



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“RESPUESTA ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO CON PERFILES METÁLICOS EMBEBIDOS EN NUDOS EN LIMA, PERÚ - 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Luis Alfredo Verastegui Chuquilin

Asesor:

Ing. Dr. Omar Demetrio Tello Malpartida

Lima - Perú

2020

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a Dios, a mis padres, a mis hermanos, a mi novia y a mis maestros. Puesto que cada uno de ellos ha sido parte fundamental en mi desarrollo como persona y profesional. Cada uno de ellos han sido parte fundamental para escribir la presente Tesis ya que, con su apoyo constante, sus enseñanzas, sus ánimos han sido los principales protagonistas de este sueño alcanzado.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento es para Dios, mis padres, mis hermanos, mi novia y maestros. Porque gracias a su apoyo, sus enseñanzas, su motivación pude concluir con el presente trabajo.

INDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	12
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	15
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	39
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	778
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	99
REFERENCIAS.....	105
ANEXOS.....	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Límites para la distorsión del entrepiso	31
Tabla 2 Dimensiones de los elementos del Edificio de 14 pisos	42
Tabla 3 Metrado de cargas del Edificio de 14 pisos	42
Tabla 4 Evaluación de irregularidad por piso blando en el eje X.....	44
Tabla 5 Evaluación de irregularidad por piso blando en el eje Y	45
Tabla 6 Evaluación de irregularidad por torsión en el eje X	46
Tabla 7 Evaluación de irregularidad por torsión en el eje Y	46
Tabla 8 Factores del Análisis Estático en el Edificio de 14 pisos sin reforzar Finales.....	47
Tabla 9 Cortantes y Momentos en las vigas sin refuerzo de los nudos seleccionados	52
Tabla 10 Carga axial en las columnas sin refuerzo de los nudos seleccionados	52
Tabla 11 Características de los perfiles metálicos H seleccionados	54
Tabla 12 Comprobación del 1% del área total del elemento con el área del perfil metálico H....	54
Tabla 13 Factores del Análisis Estático en el Edificio de 14 pisos reforzado con perfiles metálicos H	57
Tabla 14 Cortantes y Momentos en las vigas con perfil metálico H de los nudos seleccionados	60
Tabla 15 Carga axial en las columnas con perfil metálico H de los nudos seleccionados	60
Tabla 16 Características de los perfiles metálicos tubulares cuadrados seleccionados	62
Tabla 17 Comprobación del 1% del área total del elemento con el área del perfil metálico tubular cuadrado	62
Tabla 18 Factores del Análisis Estático Estructura reforzada con perfiles metálicos tubulares cuadrados	65

Tabla 19 Cortantes y Momentos en las vigas con perfil metálico tubular cuadrado de los nudos seleccionados	67
Tabla 20 Carga axial en las columnas con perfil metálico tubular cuadrado de los nudos seleccionados	68
Tabla 21 Características de los perfiles metálicos tubulares rectángulos seleccionados	70
Tabla 22 Comprobación del 1% del área total del elemento con el área del perfil metálico tubular rectángulo.....	70
Tabla 23 Factores del Análisis Estático Estructura reforzada con perfiles metálicos tubulares rectángulos	72
Tabla 24 Cortantes y Momentos en las vigas con perfil metálico tubular rectángulo de los nudos seleccionados	76
Tabla 25 Carga axial en las columnas con perfil metálico tubular rectángulo de los nudos seleccionados	76
Tabla 26 Periodo fundamental final de cada modelo evaluado en el eje X y eje Y	78
Tabla 27 Cortante basal final de cada modelo evaluado en el eje X y eje Y	79
Tabla 28 Aceleraciones de entrepiso de los modelos evaluados en el eje X	81
Tabla 29 Aceleraciones de entrepiso de los modelos evaluados en el eje Y	81
Tabla 30 Esfuerzo cortante de los nudos seleccionados del modelo sin refuerzo	87
Tabla 31 Esfuerzo cortante de los nudos seleccionados del modelo con perfil metálico H	87
Tabla 32 Esfuerzo cortante de los nudos seleccionados del modelo con perfil metálico tubular cuadrado	88
Tabla 33 Esfuerzo cortante de los nudos seleccionados del modelo con perfil metálico tubular rectángulo.....	88

Tabla 34 Esfuerzo a flexión de los nudos seleccionados del modelo sin refuerzo	90
Tabla 35 Esfuerzo a flexión de los nudos seleccionados del modelo con perfil metálico H.....	91
Tabla 36 Esfuerzo a flexión de los nudos seleccionados del modelo con perfil metálico tubular cuadrado	91
Tabla 37 Esfuerzo a flexión de los nudos seleccionados del modelo con perfil metálico tubular rectángulo.....	92
Tabla 38 Esfuerzo axial de los nudos seleccionados del modelo sin refuerzo	95
Tabla 39 Esfuerzo axial de los nudos seleccionados del modelo con perfil metálico H	95
Tabla 40 Esfuerzo axial de los nudos seleccionados del modelo con perfil metálico tubular cuadrado	96
Tabla 41 Esfuerzo axial de los nudos seleccionados del modelo con perfil metálico tubular rectángulo.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Edificación colapsada en Ica – 2007	16
Figura 2 :Nudo interior	27
Figura 3:Nudo exterior.....	27
Figura 4: Nudo esquinero.....	27
Figura 5: Configuración de vigas deformadas, con y sin acción compuesta	34
Figura 6: Columnas compuestas acero - concreto perfiles de acero embebidos en concreto reforzado	35
Figura 7: Columnas compuestas acero - concreto perfiles rellenos de concreto.	35
Figura 8: Vigas compuestas típicas.....	36
Figura 9: Columnas compuestas típicas.....	36
Figura 10: Modelo del Edificio de 14 pisos.....	43
Figura 11: Vista en planta de modelo de Edificio de 14 pisos.....	44
Figura 12: Espectro de aceleraciones Zona 4 y suelo Tipo S2	48
Figura 13: Análisis estático vs análisis dinámico en la estructura de 14 pisos sin reforzar	49
Figura 14: Introducción de envolvente de combinaciones de carga en ETABS.....	50
Figura 15: Nudos seleccionados del techo 01 para evaluación.....	50
Figura 16: DMF y DFC de viga sin refuerzo Techo 01	51
Figura 17: Diagrama de carga axial en columna Techo 01 eje 1	51
Figura 18: Definición del Acero ASTM A36 en ETABS.....	53
Figura 19: Definición de columna de 75x75 reforzada con perfil metálico H	55
Figura 20: Definición de columna de 40x90 reforzada con perfil metálico H	55
Figura 21: Definición de columna de 30x60 reforzada con perfil metálico H	55

Figura 22: Modelo del Edificio de 14 pisos reforzado con perfiles metálicos H	56
Figura 23: Análisis estático vs análisis dinámico en la estructura de 14 pisos reforzada con perfiles metálicos H	57
Figura 24: Nudos seleccionados en la estructura de 14 pisos reforzada con perfil H	58
Figura 25: DMF y DFC de viga con perfil metálico H embebido Techo 01	59
Figura 26: Diagrama de carga axial en columna con perfil metálico H embebido Techo 01.....	59
Figura 27: Definición del Acero ASTM A500 en ETABS.....	61
Figura 28: Definición de columna de 75x75 reforzada con perfil metálico tubular cuadrado	63
Figura 29: Definición de columna de 40x90 reforzada con perfil metálico tubular cuadrado	63
Figura 30: Definición de columna de 30x60 reforzada con perfil metálico tubular cuadrado	63
Figura 31: Modelo del Edificio de 14 pisos reforzado con perfiles metálicos tubulares cuadrados	64
Figura 32: Análisis estático vs análisis dinámico en la estructura de 14 pisos reforzada con perfiles metálicos tubulares cuadrados	65
Figura 33: Nudos seleccionados en la estructura de 14 pisos reforzada con perfil tubular cuadrado	66
Figura 34: DMF y DFC de viga con perfil metálico tubular cuadrado embebido Techo 01	67
Figura 35: Diagrama de carga axial en columna con perfil metálico tubular cuadrado embebido Techo 01.....	67
Figura 36: Definición del Acero ASTM A500 en ETABS.....	69
Figura 37: Definición de columna de 75x75 reforzada con perfil metálico tubular cuadrado	71
Figura 38: Definición de columna de 40x90 reforzada con perfil metálico tubular rectángulo ...	71
Figura 39: Definición de columna de 30x60 reforzada con perfil metálico tubular rectángulo ...	71

