

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL DISEÑO, TIEMPO DE EJECUCIÓN Y COSTOS
DE UNA EDIFICACIÓN CONSTRUIDA EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA
ELABORADA EN ACERO CON MUROS COMPUESTOS, FRENTE AL MISMO
CON UN SISTEMA COMBINADO EN CONCRETO**

ERICK DANIEL CORREDOR GONZÁLEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2020

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL DISEÑO, TIEMPO DE EJECUCIÓN Y COSTOS
DE UNA EDIFICACIÓN CONSTRUIDA EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA
ELABORADA EN ACERO CON MUROS COMPUESTOS, FRENTE AL MISMO
CON UN SISTEMA COMBINADO EN CONCRETO**

ERICK DANIEL CORREDOR GONZÁLEZ

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Civil

Director:

MIGUEL ANTONIO PERALTA

M. Sc. en Ingeniería Estructural

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2020

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, que me dio la vida, la perseverancia, y la capacidad para llevar a cabo este trabajo; también agradezco a mis padres Álvaro Corredor y María Teresa González los cuales siempre creyeron en mí y entregaron todo su esfuerzo para formarme tanto como persona como profesionalmente; a mi novia Norvellys Cárdenas por su amor, compañía y ayuda en este esfuerzo por cumplir mi sueño de ser ingeniero civil; a todos los familiares y personas que aportaron en mí, para formarme profesionalmente.

Al ingeniero Miguel Antonio Peralta por su confianza depositada y todo su apoyo; al equipo de Peralta Ingeniería, como los ingenieros Gerson Luna, Javier Martínez, Sebastián Flórez, Mayra Zea los cuales aportaron con su conocimiento a esta investigación.

A la Universidad Industrial de Santander, mi alma mater, a la cual con gran anhelo ingrese un día para convertirme en un ingeniero de esta gran institución; a la escuela de ingeniería civil y todos sus docentes los cuales aportaron en mi más que conocimiento una formación integral como persona para servir a la comunidad.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. ANÁLISIS SÍSMICO DE LA EDIFICACIÓN	12
2. DISEÑO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES.....	25
3. CRITERIOS PARA LA PROTECCIÓN CONTRA FUEGO	28
4. DETALLADO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES Y CÁLCULO DE CANTIDAD DE MATERIALES	31
5. PROGRAMACIONES DE OBRA	36
6. CONCLUSIONES	40
BIBLIOGRAFÍA	43
ANEXOS	45

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Espectro de aceleraciones modo principal.....	16
Figura 2. Modelamiento computacional de la estructura.....	17
Figura 3. Detallado planta N+3.85.	31
Figura 4. Modelo BIM 3D de la estructura en concreto.	32
Figura 5. Detallado viga eje 7 tipo 2.....	32
Figura 6. Cálculo de cantidad de concreto del modelo columnas.	33
Figura 7. Modelo BIM 3D de la estructura en concreto.	35
Figura 8. Flujo de caja Estructura en concreto.....	38
Figura 9. Flujo de caja Estructura en acero.	38
Figura 10. Flujo de caja semanal de la Estructura en concreto.	39
Figura 11. Flujo de caja semanal de la Estructura en acero.	39

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Carga muerta nivel de Sótano 1.....	13
Tabla 2. Valores análisis sísmico.....	14
Tabla 3. Propiedades de la estructura para la capacidad de disipación de energía.....	15
Tabla 4. Puntos de inflexiones del espectro de aceleraciones.....	16
Tabla 5. Análisis Fuerza Horizontal Equivalente.....	18
Tabla 6. Resultados de periodos y cortantes de la base obtenidos en el software.	19
Tabla 7. Deriva en la columna 3B.	20
Tabla 8. Tamaño de las columnas de las estructuras en concreto y acero.....	21
Tabla 9. Espesor de los muros de las estructuras en concreto y acero.	21
Tabla 10. Valores de la proporción de la rigidez evaluadas en los puntos seleccionados.	23
Tabla 11. Coordenadas de los puntos de la evaluación de la rigidez.	23
Tabla 12. Masa de las estructuras y periodos fundamentales.	24
Tabla 13. Datos significativos de las programaciones de obra.	37

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Análisis de carga distribuida por nivel.	45
Anexo B. Análisis y cálculos de fuerza horizontal equivalente para la estructura en material en concreto.....	48
Anexo C. Calculo y comprobación de cortante basal y datos para análisis estático.	49
Anexo D. Control de derivas de la estructura en material de concreto.	51
Anexo E. Planos estructurales de detalle de la edificación en concreto.	56
Anexo F. Programación de obra para la estructura en acero.....	74
Anexo G. Programación de obra para la estructura en concreto.	75

RESUMEN

Titulo. Estudio comparativo del diseño, tiempo de ejecución y costos de una edificación construida en la ciudad de Bucaramanga elaborada en acero con muros compuestos, frente al mismo con un sistema combinado en concreto*.

Autor: Erick Daniel Corredor González**

Palabras clave: Sistema estructural, Estructura en concreto, Estructura en acero, Sísmica, Diseño, Flujo de caja, Elementos Estructurales

En la industria constructiva se conocen una gran variedad de materiales usados para la estructura, los cuales se usan dependiendo de la cultura que se tenga en cada comunidad, las condiciones ambientales, la dificultad que se tenga para movilizar estos materiales al lugar de la construcción, diferentes intereses como el tiempo de elaboración o distribución arquitectónica, o en la mayoría de casos, por condiciones económicas.

Esta investigación se fundamenta en comparar dos estructuras con la misma configuración arquitectónica y estructural, en las cuales varía el material predominante en el diseño de cada una de ellas, buscando analizar el comportamiento de las dos edificaciones, en variables como el diseño, tiempo de construcción y sus costos.

El diseño estructural para este estudio tuvo la precaución de no afectar el sistema arquitectónico original, con el fin de hacer de esta lo más equitativa posible para comparar los materiales en sistema estructural. Esta investigación tendrá resultados de estimaciones iniciales, donde no se contempla variables que no pueden ser tenidas en cuenta al inicio de una obra como factores climáticos los cuales pueden afectar el rendimiento de la obra. Todo el estudio se realizó bajo los lineamientos legales que tiene la norma colombiana de construcción (NSR-10), siguiendo las recomendaciones y observaciones de ingenieros con experiencia en el campo estudiado.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías fisicomecánicas Escuela de Ingeniería Civil Director:

ABSTRACT

Title. Comparative study of the design, execution time and costs of a building built in the city of Bucaramanga made of steel with composite walls, in front of it with a combined system in concrete*.

Author: Erick Daniel Corredor González **

Keywords: Structural system, Concrete structure, Steel structure, Seismic, Design, Cash flow, Structural Elements.

In the construction industry there is a great variety of materials used for the structure, which are used specific to the culture that exists in each community, the environmental conditions, the difficulty that it has to mobilize these materials to the place of construction, different interests such as the time of elaboration or architectural distribution, or in most cases, due to economic conditions.

This research is based on comparing two structures with the same architectural and structural configuration, in which the predominant material in the design of each one changes, seeking to analyze the behavior of the two buildings, in variables such as design, construction time and its costs. The structural design for this study was careful not to affect the original architectural system, in order to make it as equitable as possible to compare the materials in the structural system. This investigation will have results of initial estimates, where variables that cannot be taken into account at the beginning of a work such as climatic factors which can affect the performance of the work are not considered. The entire study was carried out under the legal guidelines of the Colombian construction standard (NSR-10), following the recommendations and observations of engineers with experience in the field studied.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías fisicomecánicas Escuela de Ingeniería Civil Director:

INTRODUCCIÓN

El uso del acero estructural como material de construcción se considera poco común en nuestro medio por la premisa de ser más costosa en comparación con una estructura de concreto. Sin embargo, existen escenarios en los que tanto el acero como el concreto tienen cada uno puntos a favor. En un proyecto, tanto el ingeniero como el constructor, buscan beneficiar al cliente o usuarios de la edificación de una u otra manera, ya sea en la reducción de costos, el tiempo empleado en la construcción, u otro factor que dependa del tipo de material con el que se construye, sin que este pierda su funcionalidad y seguridad.

En esta investigación se tiene como referencia un edificio real construido en acero con muros compuestos, en la ciudad de Bucaramanga, para el uso de consultorios médicos. Su finalidad es la comparación del diseño, tiempo de ejecución y costos, con respecto al diseño en concreto reforzado. A su vez, se busca analizar en ambos casos los sistemas estructurales usados, cantidades de obra, tiempo de construcción con su respectivo flujo de caja dándole respuesta a preguntas que se formulan a la hora de tener que hacer una elección en el tipo de material a usar, tales como: ¿Qué material usar para que la edificación pese menos? ¿Qué material usar para que la edificación cueste menos? ¿Qué material usar para tomar el menor tiempo en la construcción de la edificación?

Los costos y tiempos analizados y calculados son estimaciones iniciales los cuales en un proyecto real se pueden ver afectados por cualquier factor que pueda intervenir en el desarrollo normal de este.

Esta investigación se llevó a cabo con la normativa requerida en Colombia para el diseño sismo resistente y criterios usados en la protección a fuego, en el que se quiere incorporar toda la reglamentación para que la comparación sea justa y real.

Este artículo está dirigido a aquellos diseñadores y constructores que buscan optimizar algún recurso, ya sea en la mano de obra o que tenga la autoridad de elegir el material estructural, de tal forma, que se dará una idea del comportamiento económico, cronológico y mecánico de las edificaciones, para que se tengan de referencia en futuros proyectos.

1. ANÁLISIS SÍSMICO DE LA EDIFICACIÓN

Según la NSR-10 la estructura de una edificación debe diseñarse para que tenga una rigidez y una resistencia necesaria para las cargas mínimas de diseño descritas en el Título B de este reglamento, y su capacidad de deformabilidad sea la adecuada para que no se vea afectado su funcionabilidad¹. Para este análisis se opta por seguir el lineamiento que ofrece la norma en su Título A, en la tabla A.1.3-1, donde describe el procedimiento de diseño estructural para edificaciones nuevas y existentes² Siguiendo estos procedimientos se argumenta a continuación las actividades que se llevaron a cabo para el diseño.

Tomando los planos arquitectónicos y estructurales originales, se ubicaron en las mismas posiciones los miembros estructurales verticales, con el fin de conservar la distribución arquitectónica. Teniendo estos elementos definidos se procede a hacer una aproximación de altura que puede tener los miembros horizontales. Seguidamente se hace un pre-dimensionamiento de la placa aligerada que se usará en este proyecto.

Se procede hacer un análisis de cargas para la edificación, dependiendo del uso que se le va a dar al edificio, se analiza la carga viva de acuerdo con el grado de importancia que se debe clasificar dentro de uno de los grupos que menciona la Norma. Esta edificación se ubica en el grupo de “Estructuras de ocupación especial” o “Grupo II”, esencialmente por ser una clínica que presta servicios hospitalarios. También se tuvo en cuenta para sus cargas finales los terminados arquitectónicos,

¹ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes (creada por la ley 400 de 1997). NSR-10 Título B

² MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes (creada por la ley 400 de 1997). NSR-10 Título A

sistemas de ventilación, sistemas eléctricos, hidráulicos y sanitarios que se tienen, y que también se tuvieron en cuenta en los cálculos de la edificación real ya construida.

En la Tabla 1, se muestra cómo se analizaron las cargas por piso, teniendo en cuenta que cada nivel tiene diferencias tanto en su área, altura entre piso, funcionalidad y sus terminados, cada nivel tendrá carga puntual y carga distribuida diferente. Es por esto que cada nivel tiene su análisis de cargas diferentes. Se puede ver en Anexo 1 Las cargas por metro cuadrado por nivel de toda la edificación.

Tabla 1. Carga muerta nivel de Sótano 1.

Sótano1	Placa aligerada + casetón	3,57	KN/m2
	Ductos mecánicos, servicios e iluminación	0,30	KN/m2
	Vigas	2,02	KN/m2
	Columnas	0,49	KN/m2
	Muros estructurales	1,00	KN/m2
	Muros contención	0,00	KN/m2
	Carga muerta (Sin estructura)	3,87	KN/m2
Carga muerta total	7,38	KN/m2	

En la Tabla 2, se exponen los valores de análisis sísmico, que dependen de la ubicación geográfica de la construcción y tipo de suelo de desplante, que, según los valores suministrados por el estudio de suelos, es del Tipo C. Los valores de aceleración obtenidos son los tabulados de la tabla A.2.3-2 que ofrece la NSR-10 en su Título A, donde se busca la localización del proyecto que para este caso es Bucaramanga.

Tabla 2. Valores análisis sísmico.

