



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE

CONTRATO DE CONSULTORIA No. 787 DE 2014

ESTUDIOS DE VULNERABILIDAD SISMICA Y LOS DISEÑOS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES, CON FUNDAMENTO EN EL REGLAMENTO COLOMBIANO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE NSR-10 DE EDIFICACIONES DEL SENIA A NIVEL NACIONAL, UBICADAS EN ZONAS DE AMENAZA SISMICA ALTA E INTERMEDIA FASE 2.


INFORME REFORZAMIENTO

SENA GIRÓN - CENTRO INDUSTRIAL DEL MANTENIMIENTO INTEGRAL
CÓDIGO: 9224 DIRECCIÓN: Km 7 PALENQUE VIA RINCON DE GIRÓN



VERSION 1
ORIGINAL

BOGOTA D.C., MAYO DE 2015
TECNICAS COLOMBIANAS DE INGENIERIA S.A.S.

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sismo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

HOJA DE CONTROL

ENTIDAD	RESPONSABLE	EJEMPLARES
SENA		

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

ÍNDICE VERSIÓN	SECCION MODIFICADA	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
0		16/03/2015	
1		04/05/2015	

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

TITULO DOCUMENTO:		INFORME DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL			
DOCUMENTO No:		No. 1			
A P R O B A C I Ó N	NUMERO DE REVISIÓN		0	1	
	RESPONSABLE POR ELABORACIÓN "Profesional que elabora documento"	Nombre:	JORGE DUMAR	JORGE DUMAR	
		Firma:			
		Fecha:	16/03/2015	04/05/2015	
	RESPONSABLE REVISIÓN "Director de Estudios"	Nombre:	MIGUEL ROSERO	MIGUEL ROSERO	
		Firma:			
		Fecha:	16/03/2015	04/05/2015	
	RESPONSABLE APROBACIÓN "Director de Estudios"	Nombre:	MIGUEL ROSERO	MIGUEL ROSERO	
		Firma:			
Fecha:		16/03/2015	04/05/2015		





REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

TABLA DE CONTENIDO


1	INTRODUCCIÓN.....	9
2	LOCALIZACIÓN	10
3	DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA Y ESTRUCTURAL.....	11
3.1	DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA	11
3.2	DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL	12
3.2.1	<i>ESTRUCTURA 2</i>	12
3.2.2	<i>ESTRUCTURA 8</i>	12
3.2.3	<i>ESTRUCTURA 9</i>	12
4	GENERALIDADES.....	13
5	SOLUCIONES DE REFORZAMIENTO.....	13
6	MODELACIÓN ESTRUCTURAL.....	16
6.1	BASES DE CÁLCULO	16
6.2	MODELO MATEMÁTICO Y DESCRIPCIÓN DEL REFORZAMIENTO	17
6.2.1	<i>ESTRUCTURA 2</i>	17
6.2.2	<i>ESTRUCTURA 8.1</i>	18
6.2.3	<i>ESTRUCTURA 8.2</i>	19
6.2.4	<i>ESTRUCTURA 8.3</i>	20
6.3	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	20
6.4	PARÁMETROS DE CALIDAD DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA REHABILITADA	22



REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

6.5	PARÁMETROS SÍSMICOS DE DISEÑO	23
6.5.1	COEFICIENTES DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA	28
6.6	COMBINACIONES DE CARGA	29
6.6.1	COMBINACIONES PARA DERIVAS	29
6.6.2	COMBINACIONES PARA DISEÑO	30
6.7	EVALUACIÓN DE CARGAS	32
6.7.1	CARGA MUERTA	32
6.7.2	CARGA VIVA	32
6.7.3	SOLICITACIONES SÍSMICAS	33
7	REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	34
7.1	INDICES DE CIMENTACIÓN	35
7.2	ÍNDICES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA	35
7.2.1	INDICES DE FLEXIBILIDAD	35
7.2.2	INDICES DE SOBRESFUERZO	36
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
8.1	CONCLUSIONES GENERALES	41
8.2	CONCLUSIONES ESPECÍFICAS	42
9	BIBLIOGRAFÍA	44
10.	ANEXOS	
10.1	ESTRUCTURA #2	
10.2	ESTRUCTURA #8.1	



REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

- 10.3 ESTRUCTURA #8.2
- 10.4 ESTRUCTURA #8.3
- 10.5 PLANOS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

NOTA: Cada una de las estructuras relacionadas en la tabla de ANEXOS anterior contiene: Datos generales, Cálculo de volumen y densidades, Avalúo de cargas, Análisis sísmico, Derivas y torsión, Índices de flexibilidad vertical, Resistencia efectiva, Índices de capacidad de cimentación, Índices de sobreesfuerzo, Resistencia mínima a flexión según C.21.6.3 y el Reporte de Etabs.



REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Planos de Reforzamiento Estructural	8
Tabla 2 Descripción de Estructuras - SENA sede Girón.....	16
Tabla 3 Resumen propiedades mecánicas del concreto y acero de refuerzo	21
Tabla 4 Resumen propiedades mecánicas del concreto y acero de refuerzo	21
Tabla 5 Coeficientes de reducción de resistencia estructuras	22
Tabla 6 Coeficientes espectrales de diseño	23
Tabla 7 Coeficientes espectrales de Umbral de Daño	25
Tabla 8 Periodo formula A.4.2.3 según NSR-10	27
Tabla 9 Periodo de las estructuras.....	27
Tabla 10 Coeficiente de disipación de energía	29
Tabla 11 Asignación de cargas vivas	33
Tabla 12. Software utilizado para el diseño de la estructura.	34
Tabla 13 Índices de sobreesfuerzo estructura reforzada (Estructura 2)	37
Tabla 14. Resumen índices de sobreesfuerzo estructura reforzada (Estructura 2) ...	37
Tabla 15 Índices de sobreesfuerzo estructura reforzada (Estructura 8.1)	38
Tabla 16. Resumen índices de sobreesfuerzo estructura reforzada (Estructura 8.1)	38
Tabla 17 Índices de sobreesfuerzo estructura reforzada (Estructura 8.2)	39
Tabla 18. Resumen índices de sobreesfuerzo estructura reforzada (Estructura 8.2)	39




REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Tabla 19. Índices de sobreesfuerzo estructura reforzada (Estructura 8.3) 40

Tabla 20. Resumen índices de sobreesfuerzo estructura reforzada (Estructura 8.3) 40

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Espectro de diseño NSR-10 25

Gráfica 2 Espectro en el Umbral de Daño 26

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización general sitio de estudio 10

Ilustración 2 SENA sede Girón. Ubicación y numeración de estructuras 11

Ilustración 3 Modelo tridimensional - Reforzamiento (Estructura 2) 17

Ilustración 4 Cargas Sísmicas 31

Ilustración 5. Columnas encamisadas - Estructura #2 35





REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

TABLA DE PLANOS

Tabla 1. Planos de Reforzamiento Estructural

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL SENA SEDE GIRON		
NUMERO	ESTRUCTURA	CONTENIDO
1 DE 8	2	REFORZAMIENTO PLANTA CIMENTACION
2 DE 8	2	REFORZAMIENTO PLANTA 2do PISO
3 DE 8	2	REFORZAMIENTO PLANTA CUBIERTA
4 DE 8	2	REFORZAMIENTO DESPIECE ENCAMISADO DE VIGAS Y COLUMNAS
5 DE 8	2	REFORZAMIENTO SECCIONES MUROS
6 DE 8	2	DESPIECES , TRASLAPOS DE MUROS
7 DE 8	2	REFORZAMIENTO DESPIECE ENCAMISADO DE VIGAS Y COLUMNAS
8 DE 8	2	ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES NUEVOS
1 DE 7	8.1	REFORZAMIENTO PLANTA CIMENTACION
2 DE 7	8.1	REFORZAMIENTO PLANTA N+4.27
3 DE 7	8.1	REFORZAMIENTO PLANTA N+7.89
4 DE 7	8.1	REFORZAMIENTO PLANTA N+12.09
5 DE 7	8.1	REFORZAMIENTO DESPIECE ENCAMISADO DE VIGAS Y COLUMNAS
6 DE 7	8.1	ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES NUEVOS
7 DE 7	8.1	REFORZAMIENTO MAMPOSTERIA EXISTENTE
1 DE 6	8.2	REFORZAMIENTO PLANTA CIMENTACION
2 DE 6	8.2	REFORZAMIENTO PLANTA N+3.65
3 DE 6	8.2	REFORZAMIENTO PLANTA N+7.85
4 DE 6	8.2	REFORZAMIENTO DESPIECE ENCAMISADO DE VIGAS Y COLUMNAS
5 DE 6	8.2	ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES NUEVOS
6 DE 6	8.2	REFORZAMIENTO MAMPOSTERIA EXISTENTE
1 DE 6	8.3	REFORZAMIENTO PLANTA CIMENTACION
2 DE 6	8.3	REFORZAMIENTO PLANTA N+3.60
3 DE 6	8.3	REFORZAMIENTO PLANTA N+6.30
4 DE 6	8.3	REFORZAMIENTO DESPIECE ENCAMISADO DE COLUMNAS
5 DE 6	8.3	ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES NUEVOS
6 DE 6	8.3	REFORZAMIENTO MAMPOSTERIA EXISTENTE