Figura 40: Modelo del Edificio de 14 pisos reforzado con perfiles metálicos tubulares rectángulos	72
Figura 41: Análisis estático vs análisis dinámico en la estructura de 14 pisos reforzada con perfiles metálicos tubulares rectángulos	73
Figura 42: Nudos seleccionados en la estructura de 14 pisos reforzada con perfil tubular rectángulo.....	74
Figura 43: DMF y DFC de viga con perfil metálico tubular rectángulo embebido Techo 01	75
Figura 44: Diagrama de carga axial en columna con perfil metálico tubular rectángulo embebido Techo 01.....	75
Figura 45: Porcentajes del Periodo fundamental final de cada modelo evaluado en el eje X y eje Y	78
Figura 46: Porcentajes de Cortante basal final de cada modelo evaluado en el eje X y eje Y	80
Figura 47: Distorsiones de entrepiso finales del modelo sin reforzar en el eje X y eje Y	83
Figura 48: Distorsiones de entrepiso finales del modelo con perfil metálico H en el eje X y eje Y	83
Figura 49: Distorsiones de entrepiso finales del modelo con perfil metálico tubular cuadrado en el eje X y eje Y.....	84
Figura 50: Distorsiones de entrepiso finales del modelo con perfil metálico tubular rectángulo en el eje X y eje Y.....	84
Figura 51: Porcentajes de las distorsiones de entrepiso finales de los modelos reforzados en el eje X.....	85
Figura 52: Porcentajes de las distorsiones de entrepiso finales de los modelos reforzados en el eje Y.....	85

Figura 53: Porcentaje Promedio de Distorsiones en el eje X y en el eje Y	86
Figura 54: Porcentajes de los esfuerzos cortantes en los nudos seleccionados	89
Figura 55: Porcentaje promedio de Esfuerzo Cortante por Estructura	89
Figura 56: Porcentajes de los esfuerzos a flexión en tracción de los nudos seleccionados	92
Figura 57: Porcentajes de los esfuerzos a flexión en compresión de los nudos seleccionados	93
Figura 58: Porcentaje promedio de Esfuerzo a Flexión en Tracción por Estructura	93
Figura 59: Porcentaje promedio de Esfuerzo a Flexión en Compresión por Estructura.....	94
Figura 60: Porcentajes de los esfuerzos axiales de los nudos seleccionados.....	97
Figura 61: Porcentaje promedio de Esfuerzo Axial por Estructura	97

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Fuerza cortante en la base	28
Ecuación 2 Distribución de la fuerza sísmica	29
Ecuación 3 Factor de distribución de la fuerza sísmica	29
Ecuación 4 Periodo fundamental de vibración	29
Ecuación 5 Aceleración espectral	30
Ecuación 6 Respuesta máxima elástica.....	30
Ecuación 7 Fuerza cortante mínima.....	30
Ecuación 8 Resistencia requerida con CM y CV	31
Ecuación 9 Resistencia requerida con CM, CV y CS	32
Ecuación 10 Resistencia requerida con CM y CS	32
Ecuación 11 Cuantía mínima de refuerzo longitudinal.....	37
Ecuación 12 Periodo de vibración	37
Ecuación 13 Esfuerzo cortante.....	37
Ecuación 14 Esfuerzo cortante para secciones rectangulares	38
Ecuación 15 Esfuerzo normal máximo causado por el momento flexionante	38
Ecuación 16 Esfuerzo normal promedio.....	38

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la respuesta estructural de edificios de concreto armado con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima-Perú. Para el desarrollo de la tesis se trabajó con un edificio de concreto armado de 14 pisos y 2 sótanos del cual se creó 4 modelos en el programa ETABS. El primer modelo (modelo patrón) se hizo sin perfiles metálicos. Los otros 3 modelos restantes se reforzaron con perfil metálico H, tubular cuadrado y tubular rectángulo. A estos modelos se les aplicó un análisis estático y dinámico modal espectral para generar resultados. Los resultados se dividieron en parámetros globales y locales para así determinar la respuesta estructural del edificio. De los parámetros globales y locales los mejores resultados son del modelo con perfil metálico H donde con relación a su periodo fundamental se redujo en X 1.41% y en Y 3%, su fuerza cortante aumento en X 2.27% y en Y 4.1%, sus aceleraciones de entrepiso mantuvieron su valor con escasa variación, sus distorsiones de entrepiso disminuyeron en X 1.86% y en Y 3.54% , sus esfuerzos a cortante, flexión en tracción, flexión en compresión, axiales, aumentaron su valor en 4.36%, 10.24%, 9.08% y 4.25% respectivamente. Como conclusión de los resultados ya descritos se determinó que la respuesta estructural del edificio de concreto armado con perfiles metálicos embebidos en nudos mejora a nivel global y local. Además, el reforzamiento más adecuado es el de perfil metálico H puesto que en relación a cada uno de los parámetros evaluados se obtuvo mejores resultados.

Palabras clave: Perfiles metálicos embebidos, respuesta estructural, nudos, análisis.

ABSTRACT

The present research aimed to determine the structural response of reinforced concrete buildings with metal profiles embedded in nodes in Lima-Peru. For the development of the thesis, we worked with a 14-story reinforced concrete building and 2 basements of which 4 models were created in the ETABS program. The first model (standard model) was made without metal profiles. The other 3 remaining models were reinforced with H metal profile, square tubular and rectangle tubular. A static and dynamic modal spectral analysis was applied to these models to generate results. The results were divided into global and local parameters to determine the structural response of the building. From the global and local parameters, the best results are from the model with metal profile H where, in relation to its fundamental period, it decreased by X 1.41% and in Y 3%, its shear force increased by X 2.27% and in Y 4.1%, its Mezzanine accelerations maintained their value with little variation, their interfloor distortions decreased by X 1.86% and Y 3.54%, their shear stresses, bending in traction, bending in compression, axial, increased their value by 4.36%, 10.24%, 9.08% and 4.25% respectively. As a conclusion to the results already described, it was determined that the structural response of the reinforced concrete building with metal profiles embedded in nodes improves at a global and local level. In addition, the most suitable reinforcement is that of the metal profile H since in relation to each of the evaluated parameters, better results were obtained.

Key words: Embedded metal profiles, structural response, nodes, analysis

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En el mundo a lo largo de la historia se han suscitado distintos desastres naturales y uno de los más graves o que causan mayor impacto en la sociedad son los terremotos. Estos causan diversos daños a nuestras estructuras haciendo que estas lleguen al colapso causando pérdidas de vidas humanas, económicas y estructurales. Uno de los aspectos al que se debería dar mayor importancia para evitar o brindar mayor resistencia y ductilidad a nuestras edificaciones son a los nudos viga columna de las estructuras ya que como menciona la norma American Concrete Institute (2017), cuando se refuerza un soporte en una estructura, un aspecto de suma importancia es el tratamiento del nudo viga-soporte (o forjado-soporte).

Esto es así, ya que en numerosas ocasiones esta es la zona que condiciona el comportamiento del soporte reforzado. Y también como nos muestran varios informes en Tehuacán (México) de 15-06-1999 según la revista Earthquake Engineering Research Institute (EERI) (1999a), Atenas (Grecia) de 7-09-1999 (EERI, 1999b), y Chi-Chi (Taiwán) de 21-09-1999 (EERI, 1999c) que los terremotos causaron daños en los nudos de las estructuras además, muchos de los daños severos y/o colapso observados en los edificios de hormigón armado durante sismos, tales como, por ejemplo: Asnam (1980) México (1985), San Salvador (1986) y Loma Prieta (1989), entre otros, fueron producidos por el fallo de las conexiones viga-columna (Paulay y Priestley, 1992).

En nuestra realidad se sabe que el Perú se encuentra ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, por lo cual este se convierte en una zona de alto potencial sísmico, cuya concentración representa el 80% de la actividad sísmica mundial (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2010). La historia sísmica del Perú es muy amplia, cuyas consecuencias han sido devastadoras, trayendo consigo víctimas mortales, heridos, damnificados, edificaciones colapsadas.

Su acción sísmica es producida por la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, teniendo como un claro ejemplo el catastrófico sismo del año 1970, más conocido como “El Terremoto del 70”, con una magnitud de 7.9 en la Escala de Richter, el cual fue el más destructivo en la historia del Perú, no solo por la magnitud sino también por la cantidad de pérdidas humanas que afectó la región ancashina y varias provincias de los departamentos de Huánuco, el norte de Lima y La Libertad.