Ubicación	Bucaramanga (Santander)	
Coeficientes de aceleración y velocidad	Aceleración horizontal pico efectiva, A_a	0,25
	Velocidad horizontal pico efectiva A_v	0,25
	Aceleración pico efectiva umbral de daño, A_d	0,09
	Aceleración pico efectiva reducida, A_e	0,15
	Zona de amenaza sísmica	Alta
Tipo de suelo	Tipo de perfil de suelo	C
Grupo de uso	Grupo II	1,1
Valor de la constante, F_v		1,55
Valor de la constante, F_a		1,15

Por ser una edificación ubicada en un área propensa a movimientos sísmicos, debe tener la capacidad de mitigar la energía que entra a la estructura, para esto requiere tener una propiedad catalogada como capacidad especial de disipar energía “DES” la cual tiene implicación en el diseño de sus elementos, donde estarán sujetos a poder disipar un alto grado de energía que genera el sismo, para que la estructura se comporte de manera adecuada.

La estructura ya construida tiene un sistema estructural combinado, donde el material principal es el acero, el cual es usado tanto en columnas como en vigas y viguetas, por su parte los muros son compuestos, es decir con perfiles de acero en el interior. Para hacer la comparación objetiva de esta investigación el material a usar en el nuevo diseño será el más cotidiano en Colombia, el concreto reforzado, que se utilizará en todos los elementos de la estructura. Esto tiene implicación porque la Norma limita algunos tipos de edificaciones en función del material, su localización y su sistema estructural. En este caso se cumple los requerimientos solicitados por el reglamento, entonces se procede a buscar los valores de disipación de energía y el grado de irregularidad de la estructura.

En la Tabla 3 se presentan los valores obtenidos después de examinar el grado de irregularidad y el grado de disipación de energía de la estructura, los cuales se evaluaron según los parámetros solicitados por el Título A de la NSR10.

Tabla 3. Propiedades de la estructura para la capacidad de disipación de energía.

Capacidad de disipación de energía, R_o (Longitudinal)		7,0
Capacidad de disipación de energía, R_o (Transversal)		7,0
Tipo de sistema estructural longitudinal	Sistema combinado	
Fuerzas horizontales: Muros de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES). Fuerzas verticales: Pórticos de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)		
Tipo de sistema estructural transversal	Sistema combinado	
Fuerzas horizontales: Muros de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES). Fuerzas verticales: Pórticos de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)		
Irregularidad en planta, δ_p	Tipo 1Ap	0,9
Irregularidad en altura, δ_a	Tipo 3 ^a	0,9
Ausencia de redundancia, δ_r	No tiene	1,0
Capacidad de disipación de energía, R (Longitudinal)		5,67
Coeficiente Omega, Ω (Longitudinal)		2,5
Capacidad de disipación de energía, R (Transversal)		5,67

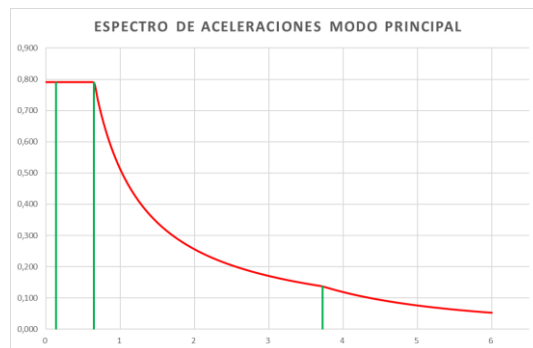
Después de obtener los valores de disipación de energía, se procede a calcular los valores de fuerzas sísmicas que se le aplicaran a la edificación para el análisis que determinara la rigidez de la estructura.

Se buscarán los valores de los periodos (T_o , T_c y T_L) que representan inflexiones en el espectro de aceleraciones, los cuales dependen de los coeficientes de aceleración y velocidad descritos en la Tabla 2, obteniendo como resultados los valores de la Tabla 4. Seguidamente se evalúan estos periodos en las ecuaciones otorgadas por la Norma Sismo-Resistente en su Título A para formar el espectro de aceleraciones ilustrado en la Figura 1. El objetivo de esta gráfica es encontrar la aceleración en cantidades “g” ($9,81\text{m/s}^2$) que entraran a la edificación en función del periodo que esta tenga.

Tabla 4. Puntos de inflexiones del espectro de aceleraciones.

		Sa (g)	
T_o	0,13	0,791	$T_o=(0,1*Av*Fv)/(Aa*Fa)$
T_c	0,65	0,791	$T_c=(0,48*Av*Fv)/(Aa*Fa)$
T_L	3,72	0,138	$T_L=2,4*Fv$

Figura 1. Espectro de aceleraciones modo principal.

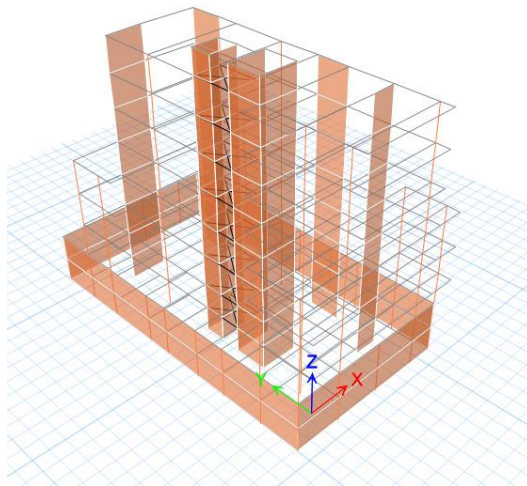


Después de tener el espectro de aceleraciones se lleva a cabo un modelamiento computacional, el cual se ve ilustrado en la Figura 2, para calcular el periodo que tiene la estructura, con el fin de entrar al espectro de aceleraciones y hallar la aceleración que tiene la estructura para el análisis sísmico.

Seguidamente se deberá corroborar una serie de requisitos que contempla el periodo de la edificación, exigidos por la Norma NSR-10 en su sección A.4 donde

se describe el método de Fuerza Horizontal Equivalente, el cual es un método de análisis que se le debe hacer a toda estructura en diseño, ya sea el método con el que se va a diseñar la estructura o no, en caso de no ser el método de diseño, la Norma ofrece en la sección A.5 el método Dinámico, en el cual requiere que la reacción en sentido cortante sea al menos un porcentaje del análisis de la sección A.4.³

Figura 2. Modelamiento computacional de la estructura.



Una vez se cumpla los requisitos de periodos de la sección A.4 se procede a calcular las fuerzas de diseño, las cuales servirán en este caso para el chequeo de fuerza cortante en la base, ya que el método de diseño en esta investigación es el Dinámico, el mismo usado en la edificación real ya construida. En la Tabla 5 se exponen los resultados del análisis de Fuerza Horizontal Equivalente obtenidos después de realizar varias iteraciones, chequeo de derivas y alcanzar la estructura final de diseño.

³ Ibíd.

Tabla 5. Análisis Fuerza Horizontal Equivalente

	Altura (m)	Masa (Kg)	$m_i \cdot h_i^k$	C_v	F_y (KN)
Cub1	31,65	58679	1857202	0,03	960
Cubierta	29,1	359413	10458912	0,18	5408
Piso 6	25,25	433072	10935071	0,19	5654
Piso 5	21,4	434644	9301381	0,16	4809
Piso 4	17,5	527768	9235936	0,16	4775
Piso 3	13,7	530975	7274359	0,12	3761
Piso 2	9,85	529066	5211297	0,09	2694
Piso 1	6	527580	3165479	0,05	1637
Sótano 1	3	534881	1604644	0,03	830
		3936078	59044281	1,0	30528

Los resultados mostrados en la Tabla 5 pertenecen al sentido longitudinal de la edificación, para lo cual requiere un análisis similar para el sentido transversal, donde los resultados estarán expuestos en el Anexo 2.

Cabe resaltar que los muros o pantallas ancladas de los sótanos están unidos a la estructura, es por esto que aportan rigidez en la base de la estructura y su periodo se ve reducido; estos elementos se encuentran dos niveles bajo la cota de la vía y el esfuerzo que aporta el suelo ayuda a minimizar sus movimientos laterales. Estos muros o pantallas ancladas fueron diseñadas en base al comportamiento del suelo, es por esto que será usado el mismo diseño de estos elementos para la comparación.

Usando el modelo computacional se realizó un análisis dinámico (en el software un análisis Modal), en el cual se busca el valor obtenido de la fuerza en la base, donde se debe chequear los valores con los obtenidos en el método de Fuerza Horizontal Equivalente, en este caso por ser una estructura irregular el análisis dinámico deberá cumplir un 90% del análisis FHE. En la Tabla 6 se muestran los resultados

de los periodos de la estructura y la fuerza en la base con su requerimiento mínimo, los cuales fueron comprobados en el modelo computacional.

Tabla 6. Resultados de periodos y cortantes de la base obtenidos en el software.

Dirección longitudinal	Valor de Sa calculada con Ta	0,791
	Valor de Sa calculada con T	0,791
Dirección transversal	Valor de Sa calculada con Ta	0,791
	Valor de Sa calculada con T	0,791
	Valor de la constante, K (Longitudinal)	1,00
	Valor de la constante, K (Transversal)	1,06
Dirección longitudinal	Cortante basal, $V_s=g*M*Sa$ (kN)	30528,3
	Vs calculada al 80% (Regular)	24422,7
	Vs calculada al 90% (Irregular)	27475,5
Dirección transversal	Cortante basal, $V_s=g*M*Sa$ (kN)	30528,3
	Vs calculada al 80% (Regular)	24422,7
	Vs calculada al 90% (Irregular)	27475,5

Todas las variables necesarias para llegar a este análisis están incluidas en el Anexo 3.

Ya corroborados los datos obtenidos en la Tabla 6 con los requisitos solicitados por la sección A.5 para el análisis y diseño de esta edificación, se procede a comprobar los requisitos de derivas, las cuales están reglamentadas en el capítulo A.6 del Título A de la NSR-10. En la cual, en resumen, el límite máximo que se puede obtener por entrepiso será el 1% de la altura del entrepiso⁴. Para llegar al cumplimiento de este requisito es necesario hacer una serie de iteraciones en las cuales consisten en verificar que el dimensionamiento de los miembros estructurales de resistencia sísmica tenga la suficiente rigidez para evitar el desplazamiento máximo expuesto en la sección A.6. Generalmente los resultados finales no se obtienen a partir de un primer modelo, esto se ve reflejado en este

⁴ Ibíd.

caso particular, ya que se realizaron varios ajustes al diseño, en busca de un óptimo consumo de concreto que hiciera viable la comparación. Debido a esto, después de una serie de iteraciones donde se buscan las dimensiones de los miembros, se llega al resultado final, en el cual se debe ajustar el peso del edificio debido al cambio de dimensiones, los periodos tanto en sentido longitudinal como en el sentido transversal y el valor de cortante en la base. Finalmente, se chequean los ajustes y se corroboran las derivas, los valores de la Tabla 1, Tabla 5 y Tabla 6 que son los valores finales resultados de las iteraciones; una vez cumplidas se obtienen las dimensiones finales de la edificación.

En la Tabla 7 se observa los resultados de derivas de una de las columnas. En el Anexo 4 se encuentran el valor de derivas de todas las columnas.

Tabla 7. Deriva en la columna 3B.

Columna	Altura de piso (mm)	Deriva en "X"		Deriva en "Y"		Chequeo
		δx (mm)	% de deriva	δy (mm)	% de deriva	
3B	0	0,0	0,00%	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,2	0,04%	0,6	0,02%	
	3000	3,0	0,10%	1,3	0,04%	
	3850	16,8	0,44%	12,6	0,33%	
	3850	25,8	0,67%	18,3	0,48%	
	3850	31,1	0,81%	20,8	0,54%	
	3850	34,4	0,89%	21,6	0,56%	
	3850	35,5	0,93%	21,1	0,55%	
	3850	35,1	0,91%	19,9	0,52%	

Una vez finalizado el análisis sísmico de la estructura en concreto, se tabulan los resultados obtenidos con el diseño de la edificación real, con el fin de conocer que diferencias se obtuvieron en el diseño sísmico, los tamaños de los miembros que podrían influir en la arquitectura y las propiedades mecánicas de cada estructura. Las diferencias en los tamaños de los miembros verticales se presentan en la Tabla

8 y en la Tabla 9, las cuales son las dimensiones finales que se encuentran sobre el nivel de la vía, ya que, para los sótanos, en la estructura en acero se utilizaron columnas de concreto para los elementos perimetrales, debido a que estarán en contacto con el suelo, por tal motivo y con los conceptos en geotecnia, este material es el de mejor uso para este caso.

Tabla 8. Tamaño de las columnas de las estructuras en concreto y acero.

