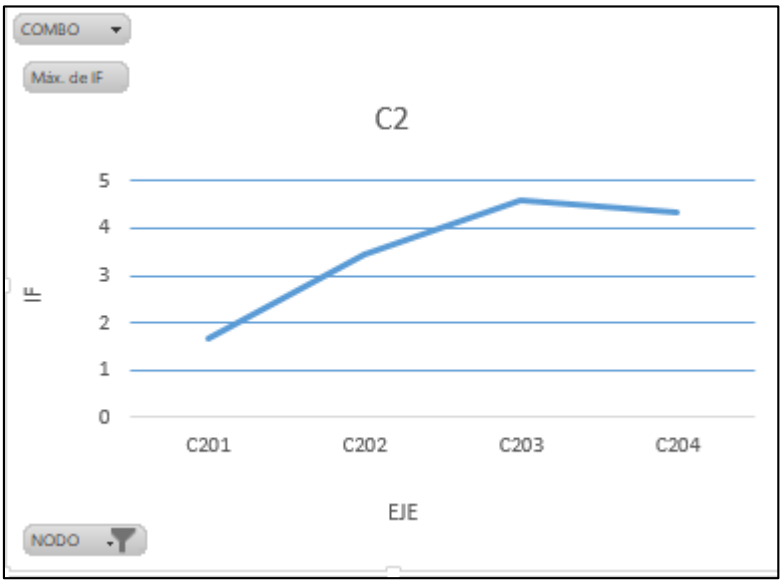

Figura 36.Índice flexibilidad eje C2.

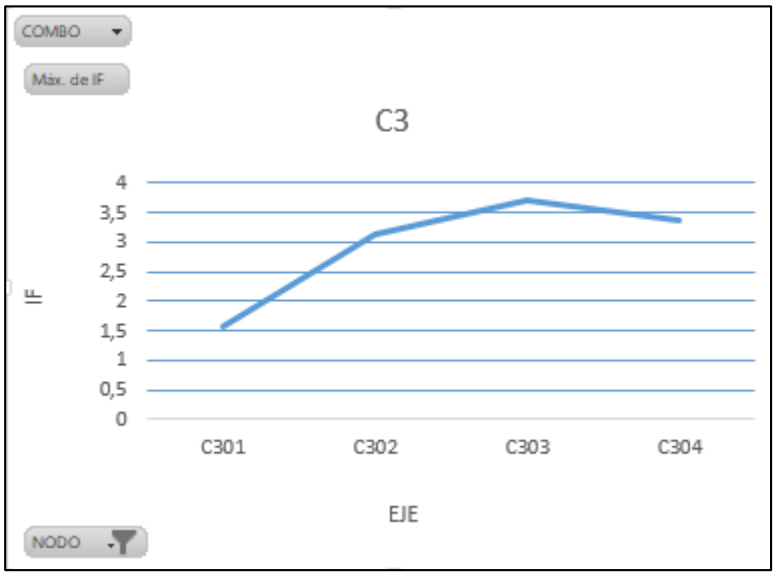

Figura 37.Índice flexibilidad eje C3.

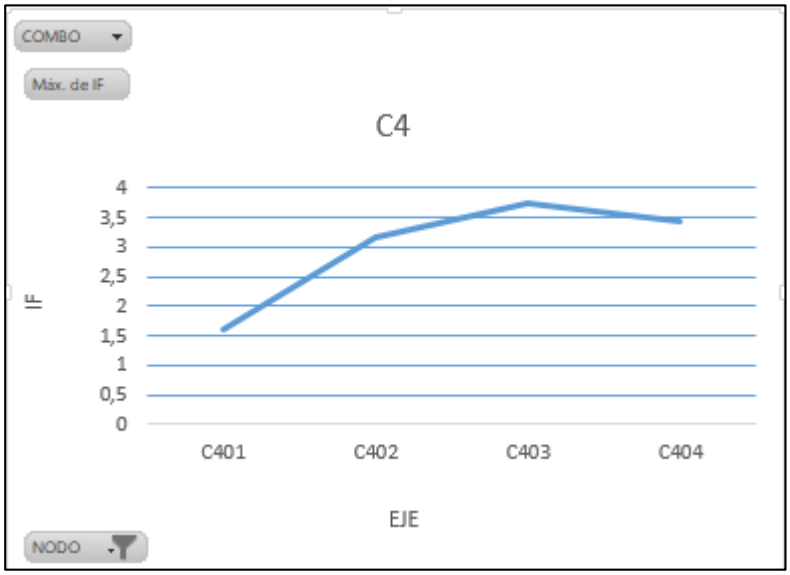

Figura 38. Índice flexibilidad eje C4.

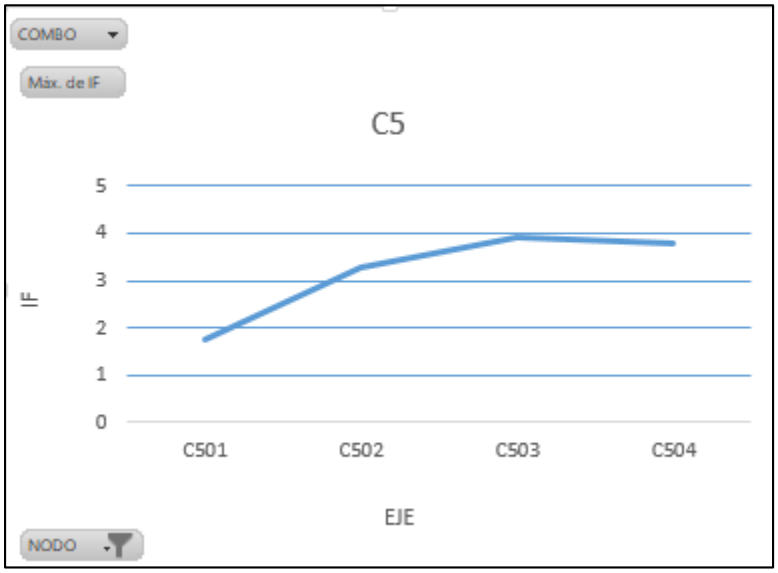

Figura 39.Índice flexibilidad eje C5.

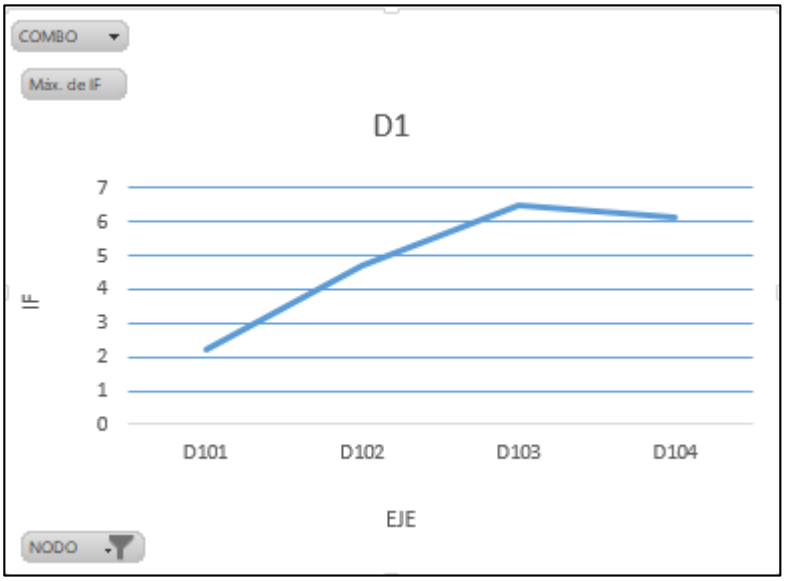

Figura 40.Índice flexibilidad eje D1.