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sismo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

1 INTRODUCCIÓN.


Bajo el contrato No. 787 del 1 de agosto de 2014 suscrito entre Técnicas Colombianas de Ingeniería TCI y el servicio nacional de aprendizaje SENA, cuyo objeto es “Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sismo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2”; se cobija el presente documento de REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL. Este se ha estructurado bajo las condiciones establecidas en las reglas de participación, anexo técnico 1: ALCANCE ESPECÍFICO DE LA CONSULTORIA que hace parte del proceso CM DG 15 de 2014 publicada en la página de contratación.

El presente informe tiene como objetivo realizar el reforzamiento de la estructura ante los sismos de diseño actuantes, tomando como base la Norma Sismo resistente Colombiana (NSR-10).

Adicionalmente se ha estudiado el comportamiento dinámico que presenta la estructura, la cual se analiza generalmente con el método de análisis dinámico elástico espectral según el caso y se han verificado las derivas máximas demandadas comparándolas con los valores admisibles establecidos por las normas vigentes, con el fin de establecer niveles de daño esperados o posible inestabilidad de los elementos.

La alternativa de reforzamiento estructural se plantea teniendo en cuenta las mejores condiciones desde el punto de vista técnico, funcional, económico y de fácil intervención de la estructura.




REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		<p style="text-align: center;">Cto. 787 de 2014</p> <p>Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.</p>

2 LOCALIZACIÓN

El SENA sede de Girón se encuentra ubicada en el Km 7 vía Rincón de Girón del municipio del departamento de Santander, cuenta con un área aproximada de 6367.6 m² aprox., en la que se plantea el objeto de intervención. Se encuentra a una altura promedio de 777 metros sobre el nivel del mar, y su temperatura promedio es de 24°C. En la Figura siguiente se presenta la localización general del sitio de estudio.



Ilustración 1. Localización general sitio de estudio

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		<p style="text-align: center;">Cto. 787 de 2014</p> <p>Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.</p>

3 DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA Y ESTRUCTURAL


3.1 DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA

El SENA sede Girón, está conformado por una serie de edificaciones (15) de uno, dos o tres pisos. Esta distribución se puede apreciar en la siguiente imagen, donde se indica la ubicación y numeración de las edificaciones y además se resaltan las tres estructuras que entran en el estudio.



Ilustración 2 SENA sede Girón. Ubicación y numeración de estructuras

Al lado izquierdo se puede apreciar la canalización de aguas naturales y al frente la vía principal.

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

3.2 DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL

El levantamiento estructural se realizó en las tres estructuras en estudio denominadas #2, #8 y #9. Estas edificaciones cuentan con un sistema estructural de pórticos de concreto y una cubierta muy similar en estructura metálica.

3.2.1 ESTRUCTURA 2

Esta estructura cuenta con un sistema estructural de pórticos de concreto reforzado armados en una dirección. Está conformada por dos pisos y una cubierta en estructura metálica.


3.2.2 ESTRUCTURA 8

Las estructuras que conforman esta edificación son 3 con un sistema estructural de pórticos de concreto reforzado armados en una dirección; donde la estructura 8.1 cuenta con tres pisos con una altura total de 13.70 m, la estructura 8.2 tiene 2 pisos con una altura final de 10.21 m y la estructura 8.3 cuenta con un piso con la misma altura total de la estructura 8.2. Al igual que la estructura 2, cuenta con una cubierta con estructura metálica compuesta de marcos, cerchas y correas.

3.2.3 ESTRUCTURA 9

Esta estructura es la que conforma el tanque elevado, el cual consta de cuatro columnas, una placa y mampostería, cuenta con una altura total de 7.51 m. A continuación se presenta la fachada y dimensiones de la estructura.



REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

4 GENERALIDADES

Teniendo en cuenta los resultados arrojados por el estudio de vulnerabilidad contenido en el informe anterior, el presente informe contiene los diseños de reforzamiento para las estructuras pertenecientes al SENA sede GIRÓN, donde se plantea como reforzamiento el encamisado de columnas y vigas junto con la construcción de muros en concreto en algunos puntos específicos, teniendo en cuenta el uso actual que posee cada edificación.

Es importante resaltar el tipo de zona sísmica en la cual se encuentra ubicada esta sede ya que se ubica en una zona de amenaza sísmica ALTA, por lo cual cualquier intervención conlleva a modificar o repotenciar el sistema estructural para que sea capaz de obtener una capacidad especial de disipación de energía (DES), que sólo es permitida en este tipo de zonas sísmicas.

5 SOLUCIONES DE REFORZAMIENTO


De acuerdo a que los índices de sobreesfuerzo y flexibilidad de algunos elementos de las estructuras son superiores a la unidad es necesario plantear modificaciones a los sistemas estructurales para suplir las deficiencias identificadas, y al mismo tiempo cumplir con la condición de columna fuerte viga débil, situación que favorece el comportamiento ante sismos.

Para ello se proponen las siguientes alternativas y métodos de reforzamiento para las diferentes estructuras de la sede GIRÓN

ESTRUCTURA 2:

- ✓ **Encamisado de columnas:** Se planea encamisar las columnas para cumplir con la relación de capacidad viga/columna, debido a que presentan índices de sobreesfuerzo mayores a la unidad. El procedimiento que se sigue es demoler perimetralmente las columnas a encamisar hasta encontrar el acero de refuerzo, esto con el ánimo de retirar el concreto



REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.


carbonatado y posteriormente encamisar perimetralmente colocando refuerzo longitudinalmente y transversalmente para convertir estas columnas en elementos capaces de soportar las sollicitaciones sísmicas.

- ✓ **Encamisado de vigas:** Se encamisarán las vigas siguiendo el mismo método que se aplicó en las columnas.
- ✓ **Columnas nuevas:** Se construirán y vincularan dos columnas nuevas en la estructura #2 en el primer piso, al sistema estructural existente.
- ✓ **Muros en concreto:** Se construirán y vincularan cuatro muros en concreto nuevos en la estructura #2 en el primer y segundo piso en las esquinas, al sistema estructural existente, y de esa manera queda modificado a un sistema estructural DES combinado de pórticos de concreto y muros de concreto estructural.

ESTRUCTURA 8.1:

- ✓ **Encamisado de columnas:** Se planea encamisar las columnas para cumplir con la relación de capacidad viga/columna, debido a que presentan índices de sobre esfuerzo mayores a la unidad. El procedimiento que se sigue es demoler perimetralmente las columnas a encamisar hasta encontrar el acero de refuerzo, esto con el ánimo de retirar el concreto carbonatado y posteriormente encamisar perimetralmente colocando refuerzo longitudinalmente y transversalmente para convertir estas columnas en elementos capaces de soportar las sollicitaciones sísmicas.
- ✓ **Encamisado de vigas:** Se encamisarán las vigas que no cumplen con los índices de sobre esfuerzos, siguiendo el mismo método que se aplicó en las columnas.




REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

ESTRUCTURA 8.2:

- ✓ **Encamisado de columnas:** Se planea encamisar las columnas ubicadas en los eje 1' y 2', ampliando su sección de 30x30 a 55x55 y de esa manera poder cumplir con la relación de capacidad viga/columna, debido a que presentan índices de sobreesfuerzo mayores a la unidad. El procedimiento que se sigue es demoler perimetralmente las columnas a encamisar hasta encontrar el acero de refuerzo, esto con el ánimo de retirar el concreto carbonatado y posteriormente encamisar perimetralmente colocando refuerzo longitudinalmente y transversalmente para convertir estas columnas en elementos capaces de soportar las sollicitaciones sísmicas.
- ✓ **Vigas Nuevas:** Se construirán y vincularan dos vigas nuevas en la estructura # 8.2 en el segundo piso en los ejes 1' y 2', al sistema estructural existente de sección 30x30, para mejorar la integridad de elementos en la estructura y darle mayor rigidez.
- ✓ **Vinculación de elementos metálicos:** Mediante la utilización de laminas de acero A36 de 8" x 3/8", se reforzaran las columnas ubicadas en los ejes H-1, D'-4 y H-4, para darles mayor ductilidad a estos elementos, y cumplimiento ante las sollicitaciones sísmicas.