DIMENSIONES DE COLUMNAS (mm x mm)			
Concreto	Ubicación	Acero (PTE)	Ubicación
350x350	2A-2F- 3A-3F	200X200X5	2A-2F- 3A-3F- 10A-10F- 11A-11F
350x400	10A-10F- 11A-11F	300X300X8	2B-2E-3B
800x500	2B-2E- 3B-7E-9B	300X300X12	7E-9B

Tabla 9. Espesor de los muros de las estructuras en concreto y acero.

ESPESOR DE MUROS (mm)			
Tipo	Longitud (mm)	Concreto	Acero
M1	4300	250	300
M2	2350	300	300
M3	3750	300	400
M4	2700	400	400
M5	3750	400	300
M6	4100	400	400
M7	4300	300	300
M8	4300	300	400
M9	3150	250	300
M10	3150	250	300

Los valores expuestos en la Tabla 8 y Tabla 9 se refieren únicamente a los miembros estructurales verticales; dado que el interés de hacer esta comparación es medir que ocupación tienen estos miembros sobre el área total en cada planta,

los elementos como las vigas no será comparadas, dado que no interfieren en el área de ocupación de la edificación. La única alteración arquitectónica que podría tener por el cambio de dimensiones de las vigas y viguetas, sería en las alturas de los entresijos, pero en este caso, se deja los niveles fijos; por consiguiente, la afectación que se tiene será en la altura libre de los entresijos.

En el momento de decidir qué tipo de material usar para la construcción de una edificación, surge la inquietud de cual puede comportarse mejor a la hora de un sismo, para ellos se evaluó un valor proporcional de la rigidez, ubicados en los puntos más críticos, es decir, que en el centro de masa se les asignó una carga neutral a las dos estructuras en las direcciones "X" y "Y", y se busca el valor de la deriva más crítica; en aquellos puntos se evalúa el valor proporcional de la rigidez. Se realiza de esta forma con el fin de simplificar el cálculo de esta propiedad física, ya que la evaluación de estas características en toda la edificación sería una tarea que emplearía una gran cantidad de tiempo que no es justificable para los objetivos finales de esta investigación.

La rigidez está dada de la forma $\alpha K = P/U$, donde αK es el valor proporcional de la rigidez la cual se desea calcular; siendo P la carga que ocasiona la deformación, y U es la deriva. Debido a que la carga es asignada en el centro de masa, en el punto de análisis reacciona una parte de la carga total asignada en el centro de masa, que depende de la distancia entre el centro de masa y el punto de análisis, la cual es equivalente en las dos estructuras, por el hecho de tener la misma distribución estructural y arquitectónica. Para facilitar el cálculo, se asume un valor de $P=1$, y el valor de U se toma de la simulación computacional. Otros parámetros que influyen en la rigidez son las propiedades mecánicas del material usado, como el módulo de elasticidad. De tal manera, se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 10; obteniendo la comparación del comportamiento en cada edificación debido a una carga unitaria.

Tabla 10. Valores de la proporción de la rigidez evaluadas en los puntos seleccionados.

Punto	Concreto		Acero	
	R (X)	R (Y)	R (X)	R (Y)
A	44	1815	23	246
B	283	64	131	34
C	44	2500	23	446
D	304	69	82	30

Tomando cada punto como la ubicación donde se calculó el valor proporcional de la rigidez, la Tabla 10 expone este valor para cada punto expuesto; siendo A el punto con el mayor desplazamiento en X y B el punto con mayor desplazamiento en Y para el edificio en concreto. En el edificio en acero el punto C es el de mayor desplazamiento en X y el punto D el de mayor desplazamiento en Y. Cabe mencionar que el par de puntos obtenidos en cada modelo se trasladó al modelo contrario, es decir, que los puntos A y B del modelo en concreto también se evaluaron en el modelo de acero y los puntos C y D del modelo de acero se evaluaron en el modelo de concreto, con el fin de comparar los valores de rigidez en cada punto de análisis. Las coordenadas de los puntos evaluados en las dos estructuras se pueden observar en la Tabla 11 los cuales fueron seleccionados como se indicó anteriormente.

Tabla 11. Coordenadas de los puntos de la evaluación de la rigidez.

Punto	"X"	"Y"	"Z"
A	16,35	32,8	19,25
B	19,4	32,8	11,55
C	5,4	32,8	23,1
D	16,4	0	23,1

Para medir la cantidad de fuerza sísmica que puede llegar a la estructura, esta tiene como variables el periodo y la masa; analizando el espectro de diseño ilustrado en la Figura 1, se evidencia que entre mayor sea el periodo, la aceleración "Sa"

disminuye a partir del periodo $T=T_c$, que para el espectro estudiado en este diseño tenemos $T_c=0,65$. Es por esto que el periodo juega un papel fundamental en el diseño. La otra variable de estudio para dimensionar la estructura es la cantidad de masa que esta tenga, donde su mayor influencia se ve reflejado en su cimentación. En esta situación el peso implicaría un ahorro económico para la elaboración de sus bases. Por este motivo se calculó el peso de las dos estructuras, sin tener en cuenta la cimentación, con el fin de prever cuál de las dos edificaciones deberá tener un mayor consumo de material o debería resistir mayores cargas en sus bases.

Con lo anterior, es fundamental para este estudio el análisis de estas propiedades. En la Tabla 12 se puede observar los resultados de estas características en cada edificación.

Tabla 12. Masa de las estructuras y periodos fundamentales.

Propiedad	Concreto	Acero
Peso Estructura (ton)	1969,86	1451,58
Periodo en "X" (seg)	0,617	0,66
Periodo en "Y" (seg)	0,487	0,66

2. DISEÑO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES

En la parte de diseño en concreto se tiene como reglamentación el Título C de la Norma Sismo-Resistente (NSR-10) la cual tiene parámetros de diseño que dependen del tipo de disipación de energía que deberá tener la estructura⁵. Para el ejercicio de este caso se tiene una categoría de diseño que debe cumplir una disipación especial de energía “DES”.

Teniendo en cuenta el capítulo C.21 de la NSR-10 la cual presenta los requisitos de diseño sismo resistente, se tiene la base para el cumplimiento de las cargas y la distribución mínima que deberá tener el acero de refuerzo para cada miembro que haga parte de la resistencia de este tipo de carga⁶, siendo el sismo, el caso de cargas más desfavorable, afectando principalmente los miembros verticales.

En este proyecto se inicia con el diseño de las vigas, las cuales tiene una gran variabilidad en las dimensiones de sus secciones, dado a que se buscó el mínimo uso del material para que a la hora de la comparación fuese similar al diseño real, en el diseño de la estructura ya construida se tiene la totalidad de estos tipos de miembros con perfiles de acero, esto por el motivo de que las longitudes y las cargas difieren en cada piso y en cada parte de la edificación; con esto se buscó en el proyecto real y se busca en el proyecto actual la mayor eficiencia del material y por ende un costo económico menor, que a la escala de un proyecto como el estudiado, la diferencia económica con el aprovechamiento del material es muy notable.

⁵ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes (creada por la ley 400 de 1997). NSR-10 Título C.

⁶ *Ibíd.*

Para el diseño de las vigas se elaboró una hoja programable en Excel para la revisión de los requisitos mínimos en las cantidades y distribuciones requeridas por la NSR-10, para ser comparadas por la propuesta dada por el software, con el propósito de facilitar la revisión y análisis de cada una. Esta hoja en Excel es elaborada por el autor de este proyecto.

Esta hoja contiene requisitos como los expuestos por el C.10, donde se tiene en cuenta flexión y cargas axiales. Para la solicitud mínima en la cantidad de acero se tuvo en cuenta la sección C.10.5 que tiene como título “Refuerzo mínimo en elementos sometidos a flexión” la cual formula una cuantía de refuerzo mínima⁷, donde su cálculo depende de las propiedades tanto del concreto como del acero, y del tamaño del elemento. De este modo, se tiene en cuenta este requisito y otros que se exponen en este capítulo. El cortante y la torsión también se analizaron con la hoja programada, la cual se siguieron las indicaciones de C.11.

Este mismo ejercicio se realizó para los demás miembros, secuencialmente siguiendo con las columnas (C.10, C.11 y C.21), muros de carga (C.14 y C.21), viguetas y riostras (C.10 y C.11), los cuales, tienen diferentes requisitos, por tal motivo estos fueron revisados cada uno por aparte con su respectivo requerimiento. Por ejemplo, las viguetas únicamente se analizaron con cargas verticales Viva “L” y Muerta “D” que se detallaron según lo indica el Título B de la NSR-10, esto quiere decir que estos elementos no poseen el caso de carga de Sismo “E”, por lo tanto, el capítulo C.21 no es necesario aplicarlo en estos miembros.

Por parte, de la cimentación se usa un software especializado en este tipo de análisis y diseños. Al igual que en los otros elementos, se elaboró una hoja de Excel para los pertinentes cálculos y el debido chequeo. Teniendo en cuenta el C.13 y

⁷ Ibíd.

C.15 de la NSR-10 se tienen los requerimientos y recomendaciones para el diseño de esta parte estructural, la cual para este caso es el de mayor consumo de material.

Como se ha mencionado anteriormente, para el diseño de los muros o pantallas ancladas de los sótanos se usará el realizado originalmente, ya que este tuvo su criterio en las cargas de empuje lateral del suelo adyacente, que para el caso de estudio no debería ser diferente ya que se realizó en la misma ubicación.

Una vez obtenida toda la información de la cantidad y forma de distribución de los aceros, se busca el capítulo C.12 de la NSR-10, la cual tiene como título “Longitudes de desarrollo y empalmes del refuerzo” donde explica cómo debe ser la forma de dobleces de los aceros, los traslapes que se deben hacer cuando las longitudes comerciales no satisfagan las dimensiones de los miembros y longitudes mínimas que deberán ir embebidas para las uniones de estos. Para esto se usó la programación elaborada en Excel en cada una, para revisar que el acero puesto en cada uno cumpliera con los requerimientos de los capítulos mencionados anteriormente.

El diseño de la estructura en acero, fue realizado previamente por la empresa contratada para dicha tarea, la cual, en su interés por la investigación, suministró los planos para el respectivo estudio. El equipo diseñador de la estructura original tuvo aportes en el diseño en concreto, con el fin de que se contemplara en ambos diseños los análisis para que la comparación fuese más equitativa. Aportes que se reflejan con observaciones y contribuciones en los criterios de diseño y despiece o detallado de los elementos.

3. CRITERIOS PARA LA PROTECCIÓN CONTRA FUEGO

Siguiendo el reglamento colombiano NSR-10 en su Título J con el nombre de “Requisitos de protección contra incendios en edificaciones”, se habla sobre las medidas mínimas que debe tener una edificación a la hora de enfrentar un incendio en su estructura. Inicialmente clasificamos la edificación en grupos y subgrupos de ocupación; siguiendo la tabla J.1.1-1 este proyecto se ubica en el grupo institucional “I” y un subgrupo “I-2”. Continuamente, en la categoría de riesgo, señaladas en J.3.3 de este reglamento, nos ubicamos en una Categoría I, la cual contempla las edificaciones de más alto riesgo para pérdidas humanas y fugas de elementos de combustión.

La cantidad de tiempo en horas que deberán resistir al fuego los miembros de la edificación, se encuentran en la tabla J.3.4-3, la cual indica el tiempo que deberá resistir cada uno, como vigas, viguetas, losas y muros portantes de cualquier material, incluyendo el concreto y el acero estructural; contamos con un diseño mínimo de dos horas.

Para el Título J, los elementos en concreto requieren un dimensionamiento mínimo, donde estos dependen de la cantidad de tiempo que deba resistir en el momento de que el fuego actué sobre este⁸. En este material se usa como variable el tipo de agregado usado en la mezcla de concreto; debido a que en muchos casos los materiales usados en obra son de orígenes desconocidos, se debe ser lo más conservadores a la hora de seleccionar este material. Teniendo en cuenta un tiempo de resistencia mínimo de 2 horas y agregados con origen ígneo en silíceo o

⁸ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes (creada por la ley 400 de 1997). NSR-10 Título J.

carbonato se obtienen las dimensiones mínimas de 250 mm; requerimiento alcanzado para la estructura en concreto estudiada, dado que la dimensión mínima es de 350mm X 350mm reflejadas en la Tabla 8. Para los espesores de los muros, teniendo en cuenta el tiempo mínimo de dos horas y el agregado más crítico, se debe tener un espesor no menor a 130 mm, el cual según la Tabla 9, en el proyecto se posee un espesor mínimo de 250mm, por lo tanto, se da cumplimiento en este requisito. Y por parte de las vigas, la solicitud va enfocada en el recubrimiento mínimo de las barras de acero de refuerzo para estos elementos, siendo así, para un tiempo de exposición al fuego de dos horas, tenemos una solicitud mínima de 30 mm, el cual será otro requisito cumplido ya que la solicitud de C.21 elaborado en el capítulo 4 de este artículo tiene una mayor solicitud, contando con un valor de 40mm.