Otro evento catastrófico sucedió un 15 de agosto del 2007, a las 6:40 p.m., en Pisco (Ica) donde se registró otro de los terremotos más destructivos de la historia del Perú. Según el Instituto Nacional de Defensa Civil, este sismo causó daños en Ica, Lima, Ayacucho, Huancavelica y Junín. El terremoto dejó más de 434 mil damnificados, la mayoría en Ica; 221 mil personas se vieron afectadas, 52 mil viviendas se derrumbaron y 596 personas fallecieron producto del derrumbe de los edificios. Varios tramos de la Panamericana Sur fueron destruidos por el movimiento, el cual provocó también la caída de un puente y el colapso de los servicios de agua, luz, teléfono e internet en varias zonas del país. Asimismo, la torre y buena parte del techo de la iglesia de Luren se vio afectada (El Comercio, 2019)



Figura 1: Edificación colapsada en Ica – 2007

Fuente: (El Comercio, 2019)

Entonces como se puede ver actualmente y décadas atrás se observó numerosos daños en estructuras de concreto armado luego de eventos sísmicos de gran importancia, llegando a dejar

fuera de servicio a estas o peor aún colapsar repentinamente. Las principales causas que provocan el fallo estructural son: existencia de columnas cortas, discontinuidad de elementos verticales, diferencia de rigidez entre elementos estructurales o entre plantas y por último la falta de armado transversal en la zona del nudo. También tenemos que tener en cuenta que en el Perú muchas estructuras son hechas de albañilería confinada y concreto armado, esto depende de la zona sísmica en que se ubique cada región del país. Además, gran parte de las estructuras de la costa y sierra peruana están expuestas a movimientos sísmicos que varían de leves a muy severos, el inconveniente es que estas no son concebidas de manera adecuada originando fallas frágiles en algún momento inesperado. Y como ya se expuso uno de los aspectos en los que se debe reforzar una estructura son los nudos viga columna para poder brindarles mayor rigidez, resistencia y ductilidad. Si se procede de esa manera se podrá evitar dichas fallas frágiles que traen consigo el colapso de nuestras edificaciones con las posteriores pérdidas de vidas humanas, económicas y estructurales.

El uso de perfiles metálicos embebidos no es una idea nueva ya que se viene aplicando en otros países pero que no se ha difundido de manera global. Sobre todo, el campo más estudiado y aplicado son los elementos compuestos donde si se han realizado construcciones reforzando las estructuras en su totalidad con perfiles metálicos embebidos, pero estas en costo aumentan por el uso del acero para generar los elementos mixtos. Entonces al reforzar únicamente los nudos se puede disminuir el costo total de una estructura a comparación si se reforzara en su totalidad tal como menciona (Montava, 2017) “Las estructuras de hormigón armado reforzadas con perfiles metálicos embebidos reducen el coste global de la estructura a igualdad de resistencia, ductilidad y seguridad frente al colapso de la estructura en caso de sismo”

La presente investigación tiene por finalidad determinar la respuesta estructural de un edificio de concreto armado de 14 pisos con dos sótanos reforzado con perfiles metálicos embebidos en los nudos viga columna para poder ver qué resultados se obtiene. Esto se realizará con el uso del programa ETABS.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la respuesta estructural de edificios de concreto armado con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima, Perú-2020?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la respuesta estructural de edificios de concreto armado a nivel global con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima, Perú-2020?
- ¿Cuál es la respuesta estructural de edificios de concreto armado a nivel local con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima, Perú-2020?

1.3. Justificación

La presente investigación se realizó debido a la necesidad de investigar sobre posibles nuevas alternativas de construcción en la ingeniería civil. Por esto se planteó una metodología de reforzamiento únicamente de los nudos viga-columnas de las estructuras de concreto armado para poder determinar qué respuesta estructural nos genera. Esta idea no es propia, se adquirió el interés de investigar sobre este tema en la investigación de (Montava,2017), donde en su investigación se realizaron ensayos para poder ver cómo se comportan los nudos reforzados con perfiles metálicos embebidos ante cargas, aunque solo se analiza un tipo de nudo.

Otro motivo por el cual se realizó la presente investigación es porque se sabe que el Perú se encuentra en el Cinturón de Fuego del Pacífico, por lo cual este se convierte en una zona de alto

potencial sísmico, cuya concentración representa el 80% de la actividad sísmica mundial (OPS, 2010). Entonces es de necesidad que nuestras estructuras puedan presentar mejor respuesta estructural ante eventos sísmicos y la presente investigación busca ello que si bien solo se ha realizado el análisis en una estructura de muestra, esto servirá como base para poder seguir investigando sobre la metodología de reforzamiento con perfiles metálicos en los nudos viga columna.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la respuesta estructural de edificios de concreto armado con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima, Perú-2020

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la respuesta estructural de edificios de concreto armado a nivel global con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima, Perú-2020.
- Determinar la respuesta estructural de edificios de concreto armado a nivel local con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima, Perú-2020.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La respuesta estructural de edificios de concreto armado mejora notablemente con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima, Perú-2020

1.5.2. Hipótesis específicas

- La respuesta estructural de edificios de concreto armado mejora a nivel global con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima, Perú-2020.

- La respuesta estructural de edificios de concreto armado mejora a nivel local con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima, Perú-2020.

1.6. Antecedentes

Según Gallego (2011), en su artículo “El concreto y los terremotos” concluye que, el buen comportamiento sísmico de las estructuras de concreto nace de los nudos que deben llevar el mayor confinamiento por refuerzo de estribos posible. Si se garantiza la integridad de todos los nudos de la estructura, en especial los de los primeros pisos, en lo que concierne a la sección de las columnas del nudo, es probable que una estructura sobreviva.

Según Martínez, Álvarez y Fundora (2015), en su artículo “Uniones viga-columna continuas de hormigón armado prefabricado: apuntes sobre su comportamiento” concluyo que, el empleo de pórticos con uniones viga-columna continuas constituye una ventaja tanto estructural como desde el punto de vista de consumo de materiales y representa, además, seguridad adicional a la estructura frente a la acción de cargas horizontales. A medida que el comportamiento de la unión viga columna prefabricada se aleje de la deseada como monolítica, el daño a los pórticos producido por la acción de cargas horizontales será mayor. Una adecuada realización de la unión prefabricada puede llegar a brindar un comportamiento tan eficiente frente a cargas horizontales como las realizadas in situ.

Según Ruiz (2013), en su investigación “Estudio experimental de nudos interiores viga-columna de entramados de hormigón armado con detalles no-dúctiles, con columnas reforzadas mediante angulares y presillas de acero, sometidos a cargas cíclicas” concluyo que, el comportamiento de los nudos viga columna está muy condicionado por las cargas que actúan sobre ellos. Muchas investigaciones obvian el efecto de las cargas gravitatorias sobre las vigas, y en otras sí las tienen en cuenta, pero no consiguen controlar su valor durante el ensayo.

Según Montava (2017), en su investigación “Estudio del comportamiento de estructuras de hormigón armado con perfiles metálicos completamente embebidos” concluye que, el uso de perfiles metálicos completamente embebidos en los nudos de las estructuras de hormigón armado mejora considerablemente la ductilidad y la resistencia de las estructuras de hormigón, permitiendo un mejor comportamiento frente a solicitaciones que requieren absorción de energía sin pérdida drástica de resistencia y un ahorro al reducir las barras de armadura a colocar en estas estructuras.

Según Tapia (2016), en su investigación “Estudio de uniones viga columna reforzadas con CFRP en estructuras de hasta cuatro pisos de alto, modelación de una unión en Matlab, y ensayo práctico de una unión” concluyo que, el refuerzo de uniones viga-columna permite incrementar la resistencia del nudo, evitando fallas por cortante horizontal y vertical, además retrasando el deterioro por falta de adherencia del acero.

Según Cevallos y Rodríguez (2016), en su investigación “Comparación técnica y económica del diseño de una estructura mixta con respecto a una convencional de concreto reforzado” concluyó que, rellenar un perfil metálico estructural de concreto, mejora considerablemente su respuesta frente a las deformaciones, y específicamente las correspondientes a efectos de pandeo lateral. Adicionalmente, el relleno de concreto hace que se aumente de manera considerable la rigidez, resistencia y ductilidad de la sección.