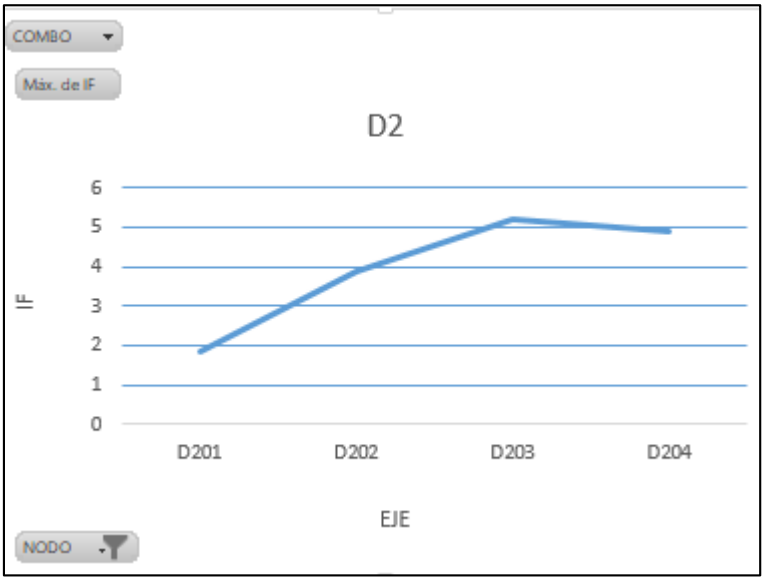

Figura 41.Indice flexibilidad eje D2.

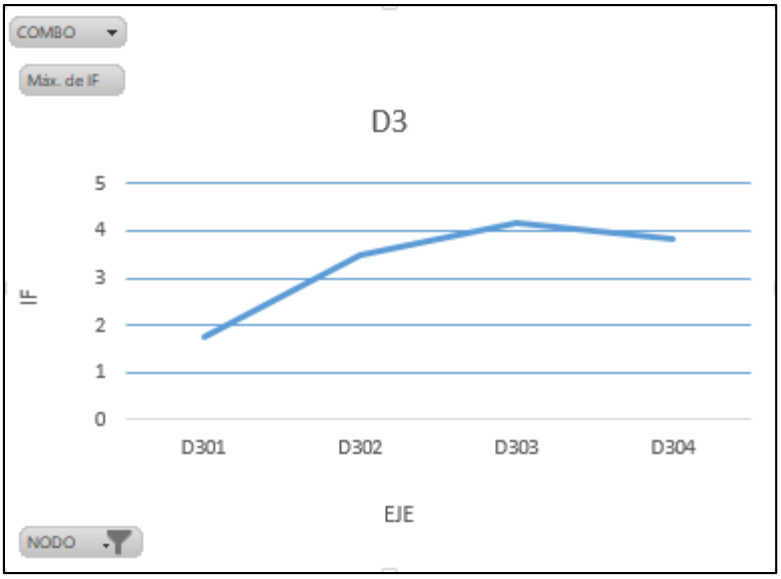

Figura 42.Indice flexibilidad eje D3.

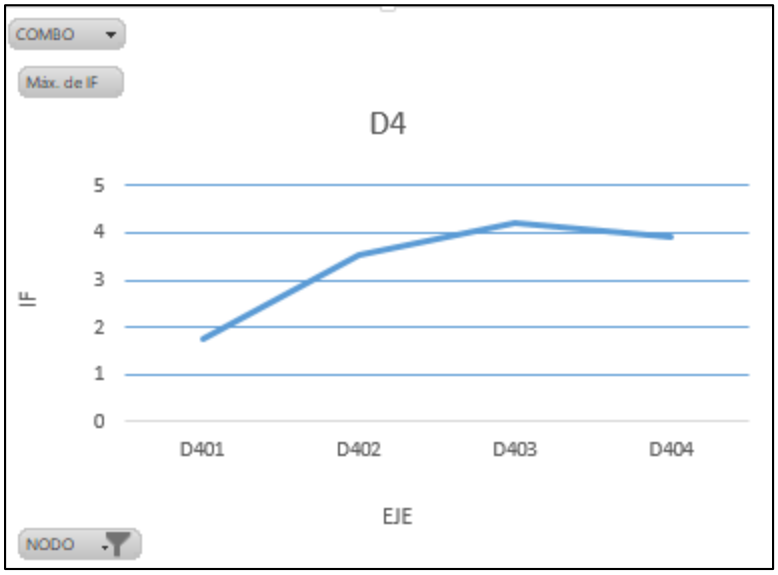

Figura 43.Índice flexibilidad eje D4.

.

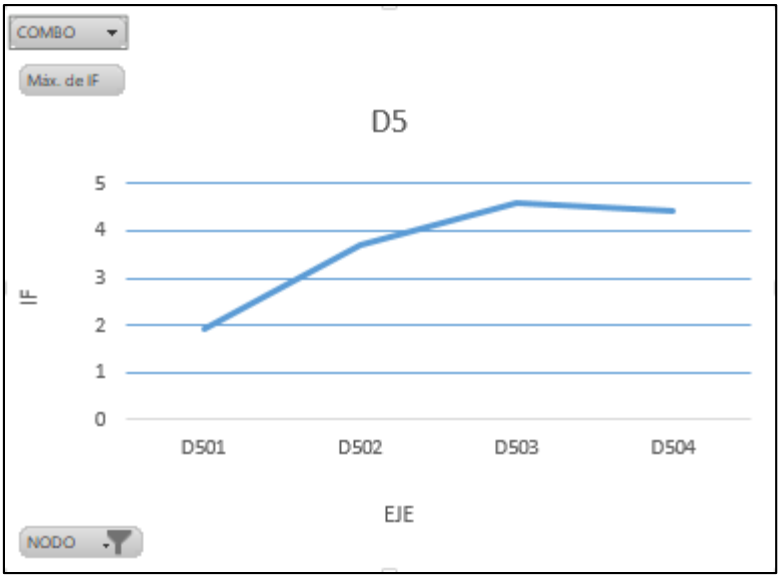

Figura 44.Índice flexibilidad eje D5.

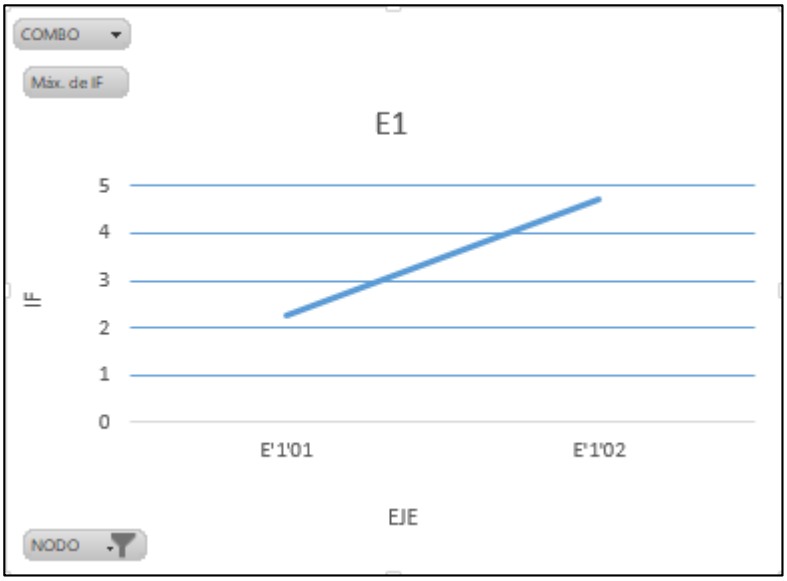

Figura 45.Índice flexibilidad eje E1.