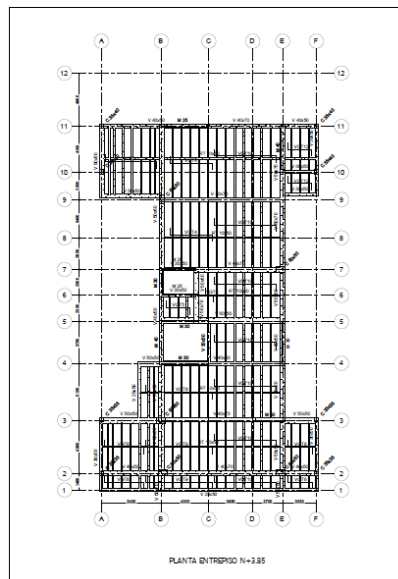
Por parte de la estructura en acero tiene un comportamiento menos eficiente, ya que de acuerdo a el Título J especifica que sin algún recubrimiento esta no podría soportar más de 15 minutos expuestos al fuego. De esta forma, es compromiso del diseñador garantizar la estabilidad ante este evento. Por parte de las columnas, en el proyecto real estos miembros se encuentran recubiertos de concreto, las cuales aportan a la resistencia ante el evento estudiado, dando en el diseño real el tiempo mínimo de dos horas, requisito solicitado para el diseño. Las columnas para que tengan un comportamiento ideal, poseen orificios los cuales permiten la expulsión de gases cuando los elementos son sometidos a aumento de temperaturas; estos orificios están sellados con materiales que tienen la propiedad de ser desalojados cuando se expone al fuego, que de tal forma cuando se presente presión dentro del perfil estos serán expulsados con facilidad. Los miembros como las vigas y las viguetas fueron protegidos con el uso de cielo raso. Adicionalmente, según los diseños, se debe hacer un mantenimiento periódico con el fin de asegurar la buena funcionalidad de estos miembros en caso de que se expongan al fuego.

Para la detección de incendios la NSR-10 en la tabla J.4.2-1 indica que para las edificaciones tipo I-2 se deben instalar detectores automáticos de humo y alarma sonora, donde se ubicarán pulsadores manuales de alarma de incendio en los pasillos, zonas de circulación y todas las dispensas.

4. DETALLADO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES Y CÁLCULO DE CANTIDAD DE MATERIALES

Una vez terminado el diseño de los elementos, se elaboran los planos planta estructurales (Figura 3) y los planos de detalle de cada miembro, con el fin de especificar las distribuciones de los aceros de refuerzo de cada uno; para el caso del cálculo de materiales, la mayoría de veces se realiza siguiendo el detallado, aunque, para este estudio, se contó con una herramienta BIM para la elaboración de los planos y el cálculo de las cantidades de material en el edificio en concreto.

Figura 3. Detallado planta N+3.85.



Esta modelación se hizo por partes, (Cimentación, Columnas, Muros, N-3.0, N+0.0, N+3.85, N+7.7, N+11.55, N+15.4, N+19.25, N+23.1, N+25.65 y Suelos) para que últimamente sea llevado todo a un solo modelo, con el fin de ser más preciso y detallado en la modelación. En la Figura 4 se observa el resultado final de la

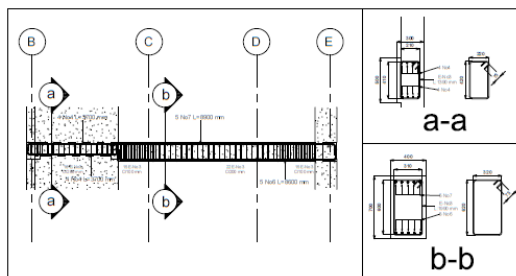
modelación con sus debidos cálculos de acero de refuerzo organizado, para seguidamente llevar a cabo la elaboración de los planos.

Figura 4. Modelo BIM 3D de la estructura en concreto.



Una vez elaborada toda la modelación BIM 3D se procede a detallar e imprimir todos los elementos, para el debido procedimiento natural de un proyecto. En la Figura 5 se presenta el resultado de un elemento, detallado y elaborado directamente del software donde se planteó el modelo 3D.

Figura 5. Detallado viga eje 7 tipo 2.



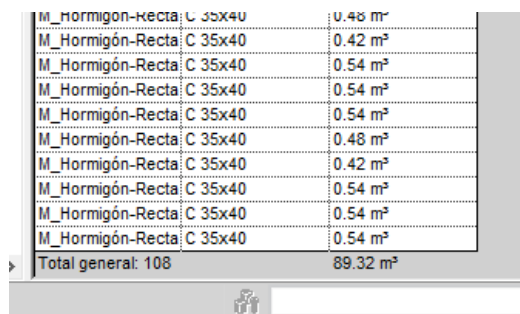
En la Figura 5 se expone uno de los detallados de las vigas que pertenecen al eje 7 y se replica el mismo tipo en los niveles N+3.85, N+7.7, N+11.55, N+15.4, N+19.25

y N+23.1; el resumen de los detallados de los elementos y los planos planta se encuentra en el Anexo 5.

El cálculo de los materiales se elabora con el software de modelamiento BIM 3D, el cual tiene la opción de esta actividad. Este genera una tabla donde detalla que tipo de material está calculando, y todas las propiedades que le quieran dar. Usando esta herramienta se lleva a cabo el cálculo de los materiales que se utilizan. En este caso, como los modelos están separados, se calcula para cada modelo, y al final se suman dependiendo las necesidades que se requieran.

En la Figura 6, se ilustra una de las tablas que exporta el modelo BIM, la cual expone la cantidad de material que se debe usar para elaborar el miembro indicado en el modelo.

Figura 6. Cálculo de cantidad de concreto del modelo columnas.



M_Hormigón-Recta C 35x40	0.48 m³
M_Hormigón-Recta C 35x40	0.42 m³
M_Hormigón-Recta C 35x40	0.54 m³
M_Hormigón-Recta C 35x40	0.54 m³
M_Hormigón-Recta C 35x40	0.54 m³
M_Hormigón-Recta C 35x40	0.48 m³
M_Hormigón-Recta C 35x40	0.42 m³
M_Hormigón-Recta C 35x40	0.54 m³
M_Hormigón-Recta C 35x40	0.54 m³
M_Hormigón-Recta C 35x40	0.54 m³
Total general: 108	89.32 m³

Como se muestra en la Figura 6, el cálculo total de la cantidad de concreto usado para la elaboración de las columnas es la sumatoria de todas las columnas modeladas que hacen parte del proyecto, dando como resultado $89,32\text{m}^3$, valor que es utilizado para calcular los tiempos de ejecución, los costos de elaboración y volumen de material usado, con el fin de llegar a la comparación final de este proyecto.

Al igual que para el cálculo de concreto en las columnas, se lleva a cabo el mismo procedimiento para las cantidades de acero usado en los demás miembros modelados. Estas tablas se encuentran en los modelos tipo rvt y fueron tomados sus datos para los siguientes procedimientos.

Una vez culminado el ejercicio con la estructura en concreto, se procedió a elaborar una modelación en BIM 3D para la estructura en acero, con el fin de obtener un análisis similar y así mismo, llevar este modelo a un software de simulación 5D, con el fin de tener una referencia del proceso constructivo, y de esta forma, obtener una vista más clara de las diferencias en los dos diseños.

Debido a que el diseño del edificio en acero es de creación y propiedad de una empresa privada, sus planos son de uso personal, por ese hecho no serán expuestos en este artículo, pero fueron suministrados para el ejercicio académico y con ello sería suficiente para el alcance de este estudio.

Aun así, se elaboró una modelación para ser expuesta y sea visualmente más clara la diferencia que pueda tener el uso de estos materiales para la construcción.

Al igual que la modelación de la estructura de concreto, se hizo un seguimiento a la cantidad de materiales usados para la elaboración de la estructura metálica, con el fin de manejar y aprovechar los recursos que ofrece este método de análisis para cálculo de materiales. Donde se elaboraron tablas de cantidades de obra para toda la edificación, con el fin de calcular que tanto material debía ser usado para su construcción, y necesarias también para ser usadas en el desarrollo de las programaciones de obra que son objetivas para la comparación en este estudio.

En la Figura 7 se expone la modelación final de la estructura en acero, ya con todos sus elementos detallados para su posterior cálculo.

Figura 7. Modelo BIM 3D de la estructura en concreto.



5. PROGRAMACIONES DE OBRA

Una parte importante en una obra de construcción es prepararse y programar paso a paso un cronograma el cual se debe seguir para una ejecución ordenada y responsable. Para esta investigación, se decide limitar la parte del cronograma a la sección estudiada, es decir, la estructura, con esto seguimos la línea del análisis para determinar los factores que puedan afectar en la toma de una decisión sobre el tipo de material estructural a usar en un proyecto.

En esta investigación, por ser un análisis donde se cuenta solamente con el uso teórico, no sería factible compararlo con el cronograma real de la estructura ya construida en material de acero; es por esto, que se toma como base la estimación inicial del proyecto ya realizado, donde no se tienen en cuenta factores que puedan retrasar una obra y que no se puedan prever, debido a que no está dentro de los alcances de esta investigación. Siendo así, este estudio será más equitativo ya que la comparación serán estimaciones iniciales.

Teniendo en cuenta lo anterior, y con las cantidades de obra de cada edificación, se opta por usar una base de datos confiable en la cual se puedan manejar valores reales para la estimación de los costos de los materiales, costos de la mano de obra y rendimientos, estos datos fueron adquiridos en la página web del Instituto Nacional de Vías⁹, el cual es de acceso público y gratuito, donde este emite un archivo tipo .xlsx, donde publica los valores tanto de materiales como de mano de obra y actividades específicas. Este archivo resalta el hecho que no es de uso obligatorio ni debería ser usado a menos que el profesional lo crea a necesario. Para este caso,

⁹ INVIAS APUS Santander 2019-2. Bogotá, Colombia. 2019 [en línea] disponible en: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-ydocumentos/analisis-precios-unitarios/9811-apus-santander-2019-2>

como es un caso de estudio y se tienen valores aceptables, ya que son datos estadísticos recolectados en la región de Santander, ubicación del proyecto real y del proyecto en comparación, que se usaran para realizar estas programaciones de obra requeridas.

Se decide, que debido a la reserva que se tienen de estos proyectos para la empresa encargada de realizar este trabajo, resuelve no exponer los datos reales que se generaron en el proyecto existente.

Seguidamente, trabajando con los datos necesarios y con la supervisión de profesionales con experiencia en programaciones de obra, se elaboran cronogramas para cada estructura estudiada. Debido a que el cronograma de la edificación real es de uso privado de la empresa constructora esta no fue usada directamente en esta investigación, pero haciendo uso de conocimientos del proceso constructivo se elabora uno con características muy similares al programa de obra real. Estos cronogramas fueron hechos en Microsoft Project para la facilidad y manejo más adecuado de los datos; también con el propósito de ser exportados a un modelamiento en BIM 5D para la realización de un esquema visual donde se vea reflejado el proceso constructivo.

Siendo así, en el Anexo 6 y Anexo 7 se presentan los cronogramas finales. De esta forma se toman los datos relevantes y se presenta en la Tabla 11 para su respectivo análisis.

Tabla 13. Datos significativos de las programaciones de obra.

DATOS PROGRAMAS DE OBRA		
	Concreto	Acero
Horas Hombre	32004	42120
Costo Material	\$ 2.101.601.476	\$ 2.556.417.161
Costo Mano de obra	\$ 239.150.552	\$ 465.593.440
Costo Total	\$ 2.340.752.028	\$ 3.022.010.601

Los datos de la Tabla 11 fueron extraídas del modelamiento en Microsoft Project.

Para tener un concepto más claro sobre el comportamiento de los costos en los dos diseños, se procedió a elaborar diagramas de flujo los cuales exponen el comportamiento económico de cada edificación. En el modelamiento, para visualizar el comportamiento de los datos, se propone un día en común para el inicio de los dos diseños, y es desde acá donde se puede comparar como es el flujo de caja de cada edificio.

En la Figura 8 y Figura 9 se observa cómo es el crecimiento económico de cada proyecto, con el objetivo de ver la relación de crecimiento.

Figura 8. Flujo de caja Estructura en concreto.