ESTRUCTURA 8.3:

- ✓ **Encamisado de columnas:** Se planteo encamisar todas las columnas de sección inicial de 30x30 a 40x40 para cumplir con la relación de capacidad viga/columna, debido a que presentan índices de sobreesfuerzo mayores a la unidad. El procedimiento que se sigue es demoler perimetralmente las columnas a encamisar hasta encontrar el acero de refuerzo, esto con el ánimo de retirar el concreto carbonatado y posteriormente encamisar perimetralmente colocando refuerzo longitudinalmente y transversalmente para convertir estas columnas en elementos capaces de soportar las sollicitaciones sísmicas.

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

6 MODELACIÓN ESTRUCTURAL

El modelamiento del SENA sede Girón se ha realizado utilizando los programas de elementos finitos ETABS V.9.7.4 y DC CAD, teniendo en cuenta el sistema estructural que presenta cada edificación, su estado actual y las diferentes cargas a la que está sometida.

Para las instalaciones del SENA sede Girón se han realizado dos (2) modelos generales de los cuales uno de ellos se desglosa en tres estructuras como será explicado más adelante.

Tabla 2 Descripción de Estructuras - SENA sede Girón

N° ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	SISTEMA ESTRUCTURAL
2	2	Pórticos resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía (DES)
8	8.1 - 8.2 - 8.3	Pórticos resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía (DES)


Se modelan con el fin de determinar los índices de vulnerabilidad y flexibilidad tanto por derivas como por deflexiones.

6.1 BASES DE CÁLCULO

Para llevar a cabo el modelamiento y análisis de las estructuras, se han utilizado los requisitos exigidos por la norma NSR-10 y según lo contemplado en su capítulo A-2, la zona de amenaza sísmica a la que pertenecen las edificaciones es alta, con una aceleración pico efectiva (A_a) de 0.20g y velocidad pico efectiva (A_v) de 0.25g.

Adicionalmente la norma NSR-10 indica en el título A.12 que para las edificaciones pertenecientes al grupo de uso III, se deben verificar los movimientos sísmicos correspondientes al umbral de daño.



REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		<p style="text-align: center;">Cto. 787 de 2014</p> <p>Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.</p>

6.2 MODELO MATEMÁTICO Y DESCRIPCIÓN DEL REFROZAMIENTO

6.2.1 ESTRUCTURA 2

Esta estructura se modeló de acuerdo a las condiciones actuales y del reforzamiento según los planos de levantamiento que fueron verificados en todos los pisos y teniendo en cuenta las cargas presentes en la edificación.

Esta estructura cuenta para el plan de reforzamiento con dos (2) columnas circulares nuevas con diámetro de 0.50m en los ejes E-3 y F-3 con una altura de 2.87m; también con un encamisado de columnas con un diámetro total de 0.55m para los ejes A-1, A-2, A-3, A-4, G-1, G-2, G-3, G-4 y para las otras columnas un diámetro de 0.50m. Adicionalmente presenta un encamisado de vigas de 0.55x0.35m, 0.50x0.35 en el piso 2 como se indica en los planos de reforzamiento, y para terminar se presenta cuatro muros en concreto de 0.25m de espesor con una longitud de 4.0m cada uno.

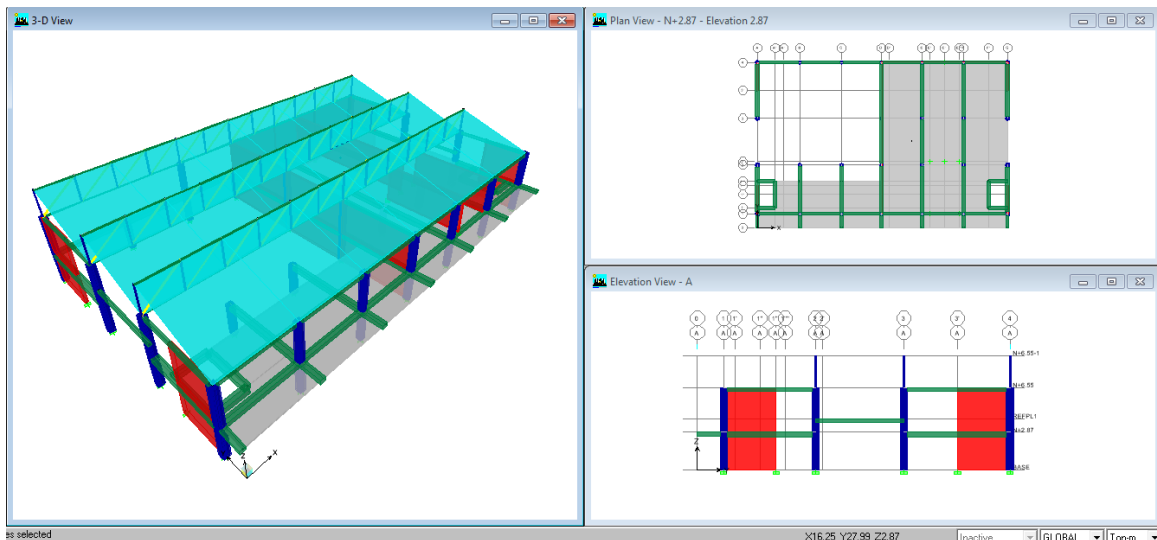

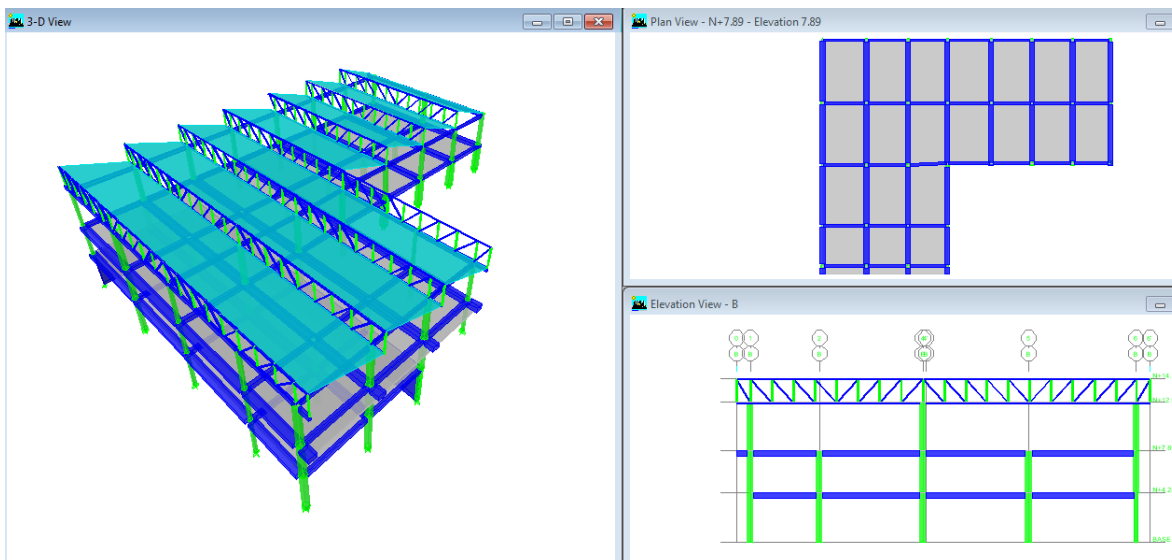


Ilustración 3 Modelo tridimensional - Reforzamiento (Estructura 2)

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.


6.2.2 ESTRUCTURA 8.1

Esta estructura se modeló de acuerdo a las condiciones actuales y del reforzamiento según los planos de levantamiento que fueron verificados en todos los pisos y teniendo en cuenta las cargas presentes en la edificación.