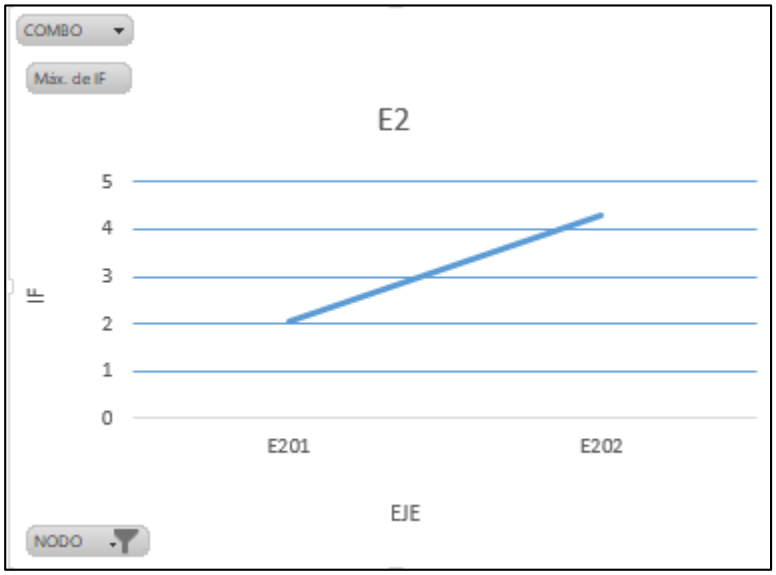

Figura 46.Índice flexibilidad eje E2.

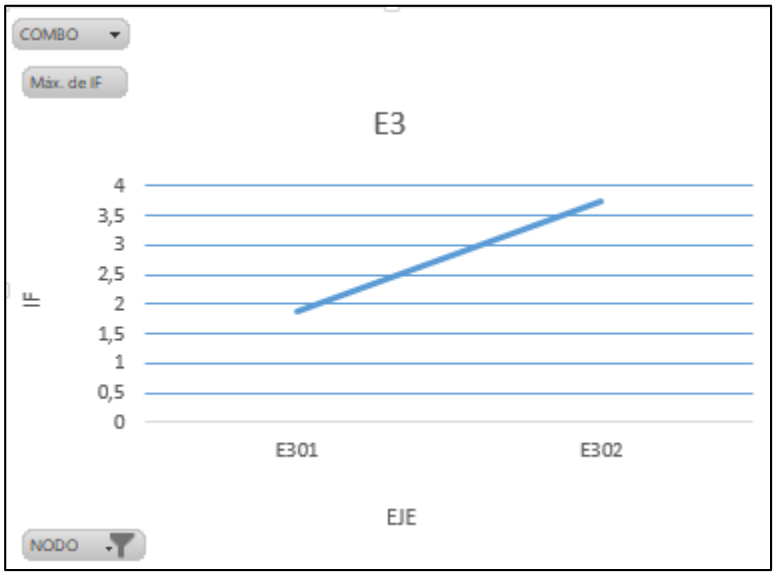

Figura 47.Índice flexibilidad eje E3.

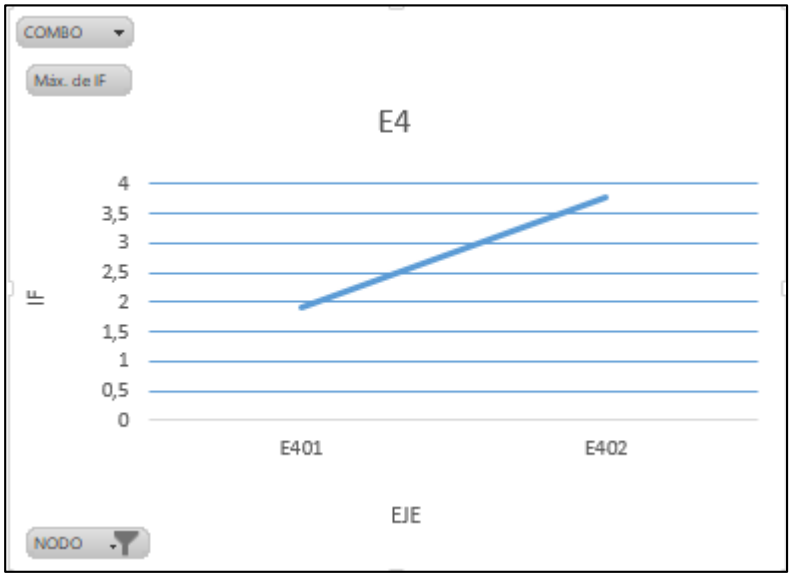

Figura 48. Índice flexibilidad E4.

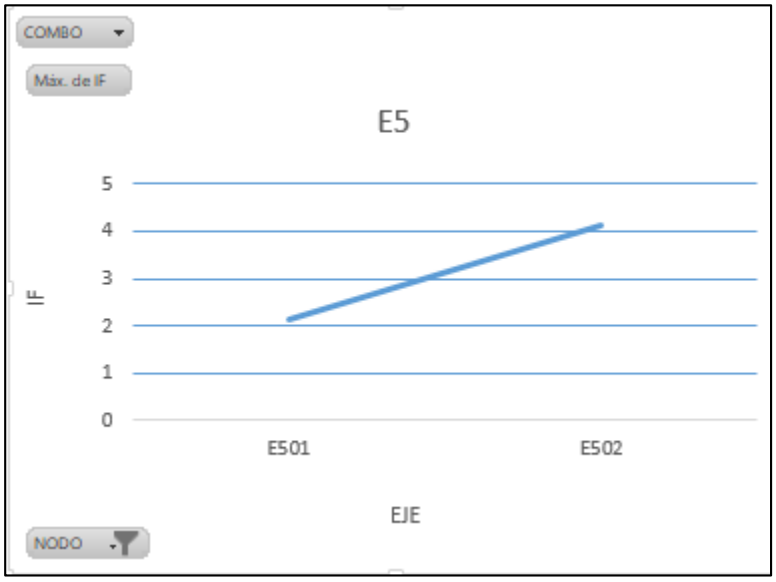

Figura 49.Indice flexibilidad eje E5.

Los valores de índice de flexibilidad son mayores a 1 lo cual indica valores superiores de los permitidos y aceptados por la norma de construcción sismo resistente nsr-10.

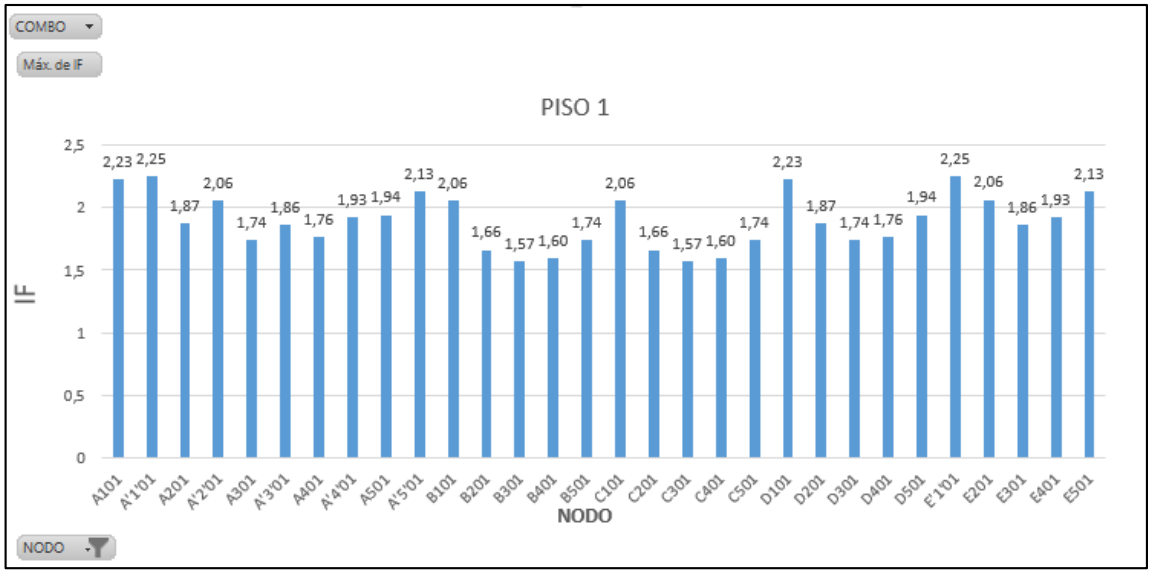

Figura 50. Índice flexibilidad piso 1.