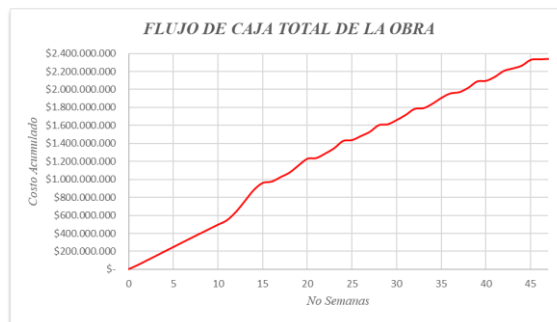
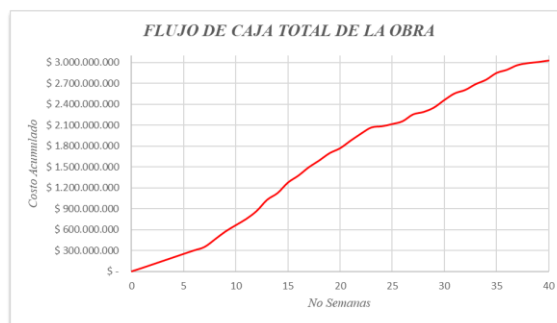


Figura 9. Flujo de caja Estructura en acero.



La Figura 8 y Figura 9 fueron elaboradas con paso de 5 semanas en la abscisa X, para tener una visión semejante entre las dos gráficas. Se sabe que en los tramos donde la inclinación es mayor, los gastos aumentaron, esto a causa de un cambio de actividad o de un aumento en la mano de obra. Para observar este efecto, se elaboran diagramas los cuales demuestran el gasto por semana de cada proyecto. La Figura 10 y la Figura 11 exhiben este flujo semanal no acumulado.

Figura 10. Flujo de caja semanal de la Estructura en concreto.

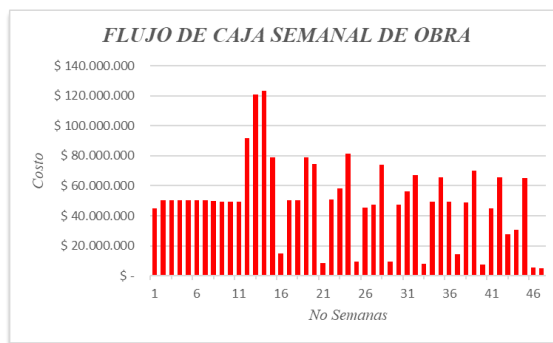
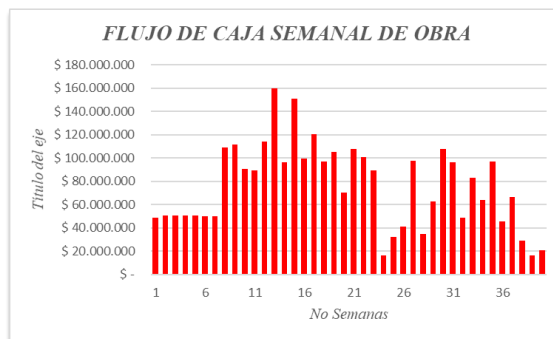


Figura 11. Flujo de caja semanal de la Estructura en acero.



Como se habló en el párrafo anterior, en ciertas semanas el comportamiento se afecta debido a un aumento de mano de obra o cambio de actividad y es por esto que el gasto de materiales se aumenta dependiendo de que trabajo se tenga programado a elaborar.

6. CONCLUSIONES

Como se expone en la Tabla 8, las dimensiones de las columnas varía en las dos estructuras, llegando a tal punto de que el área usada por las columnas más pequeñas en la estructura de concreto, supera el área más grande usada en la estructura de acero. Paralelamente, observando la Tabla 9, se ve reflejada la similitud en el espesor de los muros, llegando a tener una diferencia en área sobre toda la vista en planta de menos de 1 m² de los muros de la estructura de acero sobre la de concreto.

Como se argumentó durante el documento, el análisis de la estructura en concreto fue lo más óptimo posible, queriendo llegar a un nivel de consumo de material mínimo; aun así, se ve que los elementos en concreto llegan a tener una mayor ocupación sobre el área de la edificación.

Está claro que, la densidad del concreto reforzado (2400kg/m³) es menor que la del acero estructural (7850kg/m³), pero como se evidencia en la Tabla 12, la masa de la estructura en acero es menor a la de concreto; por tal razón, las dimensiones de los miembros en la estructura en acero son mucho menores que los de la estructura en concreto.

Se puede observar en la Tabla 10, donde se evaluó la rigidez en los puntos seleccionados, una mayor capacidad por parte del edificio en concreto, claramente esta propiedad está afectada por los módulos de los materiales, donde el acero es más permisivo a la hora de admitir deformaciones, y, aunque el acero se comporta bien inelásticamente, el problema que se genera, son las deformaciones excesivas, que pueden llegar al orden de 12 veces la deformación que produce la fluencia.

Como consecuencia a lo expuesto en el Capítulo 2, el periodo es una variable que altera la cantidad de cargas sísmica a la que se expone la estructura, en cuanto el periodo supera el valor de T_c , este comienza una reducción en la aceleración que afecta la carga; en la Tabla 12, se observa como el periodo de la estructura en acero es mayor que la de concreto, por tal razón, la estructura en acero tiene una mayor capacidad de disipar energía frente a una estructura en concreto.

Observando los cronogramas de las dos estructuras, la construcción en concreto requiere aproximadamente 5 semanas más que la construcción en acero, debido a factores como, el tiempo que se debe emplear para construir los miembros en la estructura de concreto, los cuales se fabrican en obra, a diferencia de la construcción en acero, donde los miembros son fabricados en planta, es decir, no interfieren el cronograma de construcción.

Por otra parte, el costo de la elaboración de la estructura en acero es mayor que la de concreto en poco menos de 700 millones de pesos colombianos, teniendo en cuenta factores como la mano de obra, que, para la edificación en acero, se requiere una más especializada que la de concreto; por otra parte, en los costos de los materiales, el acero tiene un mayor precio que el concreto reforzado, dado que, la industria de nuestro país se concentra más en la producción de cemento.

Las pendientes de la Figura 8 y Figura 9 tienden a ser constantes durante toda su ejecución, es decir, la relación de trabajo y gastos es casi invariable durante la ejecución de este; inicialmente, se sabe que en ambas edificaciones se inicia con la construcción de la cimentación, la cual, debido a que la estructura en acero es menos pesada, su cimentación contiene una cantidad menor de material. Debido a esto, el tiempo de ejecución de la cimentación de la estructura metálica tardara menos tiempo, y al finalizar esta actividad, se inicia otra fase, la cual tiene un cambio de relación en el flujo de caja; este efecto se genera en las dos edificaciones.

Teniendo en cuenta que la estructura fue catalogada con el Título J en el subgrupo I-2, donde pertenece al grupo hospitalario o prestadores de servicios de salud, esta tiene un riesgo alto de incendio, la cual debe cumplir requerimientos rigurosos en el diseño contra fuego. Como fue expuesto, las dos estructuras cumplen con los requisitos solicitados por la norma NSR-10 en su Título J; pero dado que, la estructura en acero tiene un recubrimiento en sus elementos que los protege a la hora de ser expuestos al fuego, se recomienda revisiones periódicas, es decir, a diferencia a la estructura en concreto, la estructura en acero debe hacer una inversión económica en su revisión para garantizar su bienestar en el momento del suceso.

La investigación se enfocó en buscar las ventajas de cada material para su uso constructivo en una estructura, orientado a su respectivo diseño; donde con los resultados obtenidos observamos que cuando se solicite una estructura más rígida o el tema económico sea una limitación, sería conveniente usar concreto. En el caso donde se requiera una edificación menos pesada o se requiera un menor tiempo de construcción, se recomienda usar una estructura en acero. Según sea la necesidad del usuario o del propietario, de esto debería depender el tipo de material a seleccionar para la estructura de una edificación en caso de contar con la disponibilidad de dichos materiales.

BIBLIOGRAFÍA

AUTODESK Autocad 2018 [en línea] disponible en:
<https://www.autodesk.com/products/autocad/overview>

AUTODESK Navisworks 2018 [en línea] disponible en:
<https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview>

AUTODESK Revit 2018 [en línea] disponible en:
<https://www.autodesk.com/products/revit/overview>

CSIESPANA Etabs 17.0.1 [en línea] disponible en:
<https://www.csiespana.com/software/5/etabs>

CSIESPANA Safe 16.0.2 [en línea] disponible en:
<https://www.csiespana.com/software/8/safe>

INVIAS APUS Santander 2019-2. Bogotá, Colombia. 2019 [en línea] disponible en:
<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-ydocumentos/analisis-precios-unitarios/9811-apus-santander-2019-2>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.
Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes
(creada por la ley 400 de 1997). NSR-10 Título B.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.
Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes
(creada por la ley 400 de 1997). NSR-10 Título A.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.
Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes
(creada por la ley 400 de 1997). NSR-10 Título C.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.
Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes
(creada por la ley 400 de 1997). NSR-10 Título J.

ANEXOS

Anexo A. Análisis de carga distribuida por nivel.

Sótano 1	Placa aligerada + casetón	3,57	KN/m ²
	Ductos mecánicos, servicios e iluminación	0,30	KN/m ²
	Vigas	2,02	KN/m ²
	Columnas	0,49	KN/m ²
	Muros estructurales	1,00	KN/m ²
	Muros contención	0,00	KN/m ²
	Carga muerta (Sin estructura)		3,87
Carga muerta total		7,38	KN/m ²
Piso 1	Placa aligerada + casetón	3,57	KN/m ²
	Ductos mecánicos, servicios e iluminación	0,30	KN/m ²
	Vigas	2,02	KN/m ²
	Columnas	0,49	KN/m ²
	Muros estructurales	0,90	KN/m ²
	Muros contención	0,00	KN/m ²
	Carga muerta (Sin estructura)		3,87
Carga muerta total		7,28	KN/m ²
Piso 2	Placa aligerada + casetón	3,57	KN/m ²
	Baldosa cerámica + mortero	0,80	KN/m ²
	Particiones livianas	1,00	KN/m ²
	Ductos mecánicos, servicios e iluminación	0,30	KN/m ²
	Vigas	2,57	KN/m ²
	Columnas	0,57	KN/m ²
	Muros estructurales	1,75	KN/m ²
	Carga muerta (Sin estructura)		5,67
Carga muerta total		10,56	KN/m ²

Piso 3	Placa aligerada + casetón	3,57	KN/m2
	Baldosa cerámica + mortero	0,80	KN/m2
	Particiones livianas	1,00	KN/m2
	Ductos mecánicos, servicios e iluminación	0,30	KN/m2
	Vigas	2,61	KN/m2
	Columnas	0,57	KN/m2
	Muros estructurales	1,75	KN/m2

Carga muerta (Sin estructura)	5,67	KN/m2
Carga muerta total	10,60	KN/m2

Piso 4	Placa aligerada + casetón	3,57	KN/m2
	Baldosa cerámica + mortero	0,80	KN/m2
	Particiones livianas	1,00	KN/m2
	Ductos mecánicos, servicios e iluminación	0,30	KN/m2
	Vigas	2,58	KN/m2
	Columnas	0,57	KN/m2
	Muros estructurales	1,72	KN/m2

Carga muerta (Sin estructura)	5,67	KN/m2
Carga muerta total	10,54	KN/m2

Piso 5	Placa aligerada + casetón	3,57	KN/m2
	Baldosa cerámica + mortero	0,80	KN/m2
	Particiones livianas	1,00	KN/m2
	Ductos mecánicos, servicios e iluminación	0,30	KN/m2
	Vigas	2,65	KN/m2
	Columnas	0,49	KN/m2
	Muros estructurales	2,27	KN/m2

Carga muerta (Sin estructura)	5,67	KN/m2
Carga muerta total	11,07	KN/m2

Piso 6	Placa aligerada + casetón	3,57	KN/m2
	Baldosa cerámica + mortero	0,80	KN/m2
	Particiones livianas	1,00	KN/m2

Ductos mecánicos, servicios e iluminación	0,30	KN/m2
Vigas	2,65	KN/m2
Columnas	0,48	KN/m2
Muros estructurales	2,23	KN/m2

Carga muerta (Sin estructura)	5,67	KN/m2
Carga muerta total	11,03	KN/m2

Cubierta	Placa aligerada + casetón	3,57	KN/m2
	Ductos mecánicos, servicios e iluminación	0,30	KN/m2
	Vigas	2,65	KN/m2
	Columnas	0,48	KN/m2
	Muros estructurales	2,16	KN/m2

Carga muerta (Sin estructura)	3,87	KN/m2
Carga muerta total	9,16	KN/m2

Cub	Placa aligerada + casetón	3,57	KN/m2
	Ductos mecánicos, servicios e iluminación	0,30	KN/m2
	Vigas	2,52	KN/m2
	Columnas	0,00	KN/m2
	Muros estructurales	5,12	KN/m2

Carga muerta (Sin estructura)	3,87	KN/m2
Carga muerta total	11,51	KN/m2

Anexo B. Análisis y cálculos de fuerza horizontal equivalente para la estructura en material en concreto.

DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA SISMICA SEGÚN FHE, LONGITUDINAL

	Nivel	Altura (m)	Area (m ²)	Peso (KN)	Masa (Kg)	$m_i \cdot h_i^k$	Cv	Fy (KN)	δ modelo (mm)
Cub1	N+25,65	31,65	50	576	58679	1857202,48	0,031	960,3	135,012
Cubierta	N+23,1	29,1	385	3526	359413	10458911,9	0,177	5407,7	131,027
Piso 6	N+19,25	25,25	385	4248	433072	10935070,7	0,185	5653,9	109,252
Piso 5	N+15,4	21,4	385	4264	434644	9301381,02	0,158	4809,2	85,634
Piso 4	N+11,5	17,5	491,3	5177	527768	9235936,18	0,156	4775,4	60,782
Piso 3	N+7,7	13,7	491,3	5209	530975	7274359,16	0,123	3761,1	37,104
Piso 2	N+3,85	9,85	491,3	5190	529066	5211296,56	0,088	2694,5	16,306
Piso 1	N+0	6	711	5176	527580	3165478,67	0,054	1636,7	2,172
Sótano 1	N+-3	3	711	5247	534881	1604643,92	0,027	829,7	0,667
				38613	3936078	59044280,6	1,0	30528	
								Ty (seg)	0,557

DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA SISMICA SEGÚN FHE, TRANSVERSAL

	Nivel	Altura (m)	Area (m ²)	Peso (KN)	Masa (Kg)	$m_i \cdot h_i^k$	Cv	Fx (KN)	δ modelo (mm)
Cub1	N+25,65	31,65	50	576	58679	2249727,91	0,032	990,7	206,999
Cubierta	N+23,1	29,1	385	3526	359413	12610507,5	0,182	5553,4	185,020
Piso 6	N+19,25	25,25	385	4248	433072	13081185,4	0,189	5760,7	150,396
Piso 5	N+15,4	21,4	385	4264	434644	11025172,7	0,159	4855,2	115,049
Piso 4	N+11,5	17,5	491,3	5177	527768	10826037,7	0,156	4767,6	80,522
Piso 3	N+7,7	13,7	491,3	5209	530975	8411679,78	0,121	3704,3	48,787
Piso 2	N+3,85	9,85	491,3	5190	529066	5916726,57	0,085	2605,6	22,122
Piso 1	N+0	6	711	5176	527580	3496445,68	0,050	1539,8	4,366
Sótano 1	N+-3	3	711	5247	534881	1705528,2	0,025	751,1	1,242
				38613	3936078	69323011,5	1,0	30528	
								Tx (seg)	0,651

Anexo C. Calculo y comprobación de cortante basal y datos para análisis estático.

Parámetros generales	Ubicación	Bucaramanga (Santander)		
	Coeficientes de aceleración y velocidad	Aceleración horizontal pico efectiva, Aa		0,25
		Velocidad horizontal pico efectiva Av		0,25
		Aceleración pico efectiva umbral de daño, Ad		0,09
		Aceleración pico efectiva reducida, Ae		0,15
		Zona de amenaza sísmica		Alta
	Tipo de suelo	Tipo de perfil de suelo		C
	Grupo de uso	Grupo II		1,1
	Capacidad de disipación de energía, Ro (Longitudinal)			7,0
	Capacidad de disipación de energía, Ro (Transversal)			7,0
	Tipo de sistema estructural longitudinal		Sistema combinado	
	Fuerzas horizontales: Muros de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES). Fuerzas verticales: Pórticos de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)			
	Tipo de sistema estructural transversal		Sistema combinado	
	Fuerzas horizontales: Muros de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES). Fuerzas verticales: Pórticos de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)			
	Irregularidad en planta, \varnothing_p		Tipo 1aP	0,9
	Irregularidad en altura, \varnothing_a		Tipo 3A	0,9
	Ausencia de redundancia, \varnothing_r		No tiene	1,0
	Capacidad de disipación de energía, R (Longitudinal)			5,67
	Coeficiente Omega, Ω (Longitudinal)			2,5
	Capacidad de disipación de energía, R (Transversal)			5,67
Coeficiente Omega, Ω (Transversal)			2,5	

	Valor del parámetro, Ct (Longitudinal)	0,049
	Valor del parámetro, Ct (Transversal)	0,049
	Valor del parámetro, Alfa (Longitudinal)	0,75
	Valor del parámetro, Alfa (Transversal)	0,75
	Periodo fundamental $T_a=Ct*h^{(Alfa)}$ (Longitudinal)	0,516
	Periodo fundamental $T_a=Ct*h^{(Alfa)}$ (Transversal)	0,516
	Valor de la constante, Fv	1,55
	Valor de la constante, Fa	1,15
	Valor del parámetro, Cu	1,285
	Constante, $T_o=(0,1*Av*Fv)/(Aa*Fa)$	0,13
	Constante, $T_c=(0,48*Av*Fv)/(Aa*Fa)$	0,65
	Constante, $T_L=2,4*Fv$	3,72
	Periodo, T software (Longitudinal)	0,486
	Periodo, T software (Transversal)	0,611
	Periodo, T (Longitudinal)	0,486
	Periodo, T (Transvesal)	0,611
Dirección longitudinal	Valor de Sa calculada con Ta	0,791
	Valor de Sa calculada con T	0,791
Dirección transversal	Valor de Sa calculada con Ta	0,791
	Valor de Sa calculada con T	0,791
	Valor de la cnstante, K (Longitudinal)	1,00
	Valor de la cnstante, K (Transversal)	1,06
Dirección longitudinal	Cortante basal, $V_s=g*M*Sa$ (kN)	30528,3
	Vs calculada al 80% (Regular)	24422,7
	Vs calculada al 90% (Irregular)	27475,5
Dirección transversal	Cortante basal, $V_s=g*M*Sa$ (kN)	30528,3
	Vs calculada al 80% (Regular)	24422,7
	Vs calculada al 90% (Irregular)	27475,5

Anexo D. Control de derivas de la estructura en material de concreto.

Columna	Altura de piso (mm)	Deriva en "X"			Deriva en "Y"			Chequeo
		Δx (mm)	δx (mm)	% de deriva	Δy (mm)	δy (mm)	% de deriva	
2A	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,2	1,2	0,04%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	4,3	3,1	0,10%	1,9	1,3	0,04%	
	3850	21,8	17,5	0,46%	16,4	14,4	0,38%	
	3850	48,6	26,9	0,70%	37,2	20,9	0,54%	
	3850	81,0	32,4	0,84%	60,9	23,7	0,62%	
2B	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,2	1,2	0,04%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	4,3	3,1	0,10%	1,9	1,3	0,04%	
	3850	21,8	17,5	0,46%	14,5	12,6	0,33%	
	3850	48,6	26,9	0,70%	32,8	18,3	0,48%	
	3850	81,0	32,4	0,84%	53,6	20,8	0,54%	
	3850	116,8	35,8	0,93%	75,2	21,6	0,56%	
	3850	153,7	37,0	0,96%	96,3	21,1	0,55%	
	3850	190,2	36,5	0,95%	116,2	19,9	0,52%	
2C	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,2	1,2	0,04%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	4,3	3,1	0,10%	1,9	1,3	0,04%	
2E	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,2	1,2	0,04%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	4,3	3,1	0,10%	1,9	1,3	0,04%	
	3850	21,8	17,5	0,46%	15,3	13,4	0,35%	
	3850	48,6	26,9	0,70%	36,1	20,8	0,54%	
	3850	81,0	32,4	0,84%	60,4	24,3	0,63%	
	3850	116,8	35,8	0,93%	85,9	25,5	0,66%	
	3850	153,7	37,0	0,96%	110,7	24,8	0,65%	
	3850	190,2	36,5	0,95%	134,0	23,3	0,61%	
2F	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE

Columna	Altura de piso (mm)	Deriva en "X"			Deriva en "Y"			Chequeo
		Δx (mm)	$\bar{\delta} x$ (mm)	% de deriva	Δy (mm)	$\bar{\delta} y$ (mm)	% de deriva	
	3000	1,2	1,2	0,04%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	4,3	3,1	0,10%	1,9	1,4	0,05%	
	3850	21,8	17,5	0,46%	16,6	14,7	0,38%	
	3850	48,6	26,9	0,70%	39,6	23,1	0,60%	
	3850	81,0	32,4	0,84%	66,8	27,1	0,71%	

3A	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,2	1,2	0,04%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	4,1	3,0	0,10%	1,9	1,3	0,04%	
	3850	21,0	16,8	0,44%	16,4	14,4	0,38%	
	3850	46,8	25,8	0,67%	37,2	20,9	0,54%	
	3850	77,9	31,1	0,81%	60,9	23,7	0,62%	

3B	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,2	1,2	0,04%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	4,1	3,0	0,10%	1,9	1,3	0,04%	
	3850	21,0	16,8	0,44%	14,5	12,6	0,33%	
	3850	46,8	25,8	0,67%	32,8	18,3	0,48%	
	3850	77,9	31,1	0,81%	53,6	20,8	0,54%	
	3850	112,2	34,4	0,89%	75,2	21,6	0,56%	
	3850	147,8	35,5	0,93%	96,3	21,1	0,55%	
	3850	182,9	35,1	0,91%	116,2	19,9	0,52%	

3F	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,2	1,2	0,04%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	4,1	3,0	0,10%	1,9	1,4	0,05%	
	3850	21,0	16,8	0,44%	16,6	14,7	0,38%	
	3850	46,8	25,8	0,67%	39,6	23,1	0,60%	
	3850	77,9	31,1	0,81%	66,8	27,1	0,71%	

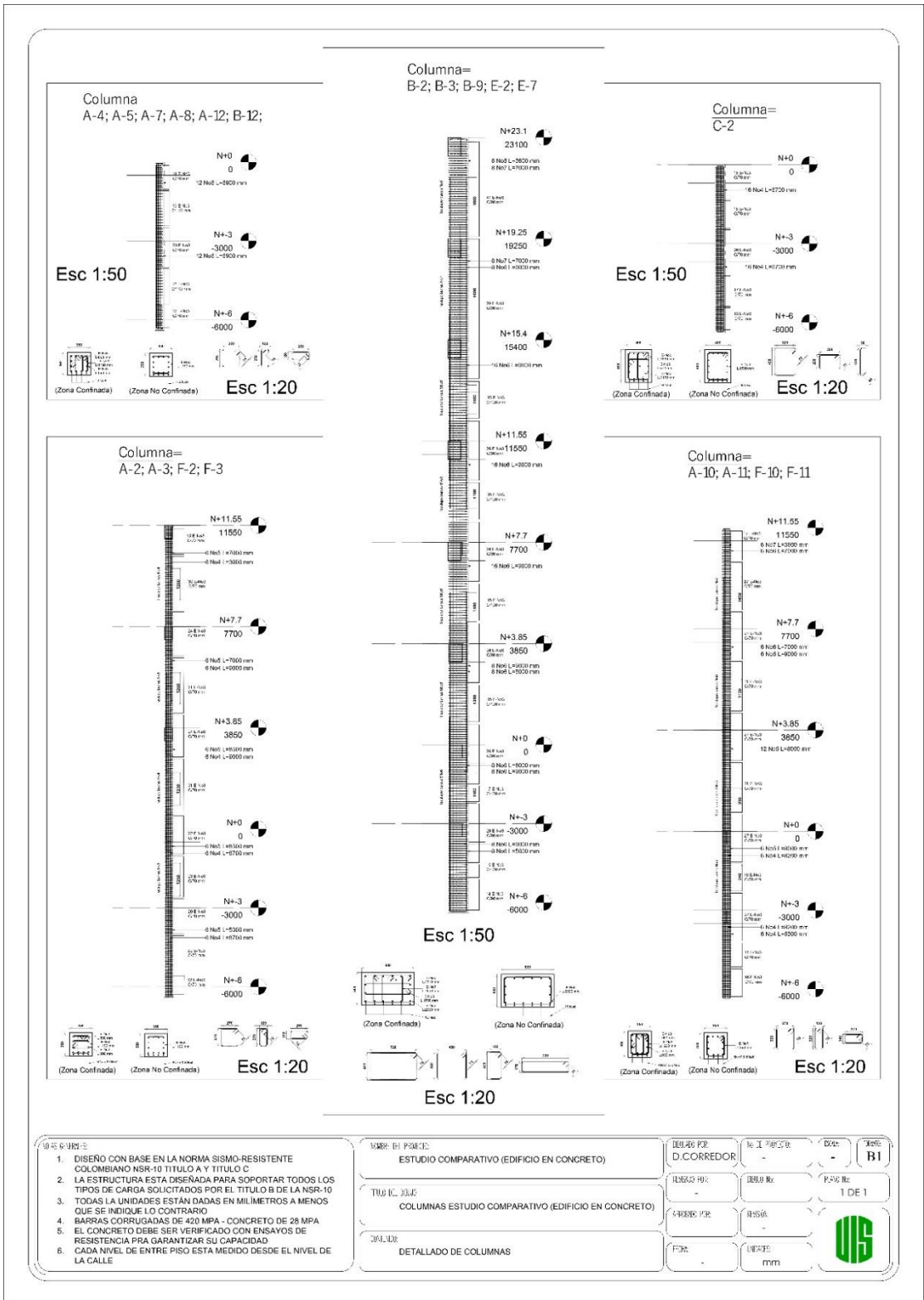
4A	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,1	1,1	0,04%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	4,0	2,9	0,10%	1,9	1,3	0,04%	