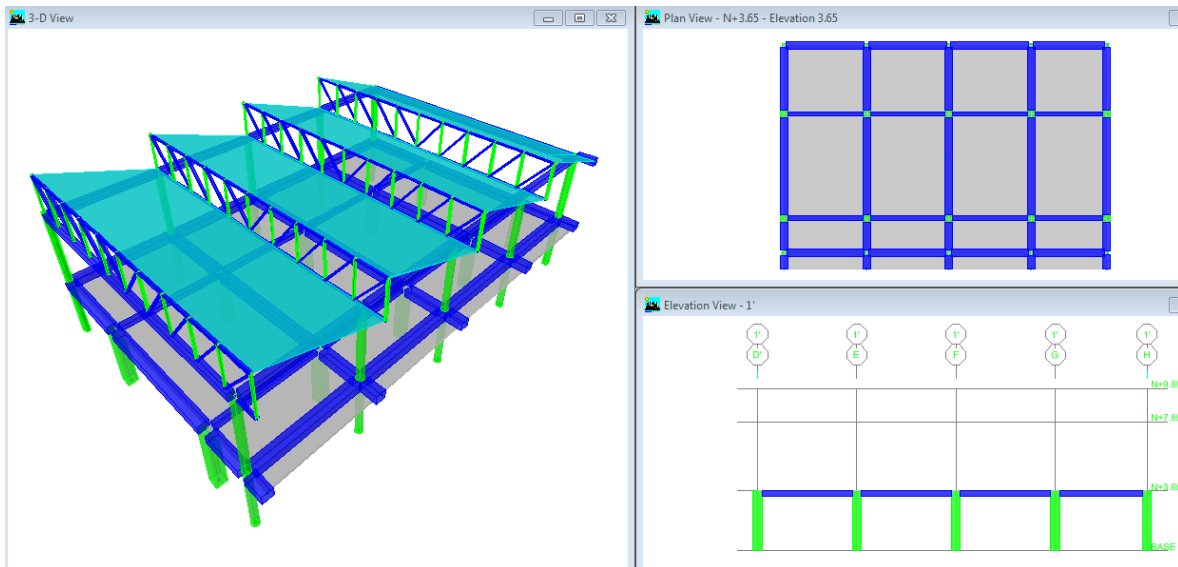
Para el reforzamiento de la estructura 8.1 se plantea el encamisado de las columnas de sección de 30x30 ampliarlas a 45x45 y 60x60 (de acuerdo a planos estructurales), y las columnas con sección de Diámetro de 40 cm ampliarlas a $\varnothing = 60$ cm; con excepción de las columnas ubicadas en los ejes A-4, A-2, C-2, D-1 y D-2, las cuales no es necesario que sean intervenidas en el reforzamiento.

La viga ubicada en el nivel N+4.24 entre los ejes B(2-6), será modificada de una sección existente de 75x45 a 75x60, mientras en el nivel N+7.89 las vigas ubicadas entre los ejes B(2-6), C(2-6), D(4'-6), E(4'-6), F(4'-6) y G(4'-6), fueron modificadas su sección del mismo modo.

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

6.2.3 ESTRUCTURA 8.2


Esta estructura se modeló de acuerdo a las condiciones actuales y del reforzamiento según los planos de levantamiento que fueron verificados en todos los pisos y teniendo en cuenta las cargas presentes en la edificación.



Para el reforzamiento de la estructura 8.2 se plantea el encamisado de las columnas ubicadas en los ejes 1' y 2' de sección de 30x30 ampliarlas a 55x55, desde el nivel N+0.00 al N+3.65.

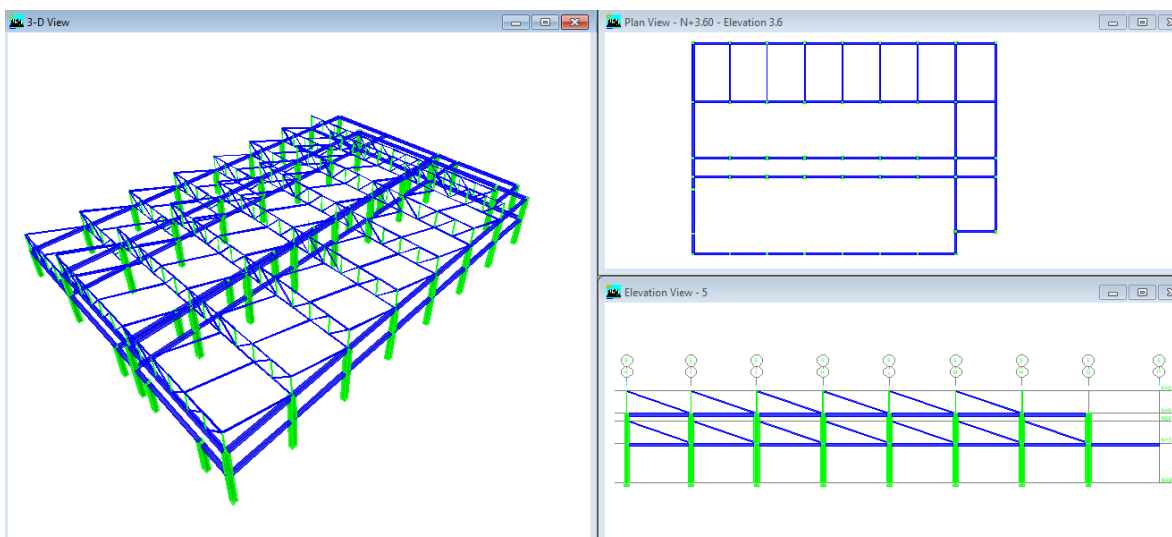
Al nivel N+3.65 se construirán dos vigas nuevas de sección 30x30 a lo largo de los ejes 1' y 2', para rigidizar la estructura en el sentido X.

En las columnas H-1, D'-4 y H-4, se reforzaran con la vinculación de laminas de acero A36 de 8" x 3/8" centrada en los ejes de las caras de la columna donde llegan las vigas cargadas por la losa de entrepiso, y se instalaran en toda la longitud de las columnas para darle mayor ductilidad y capacidad a las columnas ante las solicitaciones sísmicas.

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

6.2.4 ESTRUCTURA 8.3


Esta estructura se modeló de acuerdo a las condiciones actuales y del reforzamiento según los planos de levantamiento que fueron verificados en todos los pisos y teniendo en cuenta las cargas presentes en la edificación.



Para el reforzamiento de la estructura 8.2 se plantea el encamisado de todas las columnas de sección de 30x30 ampliarlas a 55x55, desde el nivel N+0.00 al N+3.65.

6.3 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Con base en los ensayos realizados para determinar las propiedades mecánicas de los materiales, se han tomado los siguientes valores para los elementos de las estructuras:

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

MATERIALES EXISTENTES:

Tabla 3 Resumen propiedades mecánicas del concreto y acero de refuerzo

N° ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	f'c (kg/cm ²)	Ec (kg/cm ²)	fy (kg/cm ²)
2	2	243.56	235656.775	4200
8	8.1	312.40	235656.775	4200
	8.2	312.40	235656.775	4200
	8.3	312.40	235656.775	4200
9 TANQUE ELEVADO	9	243.56	235656.775	4200

MATERIALES NUEVOS PARA LAS ESTRUCTURAS REFORZADAS:

Tabla 4 Resumen propiedades mecánicas del concreto y acero de refuerzo

N° ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	f'c (kg/cm ²)	Ec (kg/cm ²)	fy (kg/cm ²)
2	2	280.00	252671.328	4200
8	8.1	280.00	282495.1327	4200
	8.2	280.00	282495.1327	4200
	8.3	280.00	282495.1327	4200

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

6.4 PARÁMETROS DE CALIDAD DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA REHABILITADA

Con el fin de determinar la resistencia efectiva de los elementos, ha sido necesario dar una calificación a las estructuras tanto por la calidad de diseño y construcción, como por el estado en que se encuentra, teniendo en cuenta la inspección de campo realizada. La calificación de estos dos aspectos se presenta a continuación:

Tabla 5 Coeficientes de reducción de resistencia estructuras

N° ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	ESTADO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL	FACTOR DE REDUCCIÓN
2	2	Diseño y construcción: Bueno	$\phi_c = 1.0$
		Estado estructura: Bueno	$\phi_e = 1.0$
8	8.1	Diseño y construcción: Bueno	$\phi_c = 1.0$
		Estado estructura: Bueno	$\phi_e = 1.0$
	8.2	Diseño y construcción: Bueno	$\phi_c = 1.0$
		Estado estructura: Bueno	$\phi_e = 1.0$
	8.3	Diseño y construcción: Bueno	$\phi_c = 1.0$
		Estado estructura: Bueno	$\phi_e = 1.0$

Estos factores de reducción son los que permiten calcular la resistencia efectiva, utilizando la siguiente ecuación:

$$N_{ef} = \phi_c * \phi_e * N_{ex}$$

Dónde:

N_{ef} = Resistencia efectiva

ϕ_c = Coeficiente de reducción de resistencia por calidad de diseño y construcción de la estructura

ϕ_e = Coeficiente de reducción de resistencia por estado de la estructura.