Según Mohite, Joshi y Deulkar (2015), en su investigación “Comparative Analysis of RCC and Steel-Concrete-Composite (B+G+11 Storey) Building) concluyen que, la respuesta general de la estructura compuesta es mejor que la estructura RCC, es decir, la estructura compuesta produce menos desplazamiento, resiste más fuerzas /acción de la estructura.

Según Pandey (2017), en su investigación “Comparative design and analysis of multi-storey RCC and composite structures” concluyo que, A partir de los diversos análisis realizados y los

resultados obtenidos, se puede ver que la estructura compuesta es mejor en términos de peso propio; sin embargo, en caso de desviación del piso, la estructura compuesta es inferior a la estructura RCC debido a la naturaleza de tracción de los elementos de acero utilizados en las columnas de la estructura.

Según Pandey (2014), en su investigación “Comparative Seismic Analysis of RCC, Steel and Steel-Concrete Composite Frame” concluye que, la cortante basal para la estructura RCC es máximo porque el peso de la estructura RCC es mayor que el del acero y la estructura compuesta. La cortante basal se reduce en un 40% para la estructura compuesta y un 45% para la estructura de acero en comparación con la estructura RCC.

Según Kumawat y Kalurkar (2014), en su investigación “Static & Dynamic Analysis of Multistory Building using Composite Structure”, se encuentra que la deriva lateral para la estructura compuesta se reduce entre un 35% a 50% y entre un 27% a 38%, en las direcciones transversal y longitudinal, respectivamente, en el análisis estático lineal. En el análisis dinámico lineal, la deriva lateral se reduce entre un 42% a 50% y entre un 37% a 48%, en las direcciones transversal y longitudinal, respectivamente, que la de la estructura RCC.

Según Wagh y Waghe (2014), en su investigación “Comparative Study of R.C.C and Steel Concrete Composite Structures” concluye que, bajo consideración de terremoto debido a las características inherentes de ductilidad, la estructura compuesta de acero y hormigón se desempeña mejor que una estructura RCC.

Según Charantimath, Cholekar y Birje (2014), en su investigación “Comparative Study on Structural Parameter of R.C.C and Composite Building” concluyo que, los desplazamientos nodales en una estructura compuesta, por ambos métodos de análisis sísmico, en comparación con

una estructura R.C.C. en las tres direcciones globales son menores, lo que se debe a la mayor rigidez de los miembros en una estructura compuesta en comparación con una estructura RCC.

Según Panchal y Marathe (2011), en su investigación “Comparative Study of R.C.C, Steel and Composite (G + 30 Storey) Building” concluyo que, los momentos flectores en las vigas secundarias aumentan en promedio 83,3% en la estructura de acero y reducido en promedio 48% en la estructura compuesta en comparación con la estructura R.C.C. mientras que en las vigas principales los momentos flectores se incrementan 131% en la estructura de acero y se incrementan en promedio 117% en la estructura compuesta en comparación con la estructura R.C.C.

Según Balachandra y Ravi (2018), en su investigación “Comparative Study on Vertical Irregular Composite Structure” concluyo que, en estructuras irregulares la aceleración máxima es casi la misma para todo tipo de estructuras compuestas con solo un 2% más que la estructura R.C.C.

Según Patil y Suryanarayama (2015), en su investigación “Analysis of G+15 RCC and Composite Structure having a Soft Storey at Ground Level by Response Spectrum and Equivalent Static Methods using ETABS 2013” concluyo que, la distorsión de entrepiso se reduce en estructuras compuestas comparación con la estructura R.C.C, porque las estructuras compuestas tienen mayor rigidez que la estructura R.C.C.

1.7. Bases Teóricas

1.7.1. Definición de Términos

Respuesta Estructural de edificios.

El término respuesta se utiliza en un sentido general para incluir cualquier cantidad de respuesta, como desplazamiento, la velocidad o la aceleración de la masa; también, una fuerza interna o el esfuerzo interno en la estructura. (Chopra, 2014)

Perfiles metálicos embebidos.

Es una lámina de acero que se encuentra recubierta por concreto, el cual le provee restricción de pandeo al perfil y protección contra el fuego. (Adaptado de Cházaro, 2019)

Parámetros Globales

Son los resultados obtenidos de forma global con el análisis sísmico aplicado al edificio de concreto armado como los periodos fundamentales, aceleraciones de entrepiso, cortante basal y distorsiones de entrepiso. (Adaptado de Noguera, 2018)

Parámetros Locales

Son los resultados obtenidos de manera local del análisis sísmico aplicado al edificio de concreto armado como los esfuerzos cortantes, esfuerzos a flexión y esfuerzos axiales. (Adaptado de Noguera, 2018)

Periodo Fundamental

El periodo fundamental de vibrar de un edificio es un parámetro clave para el diseño sísmico de una estructura; en el caso de construcciones existentes es un valor que puede ayudar a determinar las condiciones actuales de seguridad estructural. (Peralta, Sánchez y Arroyo, 2014)

Cortante basal

Fuerza total de diseño por cargas laterales, aplicada en la base de la estructura, resultado de la acción del sismo de diseño con o sin reducción. (Monografías, 2020)

Aceleración de entrepiso

Es la aceleración máxima por piso obtenida de los resultados del análisis sísmico aplicado al edificio de concreto armado. (Adaptado de CAPECO, 2018)

Distorsión de entrepiso

Es el cociente entre la diferencia de desplazamientos laterales de dos niveles consecutivos de la estructura entre la altura de dicho entrepiso. (Adaptado de CAPECO, 2018)

Esfuerzo cortante

Esfuerzo cortante que se desarrolla a lo largo de un elemento estructural que es sometido a cargas transversales, que es igual al esfuerzo cortante vertical en ese mismo punto. También llamado esfuerzo cortante horizontal o longitudinal. (Diccionario de Arquitectura y Construcción, 2020)

Esfuerzo de flexión

Es la combinación de las fuerzas de tracción y de compresión que se desarrollan en la sección transversal de un elemento estructural para resistir una fuerza transversal. (Diccionario de Arquitectura y Construcción, 2020)

Esfuerzo axial

Esfuerzo que es perpendicular al plano sobre el que se aplica la fuerza de tracción o compresión, que es distribuido de manera uniforme por toda su superficie. También llamado esfuerzo normal. (Diccionario de Arquitectura y Construcción, 2020)

Perfil metálico H

Producto laminado en caliente con sección en forma de "H" (con alas paralelas), de calidad estructural en cumplimiento con las normas ASTM A36. (Aceros Arequipa, 2020)

Perfil metálico tubular cuadrado y rectángulo

Tubo fabricado con acero al carbono laminado en caliente o con superficie galvanizada, utilizando el sistema de soldadura de resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW). Las secciones de fabricación son redondas, cuadradas y rectangulares. (Aceros Arequipa, 2016)

Vibración

Una vibración es el movimiento periódico de un cuerpo o sistema de cuerpos conectados desplazados de una posición de equilibrio (Hibbeler, 2016a)

Uniones Viga Columna

Un nudo se define como la parte de la columna que está dentro de la altura de la viga o vigas que se unen a ella. El nudo, al igual que las vigas, las columnas y la cimentación, conforman el sistema de resistencia sísmica de una estructura. (Rochel, 2012)

Los nudos son secciones muy críticas en un sistema estructural ya que a través de ellos se transmite las fuerzas de un elemento a otro, además, esta eficiencia depende del detallado de estos. En la mayoría de los planos de construcción se omite el detallado de las uniones y se deja al criterio del constructor, esto influye en el adecuado comportamiento de la estructura. (Rochel, 2012)

En los recientes sismos como el de México en 1985, el de San Salvador en 1986, el de Loma Prieta en 1989, en de Los Ángeles en 1994, el de Kobe en 1995, el de Colombia en 1999 y el de Haití en 2010 se han evidenciado fallas por corte y por anclaje en las uniones viga- columna. El diseño y detallado depende de su ubicación dentro de la estructura y de la demanda de ductilidad del sistema. (Rochel, 2012)

1.7.2. Tipología de Nudos

Se tienen tres tipos de unión viga columna, cuyo factor γ (gama) para control de resistencia al cortante varía. (American Concrete Institute (ACI318, 2019)