4F	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,1	1,1	0,04%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	4,0	2,9	0,10%	1,9	1,4	0,05%	

Columna	Altura de piso (mm)	Deriva en "X"			Deriva en "Y"			Chequeo
		Δx (mm)	$\bar{\delta} x$ (mm)	% de deriva	Δy (mm)	$\bar{\delta} y$ (mm)	% de deriva	
5A	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,1	1,1	0,04%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	3,9	2,8	0,09%	1,9	1,3	0,04%	
5F	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,1	1,1	0,04%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	3,9	2,8	0,09%	1,9	1,4	0,05%	
7A	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,1	1,1	0,04%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	3,8	2,7	0,09%	1,9	1,3	0,04%	
7E	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,1	1,1	0,04%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	3,8	2,7	0,09%	1,9	1,3	0,04%	
	3850	19,0	15,1	0,39%	15,3	13,4	0,35%	
	3850	42,0	23,1	0,60%	36,1	20,8	0,54%	
	3850	69,9	27,9	0,73%	60,4	24,3	0,63%	
	3850	100,7	30,8	0,80%	85,9	25,5	0,66%	
	3850	132,5	31,8	0,83%	110,7	24,8	0,65%	
	3850	164,2	31,6	0,82%	134,0	23,3	0,61%	
7F	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,1	1,1	0,04%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	3,8	2,7	0,09%	1,9	1,4	0,05%	
8A	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,0	1,0	0,03%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	3,7	2,7	0,09%	1,9	1,3	0,04%	
8F	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,0	1,0	0,03%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	3,7	2,7	0,09%	1,9	1,4	0,05%	
9B	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,0	1,0	0,03%	0,6	0,6	0,02%	

Columna	Altura de piso (mm)	Deriva en "X"			Deriva en "Y"			Chequeo
		Δx (mm)	$\bar{\delta} x$ (mm)	% de deriva	Δy (mm)	$\bar{\delta} y$ (mm)	% de deriva	
	3000	3,7	2,6	0,09%	1,9	1,3	0,04%	
	3850	18,1	14,5	0,38%	14,5	12,6	0,33%	
	3850	40,1	22,0	0,57%	32,8	18,3	0,48%	
	3850	66,8	26,7	0,69%	53,6	20,8	0,54%	
	3850	96,2	29,4	0,77%	75,2	21,6	0,56%	
	3850	126,5	30,4	0,79%	96,3	21,1	0,55%	
	3850	156,8	30,2	0,79%	116,2	19,9	0,52%	
10A	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,0	1,0	0,03%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	3,6	2,6	0,09%	1,9	1,3	0,04%	
	3850	17,8	14,2	0,37%	16,4	14,4	0,38%	
	3850	39,5	21,6	0,56%	37,2	20,9	0,54%	
	3850	65,7	26,2	0,68%	60,9	23,7	0,62%	
10F	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,0	1,0	0,03%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	3,6	2,6	0,09%	1,9	1,4	0,05%	
	3850	17,8	14,2	0,37%	16,6	14,7	0,38%	
	3850	39,5	21,6	0,56%	39,6	23,1	0,60%	
	3850	65,7	26,2	0,68%	66,8	27,1	0,71%	
11A	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,0	1,0	0,03%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	3,5	2,5	0,08%	1,9	1,3	0,04%	
	3850	17,4	13,9	0,36%	16,4	14,4	0,38%	
	3850	38,4	21,1	0,55%	37,2	20,9	0,54%	
	3850	64,0	25,6	0,67%	60,9	23,7	0,62%	
11F	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	1,0	1,0	0,03%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	3,5	2,5	0,08%	1,9	1,4	0,05%	
	3850	17,4	13,9	0,36%	16,6	14,7	0,38%	
	3850	38,4	21,1	0,55%	39,6	23,1	0,60%	
	3850	64,0	25,6	0,67%	66,8	27,1	0,71%	
12A	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE

Columna	Altura de piso (mm)	Deriva en "X"			Deriva en "Y"			Chequeo
		Δx (mm)	δx (mm)	% de deriva	Δy (mm)	δy (mm)	% de deriva	
	3000	0,9	0,9	0,03%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	3,4	2,4	0,08%	1,9	1,3	0,04%	
12B	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	0,9	0,9	0,03%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	3,4	2,4	0,08%	1,9	1,3	0,04%	
12C'	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	0,9	0,9	0,03%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	3,4	2,4	0,08%	1,9	1,3	0,04%	
12E	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	0,9	0,9	0,03%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	3,4	2,4	0,08%	1,9	1,3	0,04%	
12F	0	0,0	0,0	0,00%	0,0	0,0	0,00%	CUMPLE
	3000	0,9	0,9	0,03%	0,6	0,6	0,02%	
	3000	3,4	2,4	0,08%	1,9	1,4	0,05%	



1. DISEÑO CON BASE EN LA NORMA SISMO-RESISTENTE COLOMBIANO NSR-10 TITULO A Y TITULO C
2. LA ESTRUCTURA ESTA DISEÑADA PARA SOPORTAR TODOS LOS TIPOS DE CARGA SOLICITADOS POR EL TITULO B DE LA NSR-10
3. TODAS LA UNIDADES ESTAN DADAS EN MILIMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO
4. BARRAS CORRUGADAS DE 420 MPA - CONCRETO DE 28 MPA
5. EL CONCRETO DEBE SER VERIFICADO CON ENSAYOS DE RESISTENCIA PRA GARANTIZAR SU CAPACIDAD
6. CADA NIVEL DE ENTRE PISO ESTA MEDIDO DESDE EL NIVEL DE LA CALLE

PROYECTO: ESTUDIO COMPARATIVO (EDIFICIO EN CONCRETO)

TITULO: COLUMNAS ESTUDIO COMPARATIVO (EDIFICIO EN CONCRETO)

FECHA: DETALLADO DE COLUMNAS

DE DISEÑADO POR: D.CORREDOR

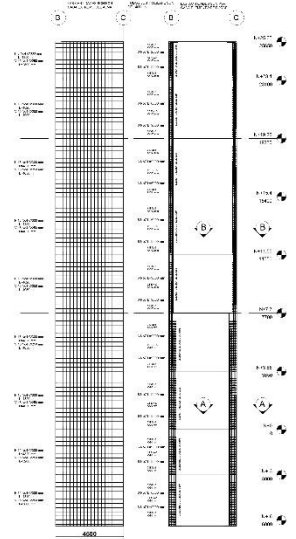
DE DISEÑADO POR: D.CORREDOR

ESCALA: 1 DE 1

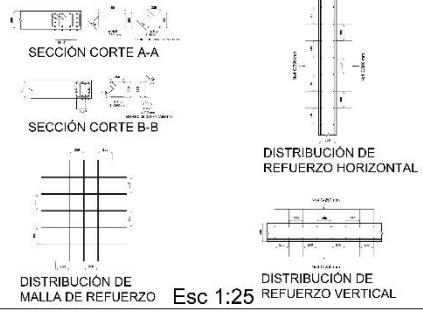
UNIDADES: mm

DETALLES COLUMNAS

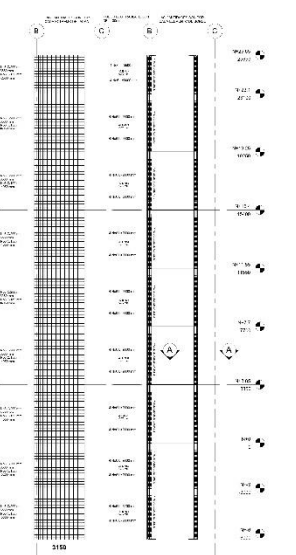
Muro 7 = Lije 4: B-C (4500x300)
 Muro 8 = Lije 5: B-C (4500x300)



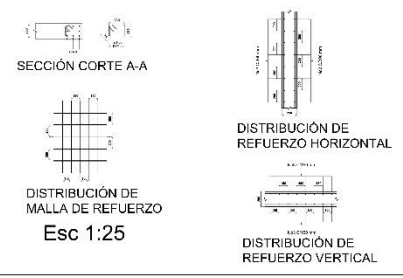
Esc 1:100



Muro 9 = Lije 6: B-C (3150x250)
 Muro 10 = Lije 7: B-C (3150x250)



Esc 1:100



NOTAS

1. DISEÑO CON BASE EN LA NORMA SINI-PRONTEC O NBR 1674 Y TÍTULO C.
2. LA S.E.C. JNA ESTA DISEÑADA PARA SUFIRIR DE CARGAS DETERMINADAS POR EL TÍTULO B DE LA NORMA.
3. TODAS LAS UNIDADES ESTÁN EN EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES.
4. LAS BARRAS TIPO GADAS DE 420 MPa CONCRETO DE 25 MPa.
5. EL CONCRETO DEBE SER VERIFICADO CON ENSAYOS DE RESISTENCIA PARA GARANTIZAR SU CAPACIDAD.
6. PARA NIVEL DE FINES DE ESTA MEMORIA EN EL NIVEL DE LA CALLE.

VERIFICACION
 VERIFICADO POR: []
 ELABORADO POR: []

PROYECTO
 NOMBRE: []
 UBICACION: []
 TIPO DE OBRA: []
 ESTADO: []

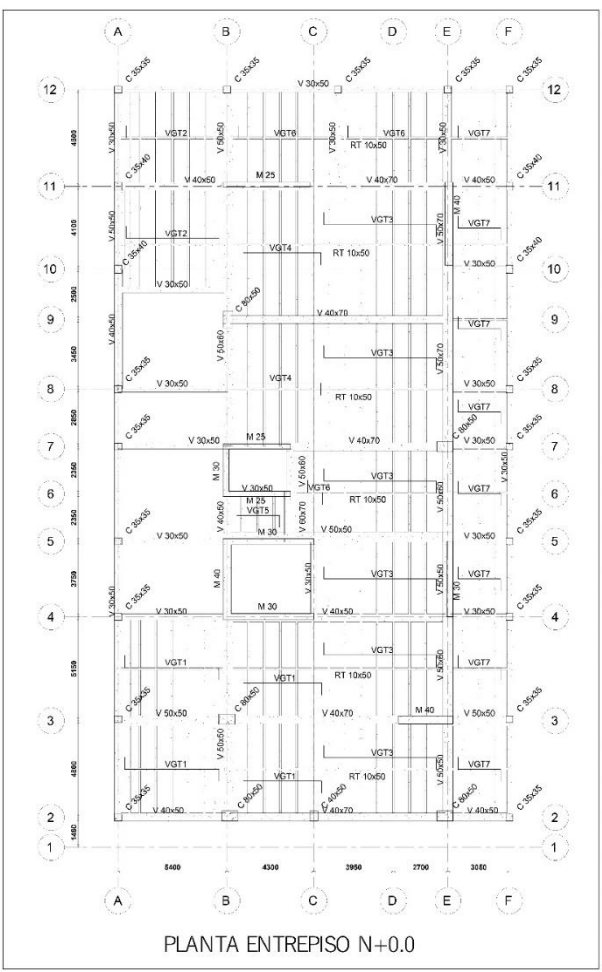
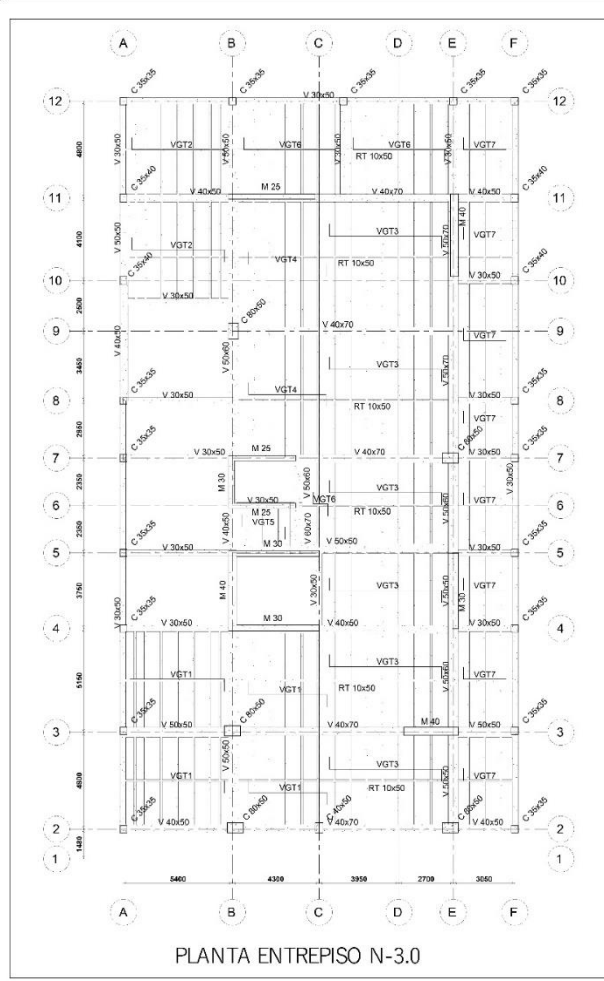
OTROS
 OBSERVACIONES: []