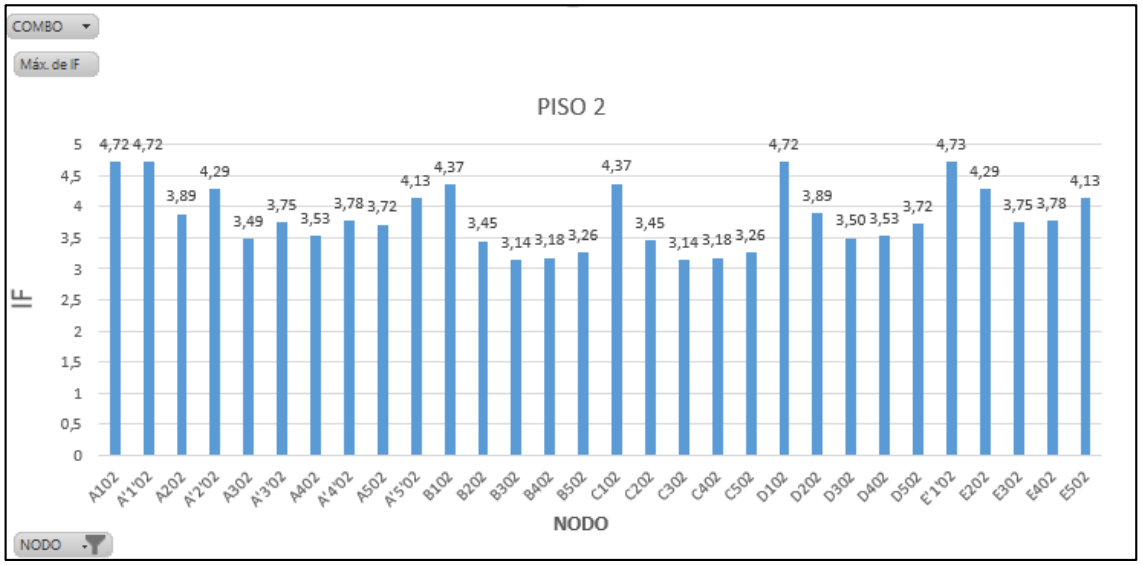

Figura 51.Indice flexibilidad piso 2.

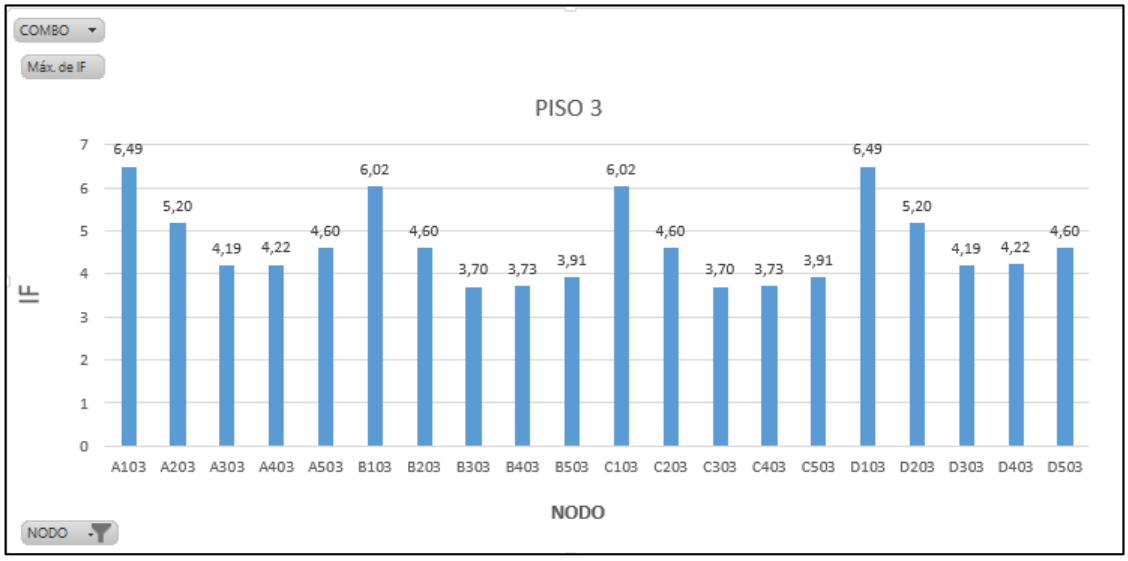

Figura 52.Indice flexibilidad piso 3.

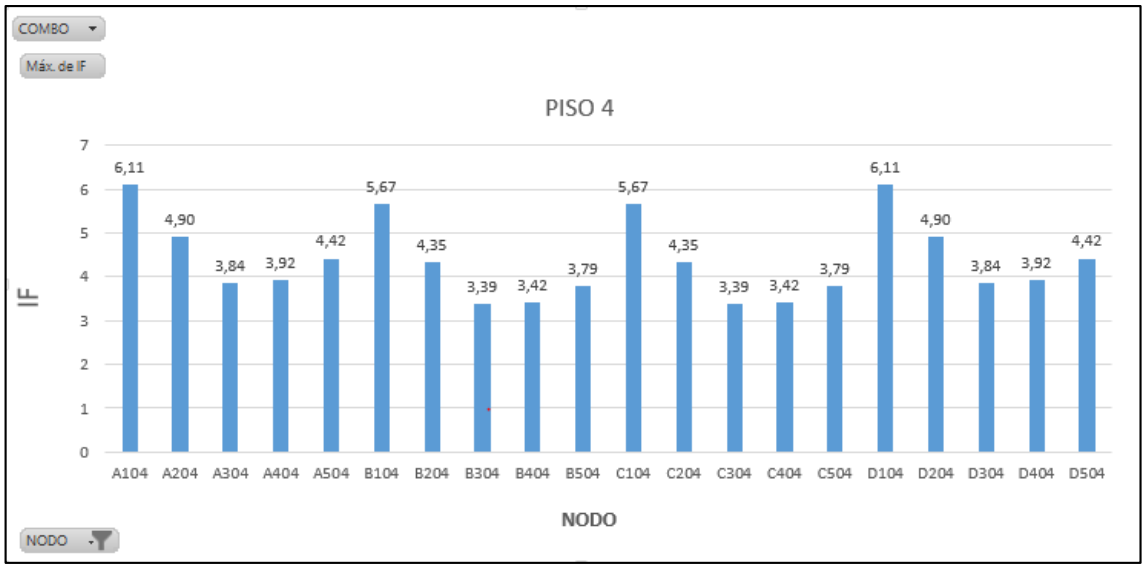

Figura 53.Indice flexibilidad piso 4.

En la siguiente tabla se resumen los resultados.

Tabla 4.

Índice de Flexibilidad máximo por pisos.

PISO	H piso [m]	Max deriva permitida [mm]	Max deriva por piso [mm]	If
Entrepiso1	2,60	26,00	58,47	2,25
Entrepiso2	2,97	29,72	140,46	4,73
Entrepiso3	2,80	28,00	181,81	6,49
Entrepiso4	3,63	36,28	221,63	6,11

Los resultados son preocupantes debido a que ninguno cumplió la normativa vigente lo cual es urgente una remodelación de la estructura especialmente en el piso 3 y 4 donde se evidencia ciaron los índices de flexibilidad más altos.

7.3.2 Índice de sobreesfuerzo.

Para todos los elementos de la estructura y para todos los efectos tales como cortante, flexión, torsión, etc., debe dividirse la fuerza o esfuerzo que se le exige al aplicarle las solicitaciones equivalentes, mayoradas de acuerdo con el procedimiento dado en el Título B del Reglamento y para las combinaciones de carga dadas allí, por la resistencia efectiva del elemento. El índice de sobreesfuerzo para toda la estructura corresponderá al mayor valor

obtenido de estos cocientes, entre los elementos que puedan poner en peligro la estabilidad general de la edificación.