Nudo interior: Confinado por vigas en las cuatro caras $\gamma=5.3$. En la figura 2 se puede ver el detalle de un nudo interior e interior de cubierta. (ACI318, 2019)

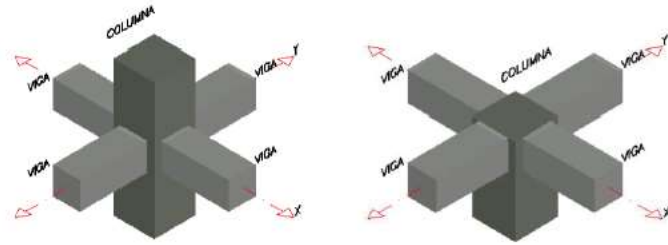


Figura 2 :Nudo interior

Fuente: (Tapia, 2016)

Nudo exterior: Confinado por vigas en tres caras, o dos caras opuestas $\gamma=4$. En la figura 3 e puede ver el detalle de un nudo exterior y exterior de cubierta. (ACI318, 2019)

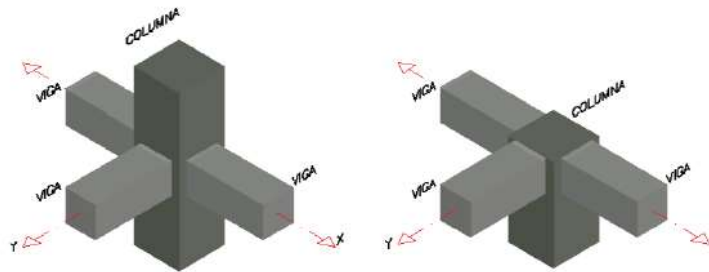


Figura 3:Nudo exterior

Fuente: (Tapia, 2016)

Nudo esquinero: No confinado u otros casos $\gamma= 3.2$ En la figura 4 se puede ver el detalle de un nudo esquinero y esquinero de cubierta. (ACI318, 2019)

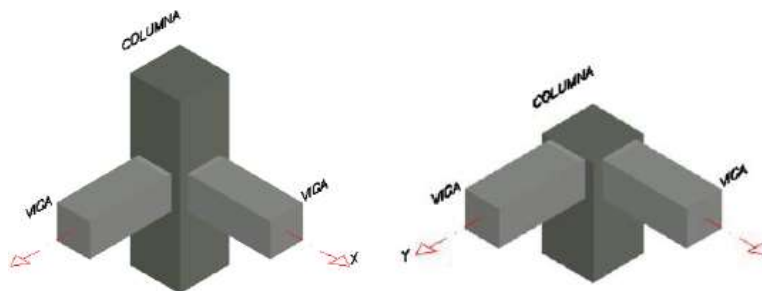


Figura 4: Nudo esquinero

Fuente: (Tapia, 2016)

1.7.3. Análisis Sísmico

1.7.3.1. Análisis Estático o de Fuerzas Equivalentes

Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas que actúan en el centro de masas de cada nivel de la edificación. Mediante este procedimiento podrán analizarse todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1.

En las otras zonas sísmicas puede emplearse este procedimiento para las estructuras clasificadas como regulares de no más de 30m de altura, para las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares (Cámara Peruana de la Construcción (E-030), 2018)

Fuerza Cortante en la Base

La fuerza cortante en la base de una edificación representa la fuerza de sísmica horizontal, y que depende de diversos parámetros: (E-030, 2018)

$$V = \frac{ZUCS}{R} P \dots \text{Ecuación 1}$$

Donde:

V: Fuerza Cortante en la base

Z: Factor de Zona

U: Factor de Uso de la Edificación

C: Factor de Amplificación Sísmica

S: Factor del Suelo

R: Factor de Reducción Sísmica

P: Peso Total de la Estructura

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

La norma sísmica E.030, menciona que, para distribuir la fuerza cortante en altura, se debe considerar las siguientes fórmulas: (E-030, 2018)

$$F_i = \alpha_i \cdot V \dots \text{Ecuación 2}$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k} \dots \text{Ecuación 3}$$

Periodo Fundamental de Vibración

El periodo fundamental de vibración de una estructura representa el tiempo máximo que tarda una edificación en completar un ciclo. La norma E-030 (2018) indica que se estimará con la siguiente expresión.

$$T = \frac{h_n}{C_T} \dots \text{Ecuación 4}$$

Donde:

h_n : Altura total de la estructura

C_T : Coeficiente que depende del sistema estructural.

1.7.3.2. Análisis Sísmico Dinámico

El análisis de cualquier estructura puede hacerse empleando el análisis dinámico, este proceso puede ser mediante combinación espectral que es para edificaciones convencionales o análisis tiempo- historia para edificaciones especiales. (E-030, 2018)

Análisis Dinámico Modal Espectral

Modos de Vibración

Son las distintas formas de vibrar ante cargas dinámicas que, en la eventualidad de un terremoto, pueden afectar la misma en mayor o menor intensidad. La norma E.030 (2018) indica que, en cada dirección de análisis, se considerarán aquellos modos de vibración cuya

suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa total, pero deberá tomarse en cuenta los tres primeros modos predominantes.

Aceleración Espectral

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de poseído aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot g \dots \text{Ecuación 5}$$

Criterios de Combinación

Mediante los criterios de combinación que se indican, se podrá obtener la respuesta máxima elástica esperada (r) tanto para las fuerzas internas en los elementos componentes de la estructura, como para los parámetros globales del edificio como fuerza cortante en la base, cortantes de entrepiso, momentos de volteo, desplazamientos totales y relativos de entrepiso (E-030, 2018).

La respuesta máxima elástica esperada (r) correspondiente al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados, podrá determinarse usando la combinación cuadrática completa:

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \cdot p_{ij} \cdot r_i} \dots \text{Ecuación 6}$$

Fuerza Cortante Mínima

La norma E-030 (2018) indica que, para cada dirección de análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80% del valor calculado para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructurales.

$$\% = \frac{V_{Dinámica}}{V_{Estática}} * 100\% \dots \text{Ecuación 7}$$

Desplazamientos laterales

Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0,75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0,85 R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico. (E-030, 2018)

Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considerarán los valores mínimos de C/R indicados en la norma. (E-030, 2018)

Tabla 1

Límites para la distorsión del entrepiso

Material Predominante	(Δ_i/h_{ei})
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (E-030, 2018)

Requisitos generales de resistencia

Resistencia Requerida

La resistencia requerida para cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV) será como mínimo: (Cámara Peruana de la Construcción (E-060),2009)

$$U = 1.4 CM + 1.7 CV \dots \text{Ecuación 8}$$

Si en el diseño se tuvieran que considerar cargas de sismo (CS), además de lo indicado para carga muerta y viva, la resistencia requerida será como mínimo: (E-060,2009)

$$U = 1.25 (CM + CV) \pm CS \dots \text{Ecuación 9}$$

$$U = 0.9CM \pm CS \dots \text{Ecuación 10}$$

1.7.4. Construcción compuesta

El término “Construcción compuesta” es aplicable tanto al caso de elementos estructurales compuestos de acero y concreto reforzado en que ambos materiales trabajan conjuntamente, (aunque el concreto reforzado ya por si solo se puede hablar de construcción compuesta). (Cházaro,2019)

Ventajas principales de la construcción compuesta

Optimización del material: Dado que el sistema trabajará en conjunto, la denominada capa de compresión en un sistema de piso, así como la propia columna reforzada con varilla permiten que la cantidad de acero estructural o de alta resistencia y baja aleación sea menor para cubrir las solicitaciones.

Claros libres más grandes: Ciertamente por el uso del sistema, compuesto podremos cubrir longitudes más amplias con menor cantidad de acero, sin embargo, es importante cuidar las solicitaciones de servicio ya que un sistema de este tipo puede ser vulnerable a vibraciones excesivas.

Mayor resistencia a la corrosión: Como el perfil metálico queda ahogado en el concreto puede disminuir la velocidad de corrosión atmosférica debido a la falta de reposición del oxígeno y a la nula inclusión de agua lo cual produce el fenómeno de oxidación y corrosión.

Mayor resistencia a incendios: Del mismo modo al punto anterior, en ocasiones se necesita que la protección contra fuego sea de un cierto número de horas, los perfiles embebidos requieren de menos protección de este tipo ya que el concreto reforzado permite aislar el calor

por un lapso de tiempo más amplio que el de alguna pintura intumescente, esto no quiere decir que además se coloque este tipo de protección a base de pinturas.