N_{ex} = Resistencia existente.



REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Para concreto reforzado la resistencia existente de la estructura se define como la máxima capacidad de los elementos estructurales para resistir solicitaciones individuales o combinadas de momentos flectores, fuerzas cortantes y axiales, de acuerdo con la geometría de los elementos y las características mecánicas de los materiales que la conforman.

La resistencia efectiva de los elementos se determinará afectando el ϕ de los momentos nominales de resistencia de vigas y columnas por el producto entre ϕ_c y ϕ_e ; estos valores son los que se han incluido para realizar el chequeo y diseño del reforzamiento a flexión y flexo compresión.

6.5 PARÁMETROS SÍSMICOS DE DISEÑO


Para hacer el análisis de vulnerabilidad ante eventos sísmicos para las estructuras se ha utilizado el método de análisis dinámico elástico espectral, en donde se ha determinado el espectro de diseño mediante los coeficientes espectrales proporcionados por la Norma Sismo resistente Colombiana (NSR-10), el municipio de Girón se encuentra ubicado en una zona de amenaza sísmica ALTA.

Adicionalmente se utilizaron los coeficientes pertenecientes al espectro de umbral de daño exigido por la norma NSR-10 título A.12 "REQUISITOS ESPECIALES PARA EDIFICACIONES INDISPENSABLES DE LOS GRUPOS DE USO III Y IV".

ESPECTRO DE DISEÑO

Tabla 6 Coeficientes espectrales de diseño

PARAMETRO	VALOR	DESCRIPCION
Aa=	0.20 g	Aceleración horizontal pico efectiva de diseño
Av=	0.25 g	Aceleración que representa la velocidad horizontal pico efectiva de diseño
Fa=	1.30	Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos
Fv=	1.90	Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios
I=	1.25	Coeficiente de importancia DISEÑO
I=	1.00	Coeficiente de importancia DERIVA
Tc=	0.88 s	Período corto
TI=	4.56 s	Período largo

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Dónde:

Coeficiente de importancia (I): Este valor se obtiene según el tipo de uso que tenga la estructura, en este caso por ser una edificación de uso gubernamental se ha clasificado según la tabla artículo A.2.5.1.3 de la norma NSR-10 como grupo de uso III, por lo tanto $I = 1,25$.

- Período de vibración aproximado (T_a): Se adquiere a partir de las propiedades de resistencia sísmica en la dirección bajo consideración de acuerdo a la dinámica estructural. Este valor se ha determinado a partir de la ecuación proporcionada por la norma NSR-10:

$$T_a = C_t h_n^{0.9}$$

- Período fundamental del edificio determinado según A.4.2 (NSR-10):

$$T = C_u * T_a$$

Donde C_u y T_a se calculan por medio de las ecuaciones descritas en la NSR-10:

$$C_u = 1.75 - 1.2 A_v * F_v$$

Donde:

A_v : Aceleración que representa la velocidad horizontal pico efectiva de diseño.


F_v : Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios.

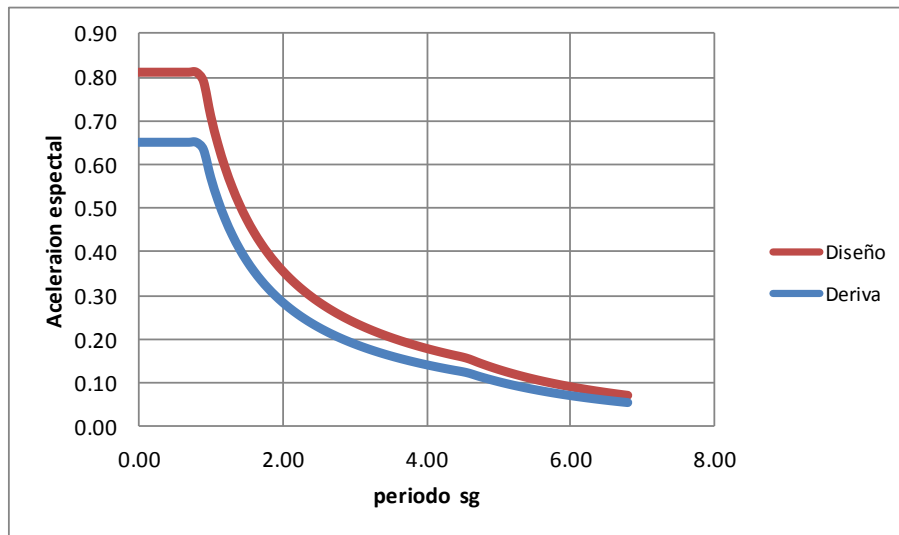
C_t : Coeficiente para calcular el módulo de la estructura y es igual a 0,047 para pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado.

h_n : Altura total del edificio

Nota: El valor de T no puede exceder el máximo de $C_u * T_a$ y C_u no puede ser menor de 1.2.



REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.




Gráfica 1 Espectro de diseño NSR-10

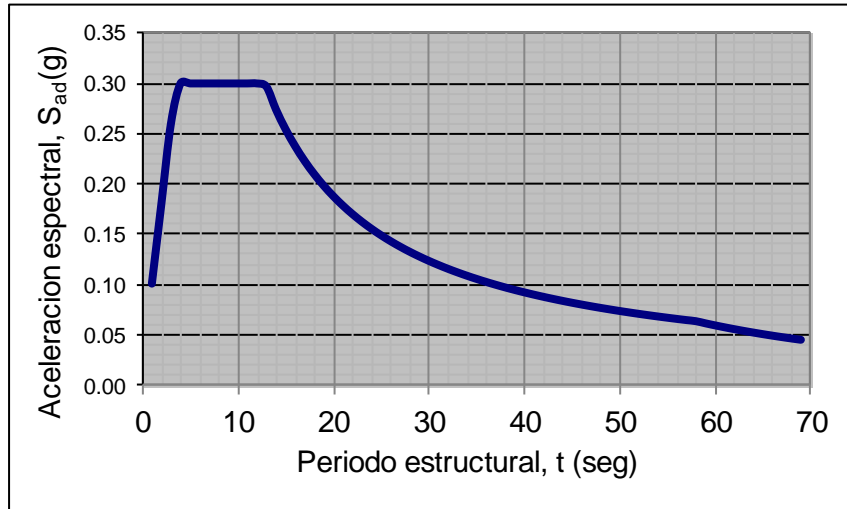
ESPECTRO UMBRAL DE DAÑO

Tabla 7 Coeficientes espectrales de Umbral de Daño

PARAMETRO	VALOR	DESCRIPCION
A_d	0.10 g	Aceleracion horizontal poco efectiva de umbral de daño
F_a	1.30	Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos
F_v	1.90	Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios
S	2.38 s	Coeficiente de sitio para ser empleado en el espectro sísmico del umbral de daño
T_{Cd}	1.19 s	Periodo corto de umbral de daño (s)
T_{Ld}	5.70 s	Periodo largo de umbral de daño (s)



REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.



Gráfica 2 Espectro en el Umbral de Daño

Período de vibración fundamental aproximado (T_a): Se adquiere a partir de las propiedades de resistencia sísmica en la dirección bajo consideración de acuerdo a la dinámica estructural. Este valor se ha determinado a partir de la ecuación proporcionada por la norma NSR-10:


$$T_a = C_t h_n^{0.9}$$

Dónde:

C_t : Coeficiente para calcular el módulo de la estructura y es igual a 0,047 para pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado

h_n : Altura total del edificio

Para determinar el periodo natural de la estructura, se aplican cargas unitarias sobre los puntos donde se concentra la masa y se toman los desplazamientos respecto a cada dirección analizada.