7.3.2.1 Combinaciones de carga mayoradas.

El diseño de las estructuras, sus componentes y cimentaciones debe hacerse de tal forma que sus resistencias de diseño igualen o excedan los efectos producidos por las cargas mayoradas.

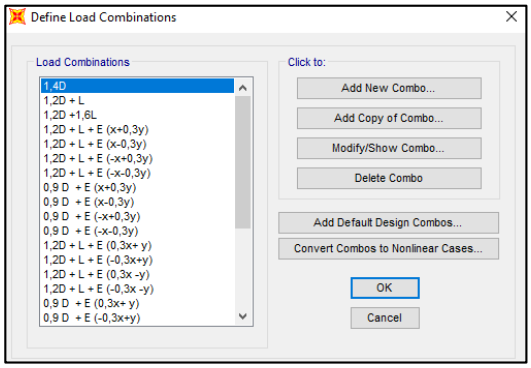

Figura 54.Combinaciones de carga asignados en el software SAP-2000.

Las fuerzas sísmicas reducidas de diseño, E, utilizadas en las combinaciones B.2.4-5 y B.2.4-7 corresponden al efecto, expresado en términos de fuerza, F, de los movimientos sísmicos de diseño prescritos en el Título A, divididos por R.

$$E = \frac{Fs}{R}$$

Para la evaluación de una estructura existente en el artículo A.10.4.2.4 NSR-10 inciso B, dice que cuando la información es incompleta o fragmentaria debe definirlo el ingeniero con su mejor crítico pero no debe ser mayor de lo establecido en la (tabla A3.3) de la misma.

Realizamos ciertas verificaciones con el objetivo de determinar el factor R con una precisión más acertada.

La cuantía del refuerzo transversal es una pauta muy importante para definir nuestro factor R.

$$\rho = \frac{As}{bd}$$

Porcentaje de acero necesario para una sección de concreto

Lo ideal es que la estructura presente una capacidad de disipación de energía especial debido a la zona de amenaza sísmica donde se encuentra (Alta).

Como ejemplo usaremos una viga del nivel 1 eje 1 para la demostración con las siguientes características.

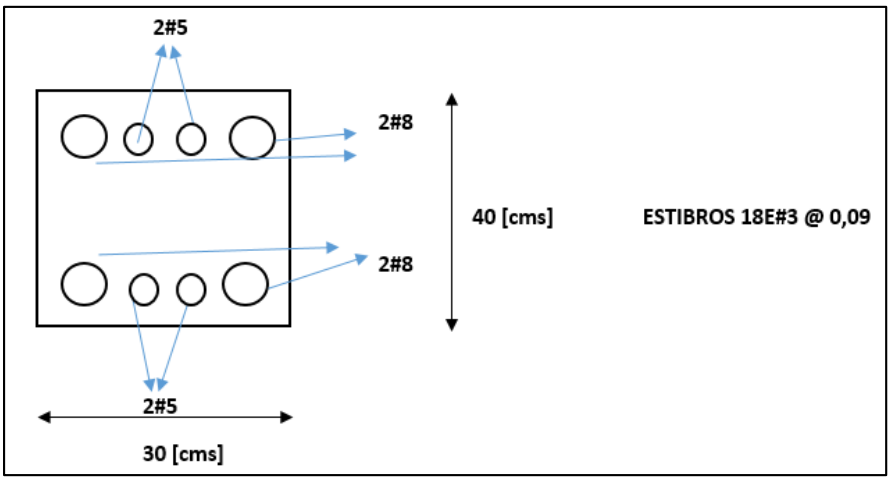

Figura 55.Sección transversal viga nivel 1 eje 1

C.21.5.3.1

Elementos sometidos a flexión (Des)

✓ Se deben disponer estribos de confinamiento igual a dos veces la altura del elemento

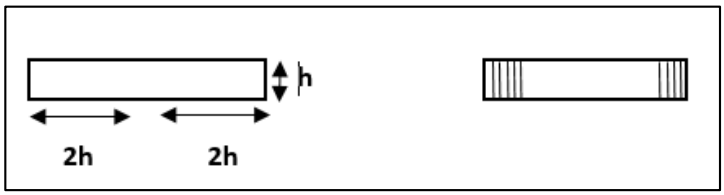

Figura 56. Ilustración de una viga que cumple C.21.5.3.1

Cumple. $2h = 800[mm]$

C.21.5.3.2-a

✓ El primer estribo debe estar situado en no más de 50 mm

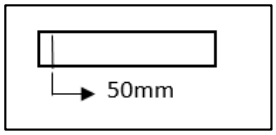

Figura 57.Distancia de primer estribo de confinamiento.

No cumple. 50 [mm] primer estribo

C.21.5.3.2-b

✓ El espaciamiento de los estribos de confinamiento no debe ser mayor al menor

- $d/_4$
- 8 veces ϕ barra longitudinal más pequeña
- 24 veces ϕ de barra del estribo confinamiento
- 300 mm

Separación suponiendo un recubrimiento de 40 [mm] obtenemos un d=360 [mm]

- $r = \frac{d}{4} = 90$ [mm]
- ϕ # 5 = 15,9[mm]; $8 * (5{,}9) = 127{,}2\ [mm]$
- ϕ # 3 = 9,5 [mm];$24 * (9{,}5) = 228\ [mm]$
- $300\ [mm]$

Cumple. Rige 90 [mm]

C.21.5.2.1

Refuerzo longitudinal

✓ Para el refuerzo tanto superior como inferior se debe cumplir.

$$A_S \geq \frac{0{,}25\sqrt{f'c}}{f_y} * b * d$$

$$A_S \geq \frac{14bd}{f_y}$$

$$\rho < 0{,}025$$

$$A_c = (199 * 2) + (510 * 2) = 398 + 1020 = 1418\ [mm^2]$$

$$A_T = (199 * 2) + (510 * 2) = 398 + 1020 = 1418[mm^2]$$

$$A_S \ \geq \ \frac{0{,}25 * \sqrt{28}}{420} * 300 * 360 = 340{,}16\ [mm]$$

$$A_S \ \geq \ \frac{1{,}4 * 300 * 360}{420} = 360\ [mm]\ ;\ \text{Cumple.}$$

$$\rho = \frac{1418}{300*360} = 0{,}013\ [mm]$$;Cumple.

C.21.6.3

Refuerzo longitudinal Elementos sometidos a flexo compresión (columna) (Des)

- ✓ Dimensión mínima 300 mm

$$Ast > 0{,}01\ Ag$$

$$Ast < 0{,}04\ Ag$$

$$0{,}01Ag = 0{,}01 * (400 * 400) = 1600[mm]$$

$$0{,}04Ag = 0{,}04 * (400 * 400) = 6400[mm]$$

$$Ast = 8\#8 = 8 * (510) = 4080[mm]$$

D mínimo 300 Cumple.

Cumple.

C.21.6.4.3

Refuerzo transversal La separación del refuerzo transversal a lo largo del eje longitudinal no debe Exceder la menor.

- $^1/_4$ Dimensión mínima de elemento
- $6\ veces\ \phi\ barra\ larga\ menor$
- $S_O = 100 + \left(\frac{350-h_x}{3}\right)$

- $\frac{400}{4} = 100$; No cumple.
- $6\phi = 6 * (9{,}5) = 57\ mm$

Tabla 5.

Revisión de parámetros para definir grado de disipación de la estructura.

Inciso		Resultado
C.21.5.3.1		Cumple
C.21.5.3.2	(a)	No cumple
C.21.5.3.2	(b)	Cumple
C.21.5.2.1		Cumple
C.21.6.1.1		Cumple
C.21.6.3		Cumple
C.21.6.4.3		NO Cumple

.