Rapidez de construcción: Las estructuras que son exclusivamente de concreto reforzado tienden a tener un avance lento debido a que debemos esperar a que fragüe el material para continuar con los demás procesos. La construcción compuesta permite agilizar el montaje ya que lo metálico puede atornillarse y avanzar en los múltiples pisos, sin restricción de esperar a que el concreto termine su proceso de fraguado.

Menor costo de construcción: Los costos dependen en totalidad de la oferta y la demanda, aunque deberá hacerse un estudio más profundo para determinar este tema.

Desventajas de la construcción compuesta

Lograr que el concreto y el acero trabajen en conjunto requiere normalmente del uso de conectores especiales, además de trabajo adicional respecto al caso de la construcción convencional en acero o de concreto reforzado por separado. Aunque hoy en día se puede mitigar esta desventaja con el uso de canales como conectores que desarrollan la misma función que el conector especial.

Durante el proyecto, la resistencia despreciable a la tensión del concreto agrega un grado de complejidad a la hora de determinar la rigidez de los elementos estructurales. Además, el efecto de fenómenos como la fluencia lenta o creep y la retracción del concreto puede ser mayor que en el caso de estructuras de concreto reforzado.

Durante la construcción, es necesario combinar dos especialidades (construcción en concreto reforzado y construcción en acero), trabajando al mismo tiempo, lo que complica la programación y ejecución de la obra. En este caso, cada día somos más especialistas en este tipo de construcción y esta desventaja se aminora con el entendimiento de ambas partes.

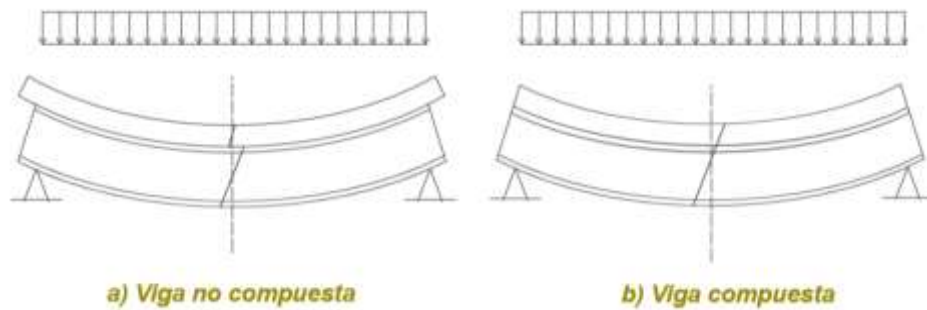


Figura 5: Configuración de vigas deformadas, con y sin acción compuesta

Fuente: (Cházaro,2019)

Tipos de construcción compuesta

La construcción compuesta puede dividirse en dos tipos principales. El primer tipo consiste en la utilización de elementos compuestos hechos de acero y concreto reforzado, en que ambos materiales responden como uno solo ante solicitaciones externas. En este caso, es necesario asegurar que las cargas pueden transmitirse del acero al concreto reforzado y viceversa con la utilización de un conector de cortante capaz de hacer dicha transmisión. (Cházaro,2019)

El segundo tipo corresponde a sistemas estructurales que combinan elementos estructurales de acero, de concreto reforzado, e incluso compuestos de tipo 1, los que se conectan entre sí para resistir las solicitaciones que obran en la estructura. Sistemas mixtos combinados con sistemas compuestos. (Cházaro,2019)

De acuerdo con su configuración:

Secciones huecas o “I” rellenas o embebidas en concreto reforzado

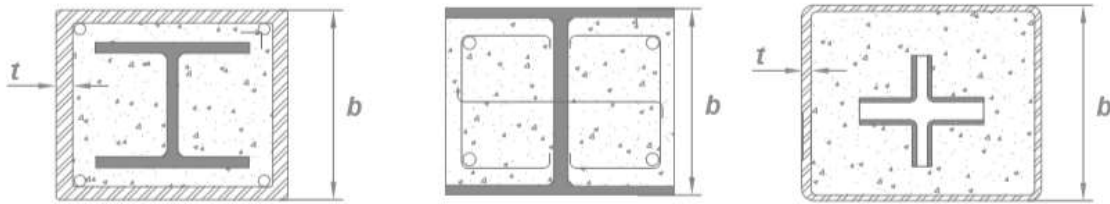


Figura 6: Columnas compuestas acero - concreto perfiles de acero embebidos en concreto reforzado

Fuente: (Cházaro,2019)



Figura 7: Columnas compuestas acero - concreto perfiles rellenos de concreto.

Fuente: (Cházaro,2019)

Perfiles de acero embebidos en concreto: Un perfil de acero o una lámina de acero acanalada que está total o parcialmente rodeada de concreto reforzado. Puede estar adherida o no al concreto circundante. El concreto restringe el pandeo local del perfil de acero y provee protección contra el fuego. (Cházaro,2019)

Perfiles tubulares de acero rellenos de concreto: Perfiles rectangulares, cuadrados o circulares que se rellenan de concreto. No requieren cimbra y si bien no están recubiertos por el concreto, el relleno le da una mayor resistencia al fuego al actuar como disipador del calor. (Cházaro,2019)

De acuerdo con su función:

Vigas compuestas: Perfiles IR que soportan una losa de concreto reforzado, interconectados de manera que los dos materiales trabajan en conjunto. (Cházaro,2019)

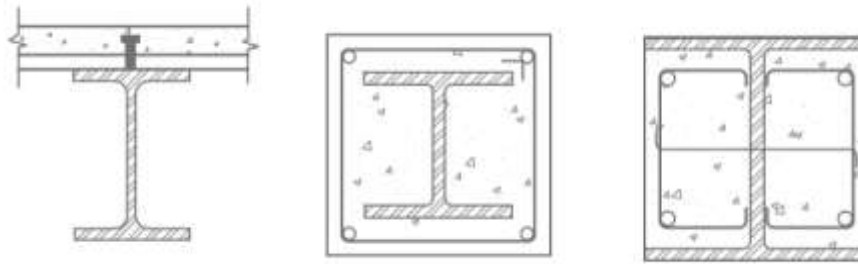


Figura 8: Vigas compuestas típicas.

Fuente: (Cházaro,2019)

Columnas compuestas

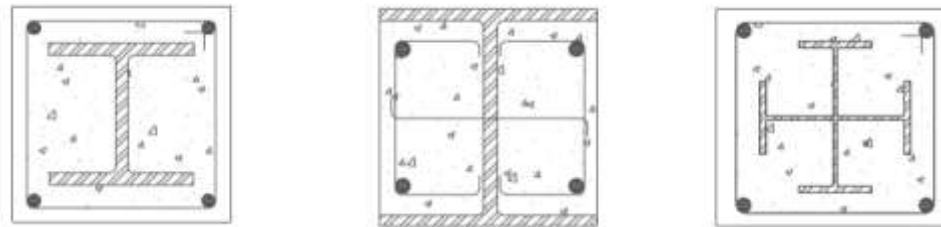


Figura 9: Columnas compuestas típicas

Fuente (Cházaro,2019)

Limitaciones de miembros compuestos embebidos

El área de la sección del núcleo de acero debe ser por lo menos el 1% de la sección compuesta total según la American Institute of Steel Construction (AISC360), (2016)

La funda de concreto que rodea al núcleo de acero debe ser reforzado con barras longitudinales continuas y armaduras transversales, materializadas como estribos, ganchos o armaduras helicoidales. Cuando se empleen ganchos, un mínimo de ya sea una barra No. 3 (10 mm) espaciada a un máximo de 12 in. (305 mm) entre trabas, o una barra No. 4 (13 mm) con un espaciamiento mayor de 16 in. (406 mm) entre trabas deberá ser empleado. Refuerzo de alambre deformado o soldado de área equivalente es permitido. (AISC360, 2016)

El espaciamiento máximo de ganchos laterales no debe exceder 0,5 veces la menor dimensión de la columna. (AISC360, 2016)

La cuantía mínima del refuerzo longitudinal continuo, ρ_{sr} , debe ser 0,004, donde ρ_{sr} es dado por: (AISC360, 2016)

$$\rho_{sr} = \frac{A_{sr}}{A_g} \dots \text{Ecuación 11}$$

Donde:

A_g = área bruta del miembro compuesto, cm^2 (mm^2)

A_{sr} = área de barras de refuerzo continuo, cm^2 (mm^2)

1.7.5. Formulas aplicadas

Fórmula del periodo de una vibración: (Hibbeler, 2016a)

$$T = 2\pi * \sqrt{\frac{m}{k}} \dots \text{Ecuación 12}$$

T = periodo de una vibración

m = masa del cuerpo de análisis.

k = rigidez del cuerpo de análisis.