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i \delta_i^2)}{\sum_{i=1}^n (f_i \delta_i)}} \quad (\text{A.4-2-1})$$

Dónde:

T = Periodo de vibración de la estructura.

m_i = Masa del nivel i

δ_i = Desplazamientos en el nivel i

f_i = Fuerza sísmica horizontal en el nivel i


Tabla 8 Periodo formula A.4.2.3 según NSR-10

Nº ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	Hn (m)	Ta (sg)	Ta*Cu (sg)
2	2	6.28	0.246	0.295
8	8.1	12.09	0.443	0.531
	8.2	7.85	0.300	0.360
	8.3	6.30	0.246	0.296

Tabla 9 Periodo de las estructuras

Nº ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	T(sg)	
		Tx	Ty
2	2	0.109	0.059
8	8.1	0.342	0.280
	8.2	0.316	0.204
	8.3	0.153	0.136



REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

6.5.1 COEFICIENTES DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA

ESTRUCTURA 2: Teniendo en cuenta que es un sistema estructural de pórticos de concreto y cumple parcialmente los requerimientos de una estructura DES, por tanto se asumen valores de:

$$R_o = 7.00 \text{ para la vulnerabilidad } (R = R_o \cdot \phi_a \cdot \phi_p \cdot \phi_r = 7.00)$$

ESTRUCTURA 8: Esta edificación está conformada por 3 estructuras como se dijo en capítulos anteriores, las cuales cuentan con un sistema estructural de pórticos en concreto, y dado a que cumplen parcialmente los requerimientos de una estructura DES, se asignan los siguientes valores:

- Estructura 8.1: de acuerdo a sus condiciones se asigna un valor de:

$$R_o = 7.00 \text{ para la vulnerabilidad } (R = R_o \cdot \phi_a \cdot \phi_p \cdot \phi_r = 6.30)$$

- Estructura 8.2: de acuerdo a sus condiciones se asigna un valor de:

$$R_o = 7.00 \text{ para la vulnerabilidad } (R = R_o \cdot \phi_a \cdot \phi_p \cdot \phi_r = 6.30)$$

- Estructura 8.3: de acuerdo a sus condiciones se asigna un valor de:

$$R_o = 7.00 \text{ para la vulnerabilidad } (R = R_o \cdot \phi_a \cdot \phi_p \cdot \phi_r = 4.25)$$

Para las diferentes edificaciones que componen el SENA sede GIRÓN se han considerado diferentes factores de reducción del coeficiente de disipación y son los siguientes, los mismos se presentan en los anexos de cálculos.

$$R' = \phi_a \times \phi_p \times \phi_r \times R_o$$




REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Tabla 10 Coeficiente de disipación de energía

Nº ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	R _o	Ø _a	Ø _p	Ø _r	R
2	2	7.0	1.0	1.0	1.00	7.00
8	8.1	7.0	1.0	0.9	1.00	6.30
	8.2	7.0	0.9	1.0	1.00	6.30
	8.3	7.0	0.9	0.9	0.75	4.25

6.6 COMBINACIONES DE CARGA

6.6.1 COMBINACIONES PARA DERIVAS

Para la verificación de las derivas obtenidas de las deflexiones horizontales causadas por el sismo de diseño, deben utilizarse los requisitos del Capítulo A.6 de la Norma NSR-10, los cuales exigen que las derivas se verifiquen para las fuerzas sísmicas **F_s**, sin haber sido divididas por **R**.

1.4 D

1.2 D + 1.6 L + 0.5 (Lr ó G)

1.2 D + 1.6 (Lr ó G) + (1.0 Lr ó 0.5W)

1.2 D + 1.0W + 1.0L + 0.5 (Lr ó G)

0.9 D + 1.0 W

1.2 D + 1.0 Ex + 1.0 L


1.2 D - 1.0 Ex + 1.0 L

1.2 D + 1.0 Ey + 1.0 L

1.2 D - 1.0 Ey + 1.0 L

0.9 D + 1.0 Ex



REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

0.9 D - 1.0 Ex

0.9 D + 1.0 Ey

0.9 D - 1.0 Ey

6.6.2 COMBINACIONES PARA DISEÑO

Las combinaciones de carga utilizadas para el análisis de las estructuras son las siguientes:

1.4 D

1.2 D + 1.6 L + 0.5 (Lr ó G)

1.2 D + 1.6 (Lr ó G) + (1.0 Lr ó 0.5W)

1.2 D + 1.0W + 1.0L + 0.5 (Lr ó G)

0.9 D + 1.0 W

1.2 D + 1.0 Ex + 1.0 L

1.2 D - 1.0 Ex + 1.0 L

1.2 D + 1.0 Ey + 1.0 L

1.2 D - 1.0 Ey + 1.0 L


0.9 D + 1.0 Ex

0.9 D - 1.0 Ex

0.9 D + 1.0 Ey

0.9 D - 1.0 Ey



REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL		Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Es necesario reducir la fuerza sísmica (F_s) dividiéndola por el coeficiente de capacidad de disipación de energía y multiplicando por el coeficiente de sobre-resistencia:

$$E = \frac{F_s}{R} \Omega$$

Dónde:

F_s : Fuerza sísmica

R : Coeficiente de capacidad de disipación de energía

Ω : coeficiente de sobre-resistencia

Para el diseño a CORTANTE DE COLUMNAS se tiene un valor de $\Omega = 3.00$ y para el DISEÑO A CORTANTE DE VIGAS DE $\Omega = 2.00$

Para las cargas sísmicas se tuvo en cuenta la consideración de 100% del sismo en sentido X al analizarlo en esa dirección y 100% del sismo en sentido Y al ser la otra dirección analizada de acuerdo a datos de entrada al ETABS según se aprecia en la siguiente ilustración:

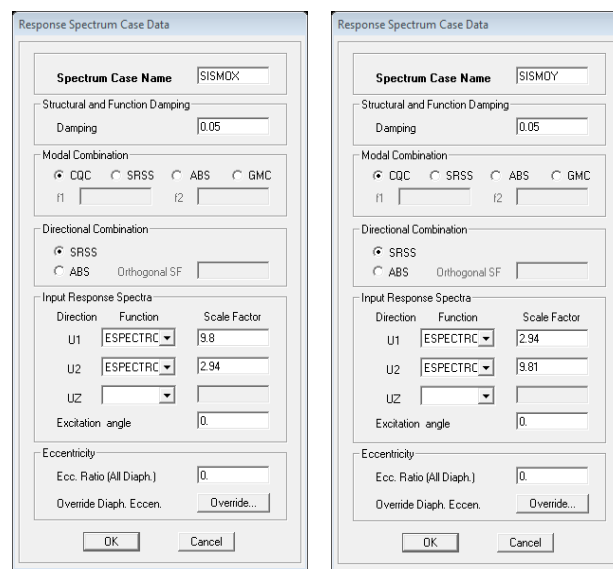



Ilustración 4 Cargas Sísmicas



REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

6.7 EVALUACIÓN DE CARGAS

Se han evaluado todas las cargas que pueden afectar la estructura, teniendo en cuenta el uso que actualmente se le está dando.

6.7.1 CARGA MUERTA

Para determinar esta carga se ha tenido en cuenta el peso de los elementos no estructurales que conforman la edificación, al igual que todos los acabados, tanto de piso como de cielorraso, muros y fachada.

El peso propio correspondiente a los elementos estructurales lo calcula automáticamente el programa.

Los anexos presentan de manera detallada los valores de las cargas muertas existentes en cada uno de los pisos que conforman las estructuras del SENA sede Girón, con las cuales se ha cargado el respectivo modelo.

6.7.2 CARGA VIVA

La carga viva se ha seleccionado de los valores proporcionados por la norma NSR-10, teniendo en cuenta el uso que se le está dando a la edificación; para el caso de estas estructuras se ha tomado la carga de 200 kg/m² oficinas y aulas, 35 kg/m² cubiertas.

Los anexos presentan de manera detallada los valores de las cargas vivas existentes en cada uno de los pisos que conforman las estructuras del SENA sede Girón, con las cuales se han cargado los respectivos modelos. A continuación se presenta un cuadro con las cargas asignadas:




REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Tabla 11 Asignación de cargas vivas

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS VIVAS				
ITEM	DESCRIPCIÓN	PISO 2	USO	CUBIERTA
2	2	200 kgf/m ²	AULAS/OFICINAS	35 kgf/m ²
8	8.1	200 kgf/m ²	AULAS/OFICINAS	35 kgf/m ²
	8.2	200 kgf/m ²	AULAS/OFICINAS	35 kgf/m ²
	8.3	NO APLICA	-	35 kgf/m ²

6.7.3 SOLICITACIONES SÍSMICAS

Por medio del programa de análisis modal ETABS, se han determinado estas solicitaciones, el cual introduce una aceleración a los elementos de la estructura y con base en las fuerzas inerciales calculadas se obtienen las fuerzas internas de los elementos que conforman la sede.