Usamos 7 criterios para determinar el coeficiente de disipación de energía de los cuales 5 cumplieron y numéricamente los demás no están tan lejos de la norma por tanto definiremos la estructura como grado (DES) $\boldsymbol{R_O = 7}$ para un pórtico resistente a momentos sin ninguna irregularidad presentada en planta y verticalidad.

Una vez establecido las combinaciones de carga corremos el programa para exportar los resultados.

7.3.2.2 Índice de sobreesfuerzo columnas falla por cortante.

Los datos se obtienen y se resumen en la siguiente tabla para ver los resultados completos mirar el apéndice (**índice de sobreesfuerzo cortante columnas)** adjuntos en el CD y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS.

Tabla 6.

Índice máximo por piso cortante en dirección 2.

Piso	#columnas	#columnas ifv2 > 1	%	Max
SOTANO	30,00	11,00	36,67	1,10
PISO 1	30,00	17,00	56,67	1,42
PISO 2	20,00	12,00	60,00	1,26
PISO 3	20,00	8,00	40,00	1,36

Tabla 7.

Índice máximo por piso cortante en dirección 3.

Piso	#columnas	#columnas Ifv3 > 1	%	Max
SOTANO	30,00	6,00	20,00	1,19
PISO 1	30,00	6,00	20,00	1,76
PISO 2	20,00	6,00	30,00	1,45
PISO 3	20,00	0,00	0,00	0,94

Revisando las tablas y graficas podemos decir que la dirección 2 es más débil que la dirección 3 por lo tanto tenemos una mayor cantidad de sobreesfuerzos en el 48% de las columnas mientras que en la dirección 3 tenemos un 18% sin embargo en esta se presentan los máximos índices de sobresfuerzo.

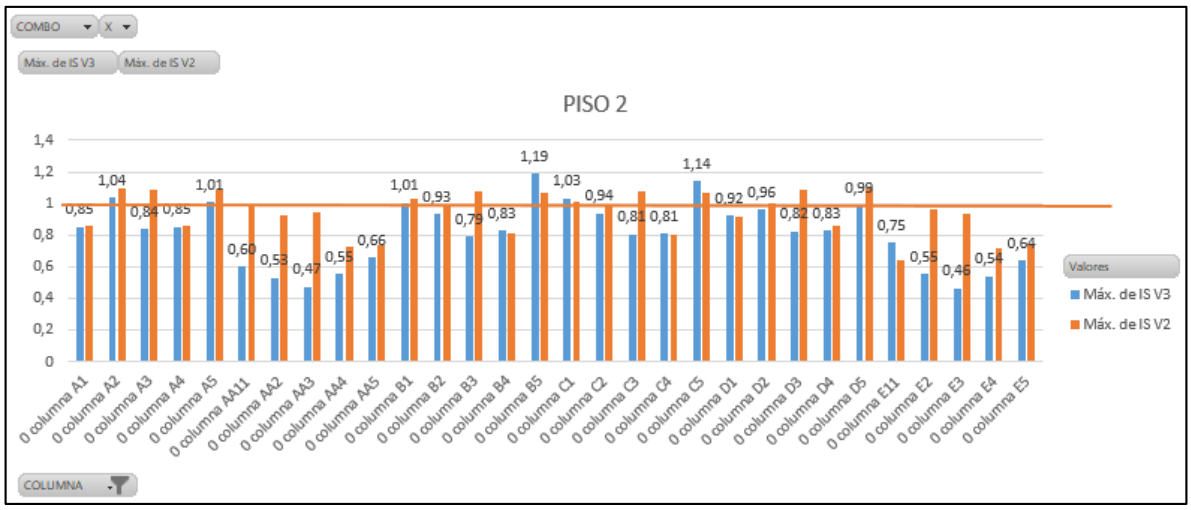

Figura 58.Valores de IS piso 2 direcciones 2 y 3.

7.3.2.3 Índice de sobreesfuerzo columnas falla por compresión biaxial.

Los datos se obtienen y se resumen en la siguiente tabla para ver los resultados completos mirar el apéndice h (**índice de sobreesfuerzo compresión biaxial columnas)** adjuntos en el cd y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS**.**

Tabla 8.

Índice máximo por piso compresión biaxial.

PISO	#COLUMNAS	#COLUMNAS IS>1	%	MAX
SOTANO	30,00	30,00	100,00	2,50
PISO 1	30,00	28,00	93,33	4,84
PISO 2	20,00	16,00	80,00	2,18
PISO 3	20,00	20,00	100,00	3,44

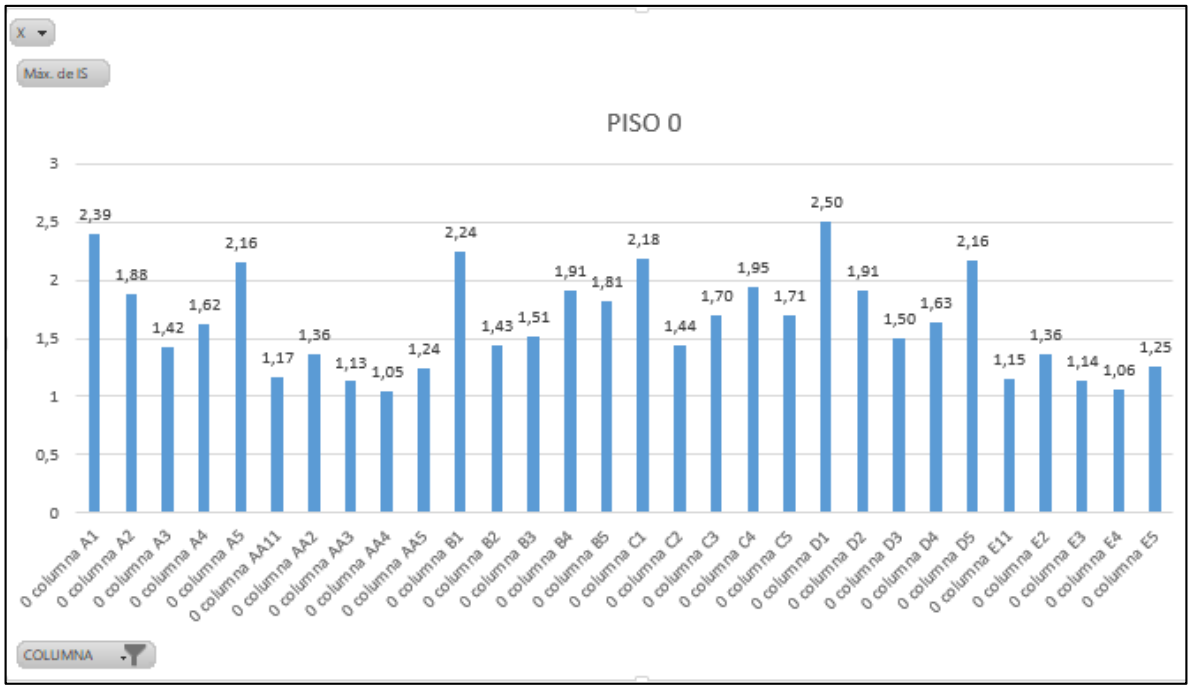

Figura 59.Valores de Índice de Sobreesfuerzo piso 0.