Fórmula del esfuerzo cortante (Hibbeler, 2016b)

$$\tau = \frac{V*Q}{I*t} \dots \text{Ecuación 13}$$

τ = el esfuerzo cortante en el elemento, en el punto situado a una distancia Y' desde el eje neutro. Se supone que este esfuerzo es constante y, por lo tanto, se promedia en toda la anchura t del elemento.

V = la fuerza cortante resultante interna, determinada con base en el método de las secciones y las ecuaciones de equilibrio.

I = el momento de inercia de toda la sección transversal calculada respecto al eje neutro.

t = la anchura del área de la sección transversal del elemento, medida en el punto donde se determinará τ .

$Q = Y'' * A'$, donde A' es la parte superior (o inferior) del área de la sección transversal del elemento, por encima (o debajo) del plano de sección donde se mide t , Y'' es la distancia desde el eje neutro hasta el centroide de A' .

Fórmula de esfuerzo cortante para secciones rectangulares: (Hibbeler, 2016b)

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{3V}{2A} \dots \text{Ecuación 14}$$

V = Fuerza cortante resultante interna que actúa en el elemento

A = Área transversal del elemento.

Fórmula del esfuerzo normal máximo causado por el momento flexionante: (Hibbeler, 2016b)

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M * c}{I} \dots \text{Ecuación 15}$$

$\sigma_{\text{máx}}$ = el esfuerzo normal máximo en el elemento, que se produce en el punto sobre el área de la sección transversal que está más alejado del eje neutro.

M = el momento interno resultante, determinado a partir del método de las secciones y de las ecuaciones de equilibrio; se calcula respecto al eje neutro de la sección transversal.

c = la distancia perpendicular desde el eje neutro hasta el punto más alejado del eje neutro. Aquí es donde actúa $\sigma_{\text{máx}}$.

I = el momento de inercia del área de la sección transversal respecto al eje neutro.

Fórmula del esfuerzo normal promedio: (Hibbeler, 2016b)

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots \text{Ecuación 16}$$

σ = esfuerzo normal promedio en cualquier punto del área de la sección transversal.

P = fuerza normal interna resultante, que actúa a través del centroide del área de la sección transversal. P se determina usando el método de las secciones y las ecuaciones de equilibrio.

A = área de la sección transversal de la barra, donde se determina σ .

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada porque tiene como objetivo resolver un problema y cumple con la definición de la investigación aplicada que es, “Aquel tipo de estudios científicos orientados a resolver problemas de la vida cotidiana o a controlar situaciones prácticas” (Padrón, 2006).

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población

La población según Lepkowski (como se citó en Hernández,2014) es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones, en la presente investigación la población son los edificios de concreto armado en Lima – Perú.

2.2.2. Muestra

La muestra es un subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de está (Hernández,2014). En la presente investigación la muestra es un edificio de concreto armado de 14 pisos con 2 sótanos del cual se hizo su modelo patrón siguiendo los planos arquitectónicos obtenidos y además se consideró los factores necesarios para la generación de su espectro de aceleraciones según la norma (E030, 2018) para que este ubicado en Lima – Perú. Se selecciono este edificio porque para los fines de la investigación cumple con el sistema estructural, puesto que este es de concreto armado. Además, por un estudio realizado en 2014 se obtuvo como promedio mayor 12.8 pisos en los edificios de Lima-Perú (Cámara Peruana de la Construcción, 2014) y nuestro edificio tiene 14 pisos lo cual está muy cerca a dicho promedio.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información (Marian de Aguiar, 2016). Las técnicas usadas en la presente investigación son:

Técnica Documental

Esta técnica nos permitirá la recopilación de información, recurriendo para ello a documentación como planos, libros, tesis, etc.; los cuáles nos servirán como sustento durante la etapa de análisis de datos.

Técnica de Campo

Esta técnica está basada en la observación directa de nuestro objeto de estudio, así como la aplicación del análisis estático y dinámico, cuyos resultados se emplearán durante el procesamiento de datos.

2.3.2. Instrumentos de recolección de datos

Un instrumento de recolección de datos es en principio cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información (Marian de Aguiar, 2016). El instrumento seleccionado para la recolección de datos en la presente investigación son las fichas que se definen como, “Instrumentos que permiten el registro e identificación de las fuentes de información, así como el acopio de datos o evidencias”. (Mérida, 2006). Las fichas para la recolección son las siguientes.

Fichas:

- Ficha N°1 Parámetro Global - Periodo Fundamental (Ver Anexo N.º 1)
- Ficha N°2 Parámetro Global - Cortante Basal (Ver Anexo N.º 2)
- Ficha N°3 Parámetro Global - Aceleración de entrepiso (Ver Anexo N.º 3)

- Ficha N°4 Parámetro Global - Distorsión de entrepiso (Ver Anexo N.º 4)
- Ficha N°5 Parámetro Local – Esfuerzo cortante en vigas (Ver Anexo N.º 5)
- Ficha N°6 Parámetro Local – Esfuerzo a flexión en vigas (Ver Anexo N.º 6)
- Ficha N°7 Parámetro global – Esfuerzo axial en columnas (Ver Anexo N.º 7)
- Ficha Informativa ACERO ASTM A-500-03a (Grado A) (Ver Anexo N.º 8)
- Ficha Informativa ACERO ASTM A36 (Ver Anexo N.º 9)
- Ficha Técnica Tubo ASTM A500 LAC y GALV (Ver Anexo N.º 10)
- Ficha Técnica Vigas H Alas Anchas WF (Ver Anexo N.º 11)

Validación:

Juicio de expertos es un método de validación útil para verificar la fiabilidad de una investigación que se define como “una opinión informada de personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otros como expertos cualificados en éste, y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones” (Escobar y Cuervo, 2008)

- Validación 01: Experto Ing. Luis Espinoza Flor (Ver Anexo N.º 12)
- Validación 02: Experto Ing. Omar Demetrio Tello Malpartida (Ver Anexo N.º 13)
- Validación 03: Experto Ing. Heber Cahuana Cruz (Ver Anexo N.º 14)

Confiabilidad.

- Licencia del programa ETABS Evaluation (Ver Anexo N.º 15)

2.3.3. Análisis de datos

El análisis de datos consiste en la realización de las operaciones a las que el investigador someterá los datos con la finalidad de alcanzar los objetivos del estudio (Ramírez, 2013). En la presente investigación para el análisis de datos se hará uso de la estadística descriptiva ya que se hizo uso de tablas y gráficos para responder al objetivo planteado, además cumple con la

definición de la estadística descriptiva que es “la rama de la estadística que recolecta, analiza y caracteriza un conjunto de datos (peso de la población, beneficios diarios de una empresa, temperatura mensual,...) con el objetivo de describir las características y comportamientos de este conjunto mediante medidas de resumen, tablas o gráficos.” (Requena, 2014)

2.4. Procedimiento

ETAPA 01: MODELAMIENTO, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE 14 PISOS.

Se obtuvo los planos de arquitectura de un edificio de concreto armado de 14 pisos y dos sótanos. (Ver Anexo N.º16)

Previo al modelamiento se realizó el pre dimensionamiento de los elementos que tiene el edificio como lo indica la Tabla 2.

Tabla 2

Dimensiones de los elementos del Edificio de 14 pisos

ELEMENTO	DIMENSIONES
Viga en X	30x60
Viga en Y	30x60
Viga Chata	25x20
Viga de apoyo en escalera	25x40
Columna en Y	40x90
Columna en X	90x40
Columna en sótano	40x40
Columna cuadrada	75x75
Losa aligerada	e=20cm
Descanso de escalera	e=17.5cm
Losa maciza 1	e=15cm
Losa maciza 2	e=20cm
Rampa de escalera	e=25cm
Placa de ascensor, escalera	e=25cm

Fuente: Autoría propia

Después se hizo el cálculo de cargas sin considerar el peso propio de los elementos estructurales porque ello ya lo considera el ETABS como lo indica la Tabla 3.