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

7 REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

El diseño y reforzamiento de elementos estructurales, se llevó a cabo mediante el método de resistencia última para los valores más desfavorables obtenidos de las combinaciones de carga prescritas en el título B de la NSR-10. Adicionalmente, se tuvieron en cuenta los requisitos propios del sistema de resistencia sísmica, material estructural y capacidad de disipación de energía de cada uno de los elementos con el fin de que la estructura responda en el rango inelástico ante la ocurrencia de un sismo.

El software usado para el diseño de los elementos se compone de los siguientes módulos:


Tabla 12. Software utilizado para el diseño de la estructura.

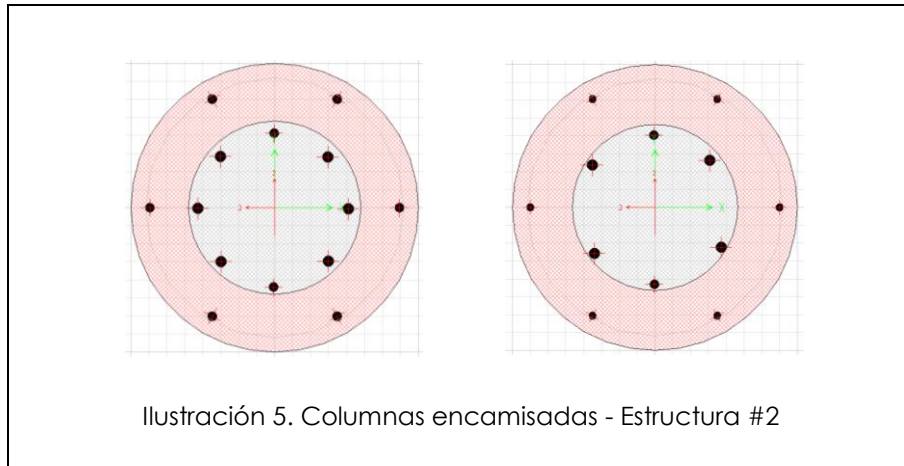
PROGRAMA	USO
ETABS	Obtención de las solicitaciones de los elementos.
DC-CAD	Diseño y despiece de vigas y columnas.
EXCEL	Hojas de cálculo para evaluación de cargas, análisis sísmico, derivas, deflexiones verticales, análisis sísmico para umbral de daño, derivas umbral de daño y capacidad de cimentación.

Los análisis y resultados se encuentran consignados en los anexos presentes al final de este documento.

Para el reforzamiento de columnas se realizó un recalce de estas mismas utilizando el software ETABS Nonlinear v9.7.4 de acuerdo a la sección de diseño SD para el cálculo y obtención de solicitaciones mediante la asignación de diferentes materiales, lo anterior se presenta en el anexo correspondiente al Reporte Etabs y a continuación se presentan algunas imágenes que ilustran lo anterior:



REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.



7.1 INDICES DE CIMENTACIÓN


La evaluación de cimentación se presenta en el anexo cuadro de cargas y capacidad cimentación, de igual forma se presenta un chequeo de zapatas correspondiente a las estructuras reforzadas.

7.2 ÍNDICES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Estos índices permiten determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las estructuras, los cuales son iguales o inferiores a la unidad y se encuentran relacionados en los anexos.

7.2.1 INDICES DE FLEXIBILIDAD

Los índices de flexibilidad se han determinado para los efectos horizontales como el máximo cociente entre las derivas obtenidas y las permitidas por el reglamento; igualmente se ha determinado un índice de flexibilidad para efectos verticales como el máximo cociente entre las deflexiones verticales obtenidas mediante análisis y las permitidas por la norma NSR-10.

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

Los índices de flexibilidad de las estructuras del SENA sede Girón tanto por derivas como por deflexiones se presentan en los anexos de cada una de las estructuras modeladas.

7.2.2 INDICES DE SOBRESFUERZO


El índice de sobreesfuerzo se ha determinado como el cociente entre las solicitaciones mayoradas de acuerdo con el procedimiento dado en la norma NSR-10, y la resistencia efectiva del elemento. Este índice se ha evaluado en las vigas para momentos positivos, negativos y cortantes y en las columnas para flexo-compresión utilizando la envolvente de todas las combinaciones de carga mayoradas.

Los índices de sobreesfuerzo se calcularon mediante el programa DC-CAD, el cual diseña las secciones utilizando el modelo de WHITNEY, que se basa en considerar la sección de concreto reforzado en su estado límite de resistencia como una sección compuesta de acero a tracción en su punto de fluencia y de concreto con un esfuerzo máximo equivalente de resistencia a los 28 días a la compresión uniaxial de un cilindro de concreto simple.

Los resultados obtenidos con el programa DC-CAD tanto para la envolvente de combinaciones de carga mayoradas se pueden observar en el anexo de índices de sobreesfuerzos de los elementos después del reforzamiento.

En las siguientes tablas se presentan los índices de sobreesfuerzo generados por las solicitaciones encontradas con ETABS, los cuales se han establecido considerando su importancia dentro de la resistencia general de la estructura y en el anexo de índices de sobreesfuerzo de los elementos después del reforzamiento se presentan los valores calculados por los dos programas.



REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

7.2.2.1 ESTRUCTURA 2


Tabla 13 Índices de sobreesfuerzo estructura reforzada (Estructura 2)

IND. SOBRESFUERZO ELEMENTOS, ESPECTRO NSR-10 ESTRUCTURA #2					
CALCULADOS CON DC-CAD					
NIVEL	1: M. NEGATIVO	2: M. POSITIVO	3: CORTANTE	4: FLEJO COMPRESION	ELEMENTO
N+0.00	-	-	-	0.84	1: .
					2: .
					3: .
					4: . COLUMNA C-2
N+2.87	0.94	0.88	0.99		1: .VIGA VP-D, VANO 4
					2: .VIGA VP-C, VANO 2
					3: .VIGA VP-C, VANO 2
					4: . COLUMNA C-2
N+6.55	0.33	0.12	0.05		1: .VIGA VP-A1(2), VANO 1
				2: .VIGA VP-D, VANO 1	
				3: .VIGA VP-A1(2), VANO 1	
				4: . COLUMNA C-2	

Tabla 14. Resumen índices de sobreesfuerzo estructura reforzada (Estructura 2)

ESTRUCTURA #2			
CALCULADOS CON DC-CAD			
1: M. NEGATIVO	2: M. POSITIVO	3: CORTANTE	4: FLEJO COMPRESION
0.94	0.88	0.99	0.84



REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.


7.2.2.2 ESTRUCTURA 8.1

Tabla 15 Índices de sobreesfuerzo estructura reforzada (Estructura 8.1)

IND. SOBRESFUERZO ELEMENTOS, ESPECTRO NSR-10 ESTRUCTURA #8.1					
CALCULADOS CON DC-CAD					
NIVEL	1: M. NEGATIVO	2: M. POSITIVO	3: CORTANTE	4: FLEJO COMPRESION	ELEMENTO
N+0.00	-	-	-		1: . 2: . 3: . 4: .
N+4.24	0.94	0.98	0.84	0.77	1: .VIGA VP-B, VANO 3 2: .VIGA VP-B, VANO 3 3: .VIGA VP-B, VANO 4 4: . COLUMNA C-6
N+7.89	0.99	0.99	0.86	0.99	1: .VIGA VP-6, VANO 3 2: .VIGA VP-A, VANO 4 3: .VIGA VP-B, VANO 5 4: . COLUMNA B-1
N+12.09	0.83	0.58	0.26	0.95	1: .VIGA VP-1, VANO 2 2: .VIGA VP-1, VANO 2 3: .VIGA VP-A, VANO 5 4: . COLUMNA C-6

Tabla 16. Resumen índices de sobreesfuerzo estructura reforzada (Estructura 8.1)

ESTRUCTURA #8.1			
CALCULADOS CON DC-CAD			
1: M. NEGATIVO	2: M. POSITIVO	3: CORTANTE	4: FLEJO COMPRESION
0.99	0.99	0.86	0.99

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

7.2.2.3 ESTRUCTURA 8.2


Tabla 17 Índices de sobreesfuerzo estructura reforzada (Estructura 8.2)

IND. SOBRESFUERZO ELEMENTOS, ESPECTRO NSR-10 ESTRUCTURA #8.2				
CALCULADOS CON DC-CAD				
NIVEL	1: M. NEGATIVO	2: M. POSITIVO	3: CORTANTE	ELEMENTO
N+3.65	0.80	0.93	0.88	1: .VIGA VP-E, VANO 4
				2: .VIGA VP-F, VANO 3
				3: .VIGA VP-E, VANO 3
N+7.85	0.68	0.98	0.68	1: .VIGA VP-H, VANO 1
				2: .VIGA VP-H, VANO 1
				3: .VIGA VP-4, VANO 4

Tabla 18. Resumen índices de sobreesfuerzo estructura reforzada (Estructura 8.2)

NSR-10 ESTRUCTURA #8.2		
CALCULADOS CON DC-CAD		
1: M. NEGATIVO	2: M. POSITIVO	3: CORTANTE
0.80	0.98	0.88



REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.