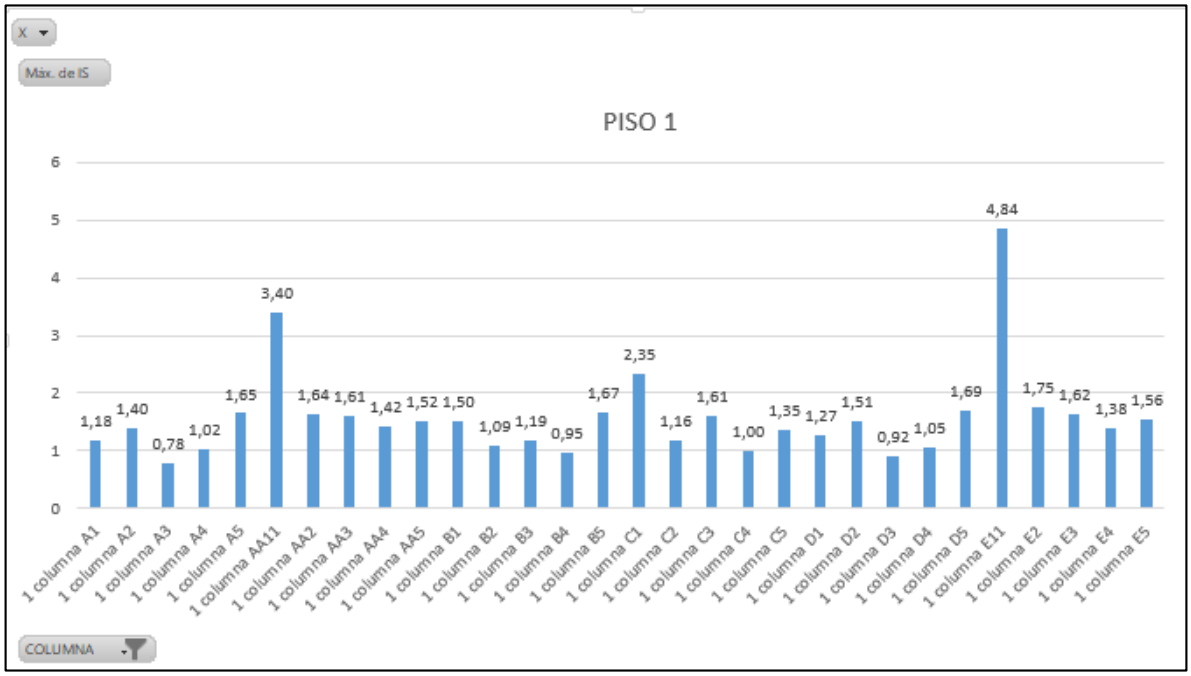

Figura 60. Valores de Índice de Sobreesfuerzo piso.

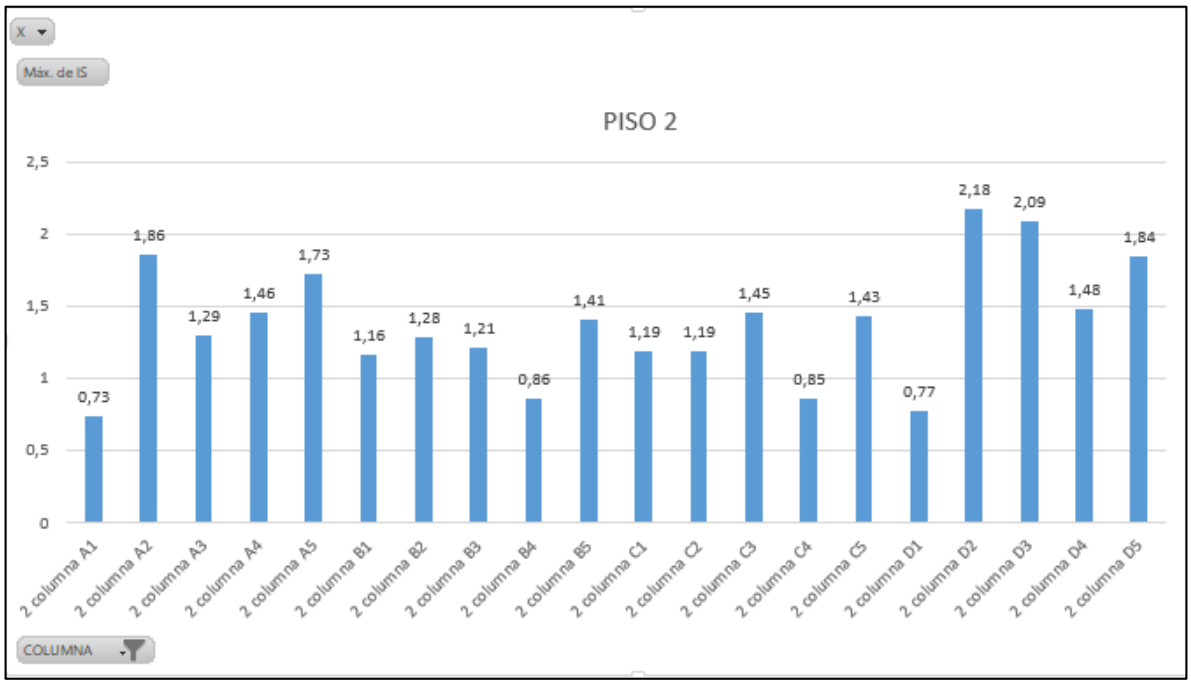

Figura 61.Valores de Índice de Sobreesfuerzo piso 2.

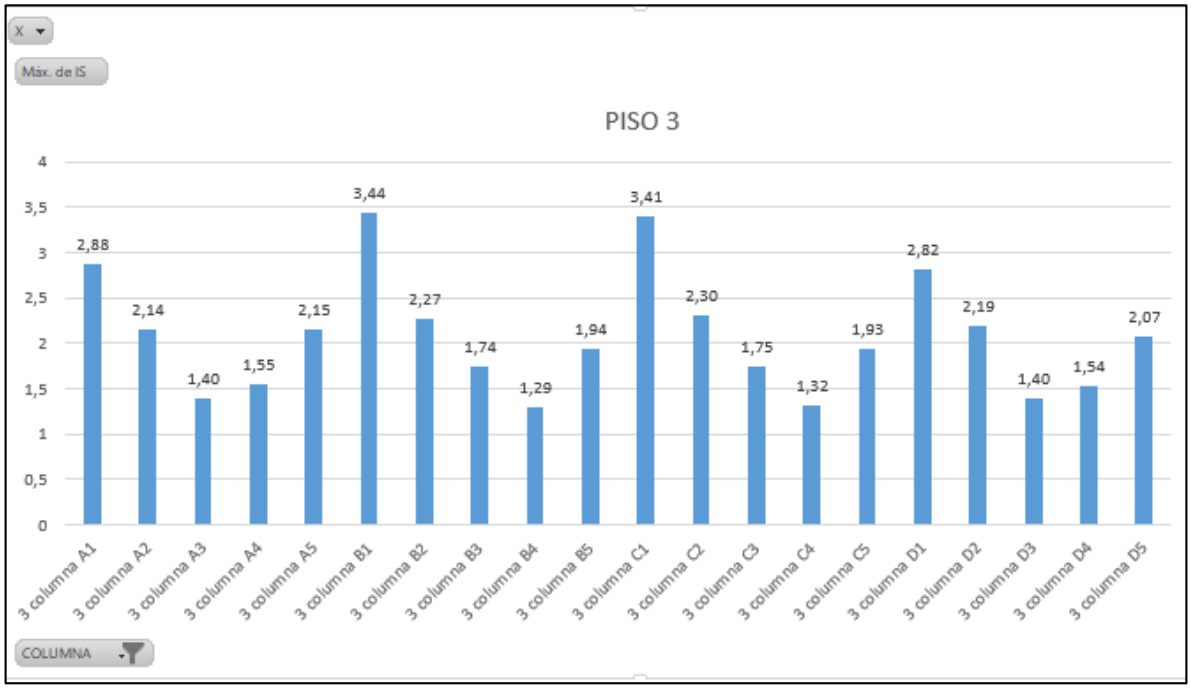

Figura 62.Valores de Índice de Sobreesfuerzo piso 3.

En este caso los resultados son preocupantes debido a que el 94% de las columnas presentan un Índice de sobresfuerzo alto y a pesar que el sótano y el piso 3, tienen un 100% de sus columnas en sobreesfuerzo, el piso 1 tiene el máximo valor de 4,84 en el eje (E11).

7.3.2.4 Índice de sobreesfuerzo vigas falla por cortante.