LEGENDA
 MATERIAL: []
 COLOR: []
 TIPO: []

ESCALAS
 1:100
 1:25

LOGO

DETALLES MUROS 3



NOTAS GENERALES:

1. DISEÑO CON BASE EN LA NORMA SCS-00 RESISTENTE COLUMBIANA NSR-10 TÍTULO A Y TÍTULO C.
2. LA ESTRUCTURA ES A DISTANCIA PARA SOSTENER MUEBLES LIGEROS DE CARGA SUELTOS POR F TÍTULO B DE LA NSR-10.
3. TODAS LAS UNIDADES ESTÁN DADAS EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
4. BARRAS CORROIDAS DE 420 MPa - CONCRETO DE 28 MPa.
5. EL CONCRETO DEBE SER VERIFICADO CON ENSAYOS DE RESISTENCIA PARA GARANTIZAR SU CAPACIDAD CADA NIVEL DE FIN DE PISO ES A MEDIDA DESDE EL NIVEL DE LA CALLE.

NOTA 91 PROYECTO:

ESTUDIO COMPARATIVO EFICIENTE EN CONCRETO.

TÍTULO DEL PROYECTO:

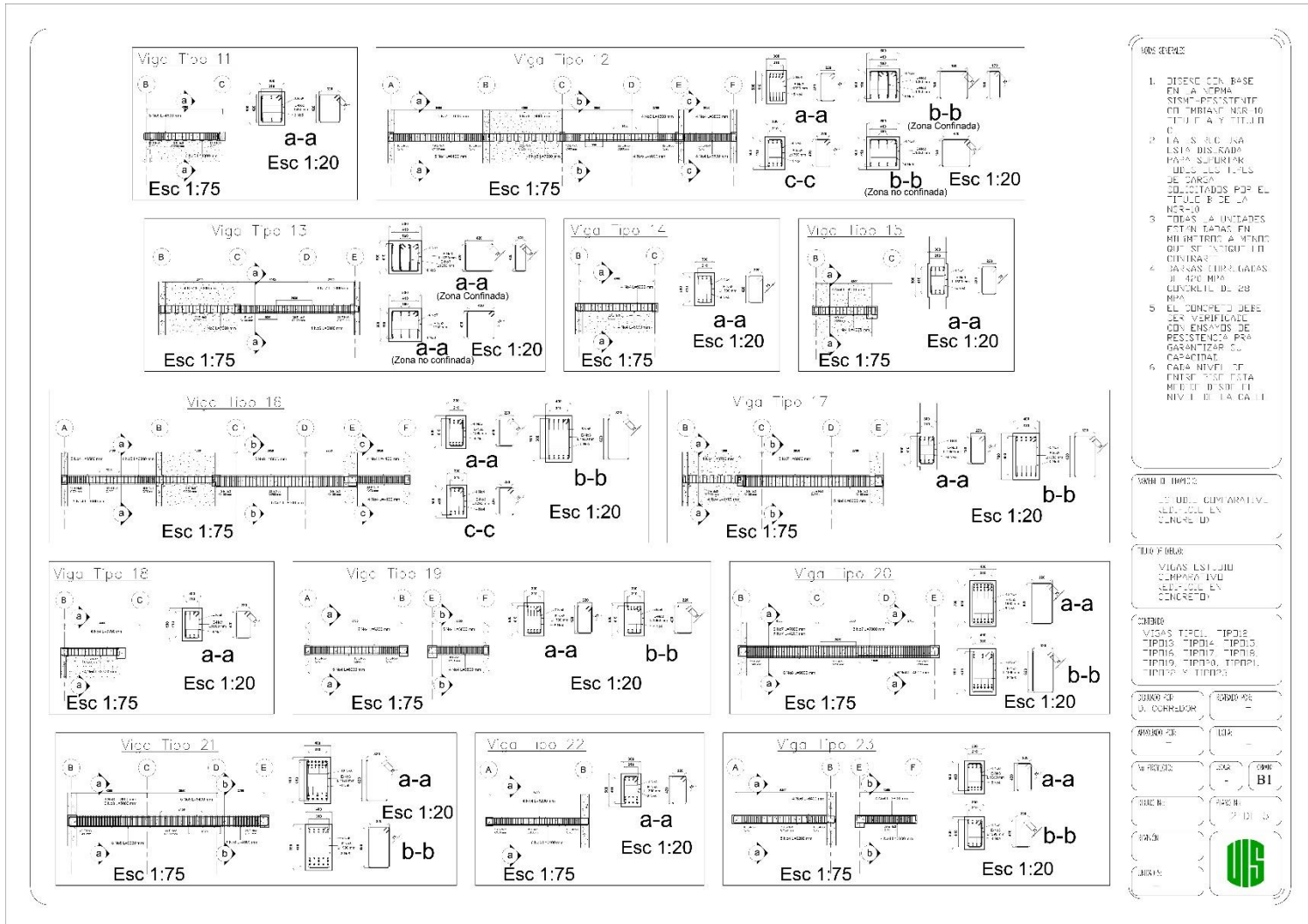
PLANES PLANTA ESQUEMA COMPARATIVO EFICIENTE EN CONCRETO.

CONTENIDO:

PLANES PLANTA N+0.0 Y PLANTA N-3.0

DISEÑADO POR:	D. CORREDOR	REVISADO POR:	D. CORREDOR
APROBADO POR:	D. CORREDOR	FECHA:	1 DE 4
N.º PROYECTO:	-	ESCALA:	1:75
BOLETÍN:	-	PROYECTO:	B1
ESQUEMA:	-	FECHA:	1 DE 4
INDICACIONES:	-		

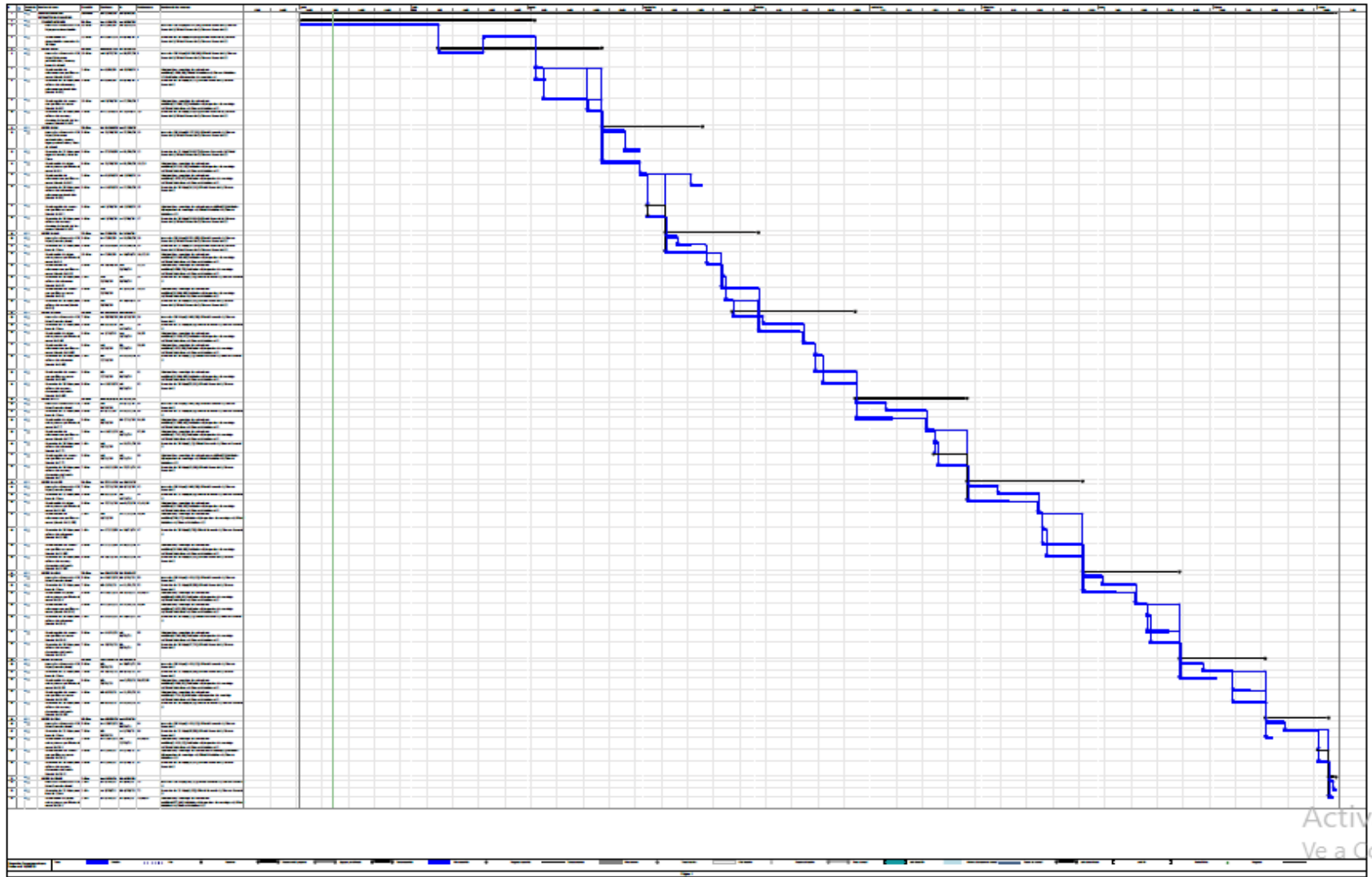
DETALLES PLANTA 1



- NOTAS:**
1. DISEÑO CON BASE EN LA NORMA SISMOPROTECTORA CHILINA NCR-10 (TITULO Y TITULO C)
 2. LA S.R.C. HA LEÍDO Y VERIFICADO ESTOS DISEÑOS PARA SU USO EN LOS TIPOS DE CARGA INDICADAS POR EL TÍTULO B DE LA NCR-10
 3. TODAS LAS UNIDADES ESTABLECIDAS EN EL MANEJO A MENOS QUE SE INDIQUE OINDICAR
 4. LAS BARRAS TIPO BARRAS # 420 HAN CONCRETIL DE 28 MPa
 5. EL CONCRETO DEBE SER VERIFICADO CON ENSAYOS DE RESISTENCIA PARA GARANTIZAR SU CAPACIDAD
 6. PARA NIVEL DE ENTRE SUELO EL NIVEL DE LA CILLA
- VERSIÓN DISEÑO:**
- CON UNO DE LOS SIGUIENTES NIVELES EN CONCRETO:
- TIPO FIBRA:**
- VIGAS LSI (L) O COMPRESIVAS (C) EN CONCRETO
- CUBOS:**
- VIGAS TIPO 1, TIPO 2, TIPO 3, TIPO 4, TIPO 5, TIPO 6, TIPO 7, TIPO 8, TIPO 9, TIPO 10, TIPO 11, TIPO 12 Y TIPO 13
- TIPO DE DISEÑO:**
- TIPO 1: DISEÑO DE DISEÑO
- TIPO 2: DISEÑO DE DISEÑO
- TIPO 3: DISEÑO DE DISEÑO
- TIPO 4: DISEÑO DE DISEÑO
- TIPO 5: DISEÑO DE DISEÑO
- TIPO 6: DISEÑO DE DISEÑO
- TIPO 7: DISEÑO DE DISEÑO
- TIPO 8: DISEÑO DE DISEÑO
- TIPO 9: DISEÑO DE DISEÑO
- TIPO 10: DISEÑO DE DISEÑO
- TIPO 11: DISEÑO DE DISEÑO
- TIPO 12: DISEÑO DE DISEÑO
- TIPO 13: DISEÑO DE DISEÑO
- VERSIÓN:**
- VERSIÓN 1
- LOGO:**
-

DETALLES VIGA 2

Anexo F. Programación de obra para la estructura en acero.



Anexo G. Programación de obra para la estructura en concreto.