7.2.2.4 ESTRUCTURA 8.3

Tabla 19. Índices de sobreesfuerzo estructura reforzada (Estructura 8.3)

IND. SOBRESFUERZO ELEMENTOS, ESPECTRO NSR-10 ESTRUCTURA 8.3 (GIRÓN - SANTANDER) CALCULADOS CON DC-CAD (ESTRUCTURA REFORZADA)					
NIVEL	1: M. NEGATIVO	2: M. POSITIVO	3: CORTANTE	4: FLEJO COMPRESION	ELEMENTO
N+0.00	-	-	-	0.53	1: .
					2: .
					3: .
					4: COLUMNA P-6
N+3.60	0.71	0.73	0.36	0.27	1: VP-P, VANO 3
					2: VP-5, VANO 8
					3: VP-H', VANO 3
					4: COLUMNA H'-1
N+6.10	0.80	0.64	0.21	-	1: VP-H', VANO 1
					2: VP-H', VANO 1
					3: VP-O, VANO 1
					4: -

Tabla 20. Resumen índices de sobreesfuerzo estructura reforzada (Estructura 8.3)

ESTRUCTURA 8.3 (GIRÓN - SANTANDER) CALCULADOS CON DC-CAD			
1: M. NEGATIVO	2: M. POSITIVO	3: CORTANTE	4: FLEJO COMPRESION
0.80	0.73	0.36	0.53

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES GENERALES

Para el reforzamiento y rehabilitación de las diferentes estructuras que componen el SENA sede Girón se presentan detalles constructivos indicados en los planos de reforzamiento que se anexan en el presente informe, a continuación se describen las recomendaciones generales que se deben tener en cuenta.

- ✓ Todos los elementos a reforzar deben escarificarse antes de realizar el encamisado, esto con el fin de retirar el concreto carbonatado y verificar el refuerzo existente.
- ✓ Todas las dimensiones, longitudes y cantidades de refuerzo al igual que cualquier inconsistencia deben informarse a TCI para generar los detalles actualizados.
- ✓ Se deberá garantizar la estabilidad de la estructura con procedimientos aprobados y se deberán realizar apiques para verificar el arranque y anclaje de nuevos elementos o de elementos encamisados, si se encuentran diferencias con los planos se deberá remitir y consultar con TCI para ajustes.
- ✓ Durante la intervención del reforzamiento se deberá prever apuntalamiento para garantizar la estabilidad de la estructura existente.
- ✓ **NOTAS PARA ADHERENCIA DE CONCRETOS NUEVO Y VIEJOS:**
 1. Escarificar manual o mecánicamente en la zonas a intervenir hasta encontrar aceros de refuerzo.
 2. Limpiar manualmente, no dejar zonas quebradizas o astilladas.
 3. Limpiar con chorro de aire comprimido a presión toda la superficie o zona a intervenir


REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

4. Inundar con agua la totalidad de la superficie a intervenir por un periodo de 12 horas antes de fundir el concreto nuevo; se puede utilizar sacos de yute humedecidos y/o algún otro mecanismo con mangueras.
5. Instantes antes de colocar el concreto nuevo, retirar el agua y el exceso de agua superficial con estopa, obteniéndose la condición de superficie saturada y seca.
6. Antes de los pasos 4 y 5 se debe preparar el encofrado y tenerlo listo para su colocación antes de fundir, previendo la colocación de tubos para el ingreso del material.
7. Aplicar Concresive líquido lento u otro similar de tal manera que se tenga mínimo tres (3) horas antes de fundir, se debe colocar el concreto fresco mientras el aditivo esta pegajoso y se deben consultar los tiempos máximos de colocación del concreto con el proveedor del producto, por esta razón, se debe usar un aditivo de curado lento de tal forma que permita fundir con tranquilidad.
8. Colocar los encofrados y asegurar y apuntalar los mismos.
9. Fundir concreto fluido y de resistencia según lo indicado en los planos.
10. No olvidar los procedimientos de curado de concreto al siguiente día de la fundida que consiste en mantener húmedas las zonas intervenidas durante siete (7) días.

8.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- ✓ Para la estructura 2 se cuenta para el plan de reforzamiento con dos (2) columnas circulares nuevas con diámetro de 0.50m en los ejes E-3 y F-3 con una altura de 2.87m; también con un encamisado de columnas con un diámetro total de 0.55m para los ejes A-1, A-2, A-3, A-4, G-1, G-2, G-3, G-4 y para las otras columnas un diámetro de 0.50m. Adicionalmente presenta un encamisado de vigas de 0.55x0.35m, 0.50x0.35 en el piso 2 como se indica en los planos de reforzamiento, y para terminar se presenta cuatro muros en concreto de 0.25m de espesor con una longitud de 4.0m cada uno.



REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 <p>Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.</p>	Versión 1: Mayo de 2015
		<p style="text-align: center;">Cto. 787 de 2014</p> <p>Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.</p>

- ✓ Para el reforzamiento de la estructura 8.1 se plantea el encamisado de las columnas de sección de 30x30 ampliarlas a 45x45 y 60x60 (de acuerdo a planos estructurales), y las columnas con sección de Diámetro de 40 cm ampliarlas a $\varnothing = 60$ cm; con excepción de las columnas ubicadas en los ejes A-4, A-2, C-2, D-1 y D-2, las cuales no es necesario que sean intervenidas en el reforzamiento.


La viga ubicada en el nivel N+4.24 entre los ejes B(2-6), será modificada de una sección existente de 75x45 a 75x60, mientras en el nivel N+7.89 las vigas ubicadas entre los ejes B(2-6), C(2-6), D(4'-6), E(4'-6), F(4'-6) y G(4'-6), fueron modificadas su sección del mismo modo.

- ✓ Para el reforzamiento de la estructura 8.2 se plantea el encamisado de las columnas ubicadas en los ejes 1' y 2' de sección de 30x30 ampliarlas a 55x55, desde el nivel N+0.00 al N+3.65.

Al nivel N+3.65 se construirán dos vigas nuevas de sección 30x30 a lo largo de los ejes 1' y 2', para rigidizar la estructura en el sentido X.

En las columnas H-1, D'-4 y H-4, se reforzaran con la vinculación de laminas de acero A36 de 8" x 3/8" centrada en los ejes de las caras de la columna donde llegan las vigas cargadas por la losa de entrepiso, y se instalaran en toda la longitud de las columnas para darle mayor ductilidad y capacidad a las columnas ante las sollicitaciones sísmicas.

- ✓ Para el reforzamiento de la estructura 8.2 se plantea el encamisado de todas las columnas de sección de 30x30 ampliarlas a 55x55, desde el nivel N+0.00 al N+3.65.

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	 Técnicas Colombianas de Ingeniería S.A.S.	Versión 1: Mayo de 2015
		Cto. 787 de 2014 Estudios de vulnerabilidad sísmica y los diseños de reforzamiento estructural de los elementos estructurales y no estructurales con fundamento en el reglamento colombiano de diseño y construcción sismo resistente NSR-10 de edificaciones del Sena a nivel nacional, ubicadas en zona de amenaza sísmica alta e intermedia fase 2.

9 BIBLIOGRAFÍA

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010.
- Estructuras de Concreto I, José Segura Franco, Quinta Edición, 2002, Editorial Unibiblos.