Los datos se obtienen y se resumen en la siguiente tabla para ver los resultados completos mirar el apéndice I (**índice de sobreesfuerzo vigas cortante)** adjuntos en el CD y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS**.**

Tabla 9.

Índice máximo por piso cortante.

PISO	# VIGAS	# VIGAS IFV > 1	%	MAX
PISO 1	57,00	28,00	49,12	3,44
PISO 2	63,00	29,00	46,03	3,47
PISO 3	40,00	22,00	55,00	3,43
PISO 4	39,00	20,00	51,28	3,52

En general obtenemos un balance del 49,7% de vigas con sobreesfuerzo y con un máximo de 3,47 en el piso 2 con los ejes AT y AM, todos los pisos presentan en promedio un sobreesfuerzo del 50%.

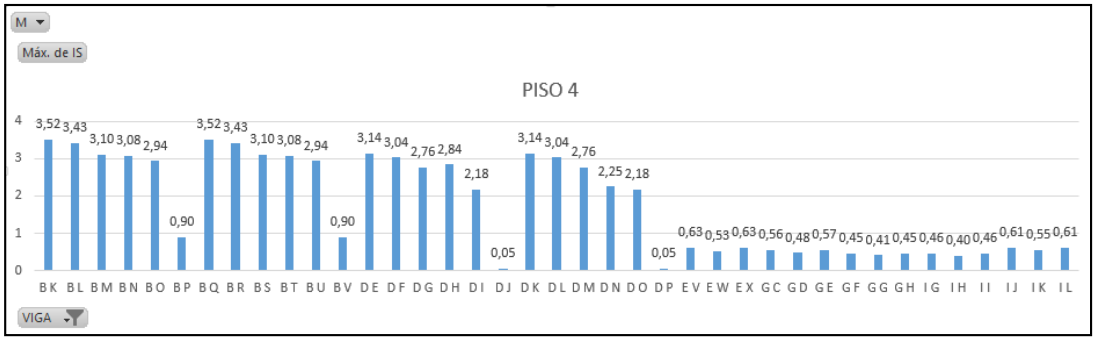

Figura 63.Valores de IS piso 4.

Podemos observar una debilidad mayor en dirección Y que en dirección X, se presentan los mayores sobreesfuerzos por lo tanto sería prioridad en el reforzamiento.

7.3.2.5 Índice de sobreesfuerzo vigas falla por flexión.

Los datos se obtienen y se resumen en la siguiente tabla para ver los resultados completos ir al apéndice J (**índice de sobreesfuerzo vigas)** adjuntos en el CD y puede visualizarlos en base de datos de la biblioteca UIS**.**

Tabla 10

.Índice máximo por piso flexión.

PISO	VIGAS	# VIGAS IFV > 1	%	MAX
PISO 1	57,00	51,00	89,47	6,05
PISO 2	63,00	55,00	87,30	5,88
PISO 3	40,00	35,00	87,50	3,83
PISO 4	39,00	29,00	74,36	4,47

En general la estructura presenta un 85% de sobreesfuerzo en el total de sus elementos sometidos a flexión, el piso más crítico se encuentran en el piso 1 con el mayor porcentaje de elementos y el máximo índice con 6,05.

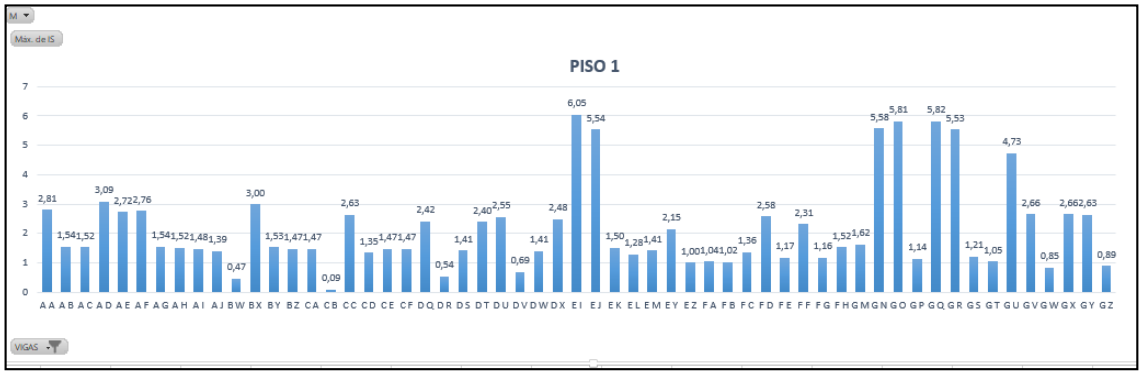

Figura 64.Valores de IS piso 1.

El máximo índice se presenta en la viga EI con un valor de 6,05.

8 Renovación de fachada

Como parte final del proyecto, se realizó un modelo 3D en el software Achicad para ofrecerle al colegio un contexto moderno y ser una propuesta de remodelación a futuro.

Figura 65.Render elaborado en el software Achicad.

9 Conclusiones

- Con el trabajo de campo realizado al inicio de la practica podemos determinar que en general encontramos un estado sano de los elementos estructurales, no se hallaron fisuras o grietas considerables sin embargo hay ciertos detalles que requieren un estudio más minucioso como unos elementos desconocidos cerca a las columnas las cuales no hay información de que funciones realizan, por otro lado un muro de gran altura que desconocemos si está construido confinadamente de resto son detalles de humedad o de uso institucional.
- En la actividad pedagógica se evidencio una falta de conocimientos respecto a un evento sísmico generalmente por parte de los estudiantes como resultados elaboramos un plegable para toda la comunidad educativa con el objetivo de fortalecer los pre-saberes de una manera correcta y unas sugerencias para que sean consideradas por los directivos de la institución.
- De acuerdo con el análisis de vulnerabilidad sísmica se requiere una intervención inmediata por parte de una firma profesional para proporcionarle mayor rigidez a los elementos estructurales debido a que el indicie de flexibilidad y sobreesfuerzo están superiores por los admitidos por la normativa presente.
- Los mayores desplazamientos se presentan en el tercer y cuarto piso con un valor de 6 veces mayor que lo permitido. Ningún piso cumple los requisitos de máxima deriva.
- Las columnas presentan más sobreesfuerzos cortantes en dirección 2 que en 3 en un 50% aproximadamente y sobresfuerzos del 98% en compresión biaxial. El piso 2 es el que presenta más elementos con sobreesfuerzos siendo más crítico.

- Las vigas presentan sobreesfuerzos por flexión en el 85% del total teniendo como critico el piso 1.
- Debido a que la institución no cumple los requisitos mínimos de resistencia en los elementos estructurales viga y columna se recomienda hacer un estudio más detallado de todos los componentes de la estructura cuando se inicie el reforzamiento.
- Todo el análisis realizado en este proyecto se basó en la información suministrada por los planos, destacando que no se realizó ningún tipo de verificación.
- Se recomienda hacer ensayos de resistencia y caracterización de materiales para efectuar una mejor propuesta de reforzamiento.
- Actualmente el colegio solicito los servicios de una compañía experta en rehabilitación estructural que realizó un análisis detallado con una propuesta de reforzamiento y se espera que concluya en junio del presente año.

Referencias Bibliográficas

Civil Geeks ingeniería y construcción. Diferencias y comportamientos de Diafragmas rígidos y flexibles [en línea]. Disponible en internet URL <https://civilgeeks.com/2011/08/21/diferencias-y-comportamientos-de-diafragmas-rigidos-y-flexibles/>

Colegio Cooperativo Comfenalco. Reseña histórica [en línea].Disponible en internet URL<http://colcomfenalco.edu.co/principal/contenido/4 >.

Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes. Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR-10: Colombia, 2010, Titulo A, Titulo B, Titulo C.

Computers and Structures, Inc. SAP 2000 (version 20) [software].

Graphisoft SE, ArchiCAD (version 22) [software].