Tabla 3

Metrado de cargas del Edificio de 14 pisos

Elemento	Carga muerta	Carga Viva
Losa aligerada (Piso Típico)	172 kg /cm ²	200 kg /cm ²
Losa aligerada (Azotea)	172 kg /cm ²	100 kg /cm ²
Losa maciza (Piso Típico)	100 kg /cm ²	200 kg /cm ²
Losa maciza (Azotea)	100 kg/cm ²	100 kg /cm ²
Losa maciza (Cuarto de máquinas)	100 kg /cm ²	1000 kg/cm ²
Viga chata	608 kg/cm ²	0
Viga de 30x60	527 kg /cm ²	180 kg /cm ² (algunos casos)

Fuente: Autoría propia

MODELAMIENTO

Se procedió a realizar el modelo en el programa ETABS guiándonos de los planos de Arquitectura considerando las dimensiones ya establecidas y las cargas calculadas.

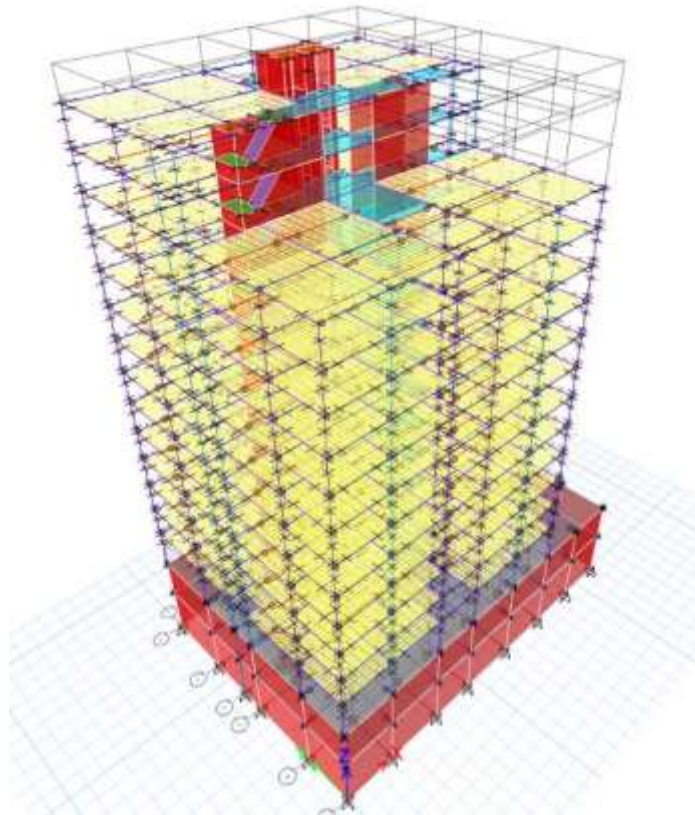


Figura 10: Modelo del Edificio de 14 pisos

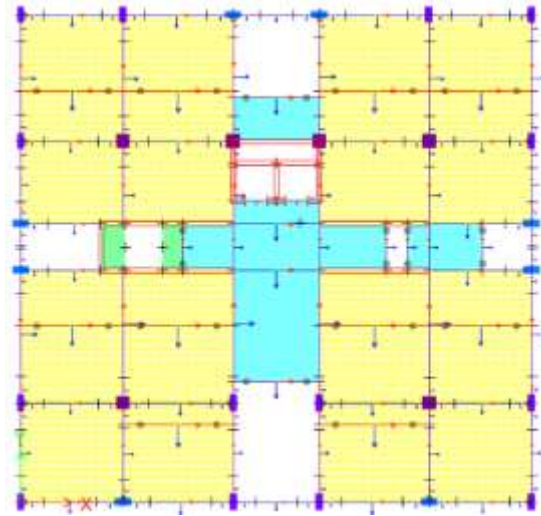


Figura 11: Vista en planta de modelo de Edificio de 14 pisos

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN

Ahora ya habiendo realizado el modelamiento se obtienen los primeros periodos fundamentales, en X es de 0.923s y en Y es de 1.561s los cuales son considerando ya la masa efectiva de 100% CM + 25%CV. Con los valores obtenidos se puede ya realizar un primer análisis estático. Para este análisis se debe evaluar las irregularidades de la estructura, pero no todas pueden ser evaluadas aún. Las irregularidades que no se pueden evaluar aún son las de Piso blando y torsión para evaluarlas se necesita someter a la estructura a sismo. Por ende, haciendo un análisis de irregularidades solo se obtiene irregularidad en altura, la de masa o peso y la geométrica vertical. Ahora para obtener los resultados finales se realiza un análisis sísmico previo sin considerar las irregularidades faltantes que vienen a ser la de piso blando en altura y la de torsión en planta. Para realizar el análisis sísmico previo se realiza un espectro previo sin considerar las irregularidades faltantes. Con esto se evalúa si hay irregularidad de piso blando y torsión como lo indica la Tabla 4, Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7.

Tabla 4

Evaluación de irregularidad por piso blando en el eje X

PISO	Rigidez de entre piso	0.7*Piso Adyacente	Ia=0.75	0.8*promedio de 3 pisos adyacentes	Ia=0.75	0.7*promedio de 3 pisos adyacentes	Ia=0.50
CM	4217.292	2952.1044	pasa	3373.8336	pasa	2952.1044	pasa
TECHO 14	30266.491	21186.5437	pasa	13793.5132	pasa	12069.32405	pasa
TECHO 13	37847.488	26493.2416	pasa	19288.33893	pasa	16877.29657	pasa
TECHO 12	54532.425	38172.6975	No pasa	32705.70773	pasa	28617.49427	pasa
TECHO 11	34896.853	24427.7971	pasa	33940.47093	No pasa	29697.91207	No pasa
TECHO 10	25209.834	17646.8838	pasa	30570.42987	No pasa	26749.12613	No pasa
TECHO 09	19501.711	13651.1977	pasa	21228.90613	No pasa	18575.29287	No pasa
TECHO 08	16855.445	11798.8115	pasa	16417.864	pasa	14365.631	pasa
TECHO 07	16774.432	11742.1024	pasa	14168.42347	pasa	12397.37053	pasa
TECHO 06	18160.03	12712.021	pasa	13810.64187	pasa	12084.31163	pasa
TECHO 05	24847.856	17393.4992	pasa	15941.95147	pasa	13949.20753	pasa
TECHO 04	33325.268	23327.6876	pasa	20355.50773	pasa	17811.06927	pasa
TECHO 03	50928.962	35650.2734	pasa	29093.8896	pasa	25457.1534	pasa
TECHO 02	61587.474	43111.2318	pasa	38891.12107	pasa	34029.73093	pasa
TECHO 01	126477.563		Si se tiene irregularidad de piso blando en X				

Fuente: Autoría propia

Tabla 5

Evaluación de irregularidad por piso blando en el eje Y

PISO	Rigidez de entre piso	0.7*Piso Adyacente	Ia=0.75	0.8*promedio de 3 pisos adyacentes	Ia=0.75	0.7*promedio de 3 pisos adyacentes	Ia=0.50
CM	2377.089	1663.9623	pasa	1901.6712	pasa	1663.9623	pasa
TECHO 14	14297.763	10008.4341	pasa	6669.9408	pasa	5836.1982	pasa
TECHO 13	17045.896	11932.1272	pasa	8992.199467	pasa	7868.174533	pasa
TECHO 12	17683.145	12378.2015	No pasa	13073.8144	No pasa	11439.5876	No pasa
TECHO 11	10698.771	7489.1397	No pasa	12114.0832	No pasa	10599.8228	No pasa
TECHO 10	6512.39	4558.673	No pasa	9305.148267	No pasa	8142.004733	No pasa
TECHO 09	4427.377	3099.1639	pasa	5770.2768	No pasa	5048.9922	No pasa
TECHO 08	3676.716	2573.7012	pasa	3897.7288	No pasa	3410.5127	pasa
TECHO 07	3775.581	2642.9067	pasa	3167.913067	pasa	2771.923933	pasa
TECHO 06	4678.227	3274.7589	pasa	3234.8064	pasa	2830.4556	pasa
TECHO 05	6561.234	4592.8638	pasa	4004.0112	pasa	3503.5098	pasa
TECHO 04	7921.471	5545.0297	pasa	5109.581867	pasa	4470.884133	pasa
TECHO 03	11508.406	8055.8842	pasa	6930.962933	pasa	6064.592567	pasa

TECHO 02 17200.439 12040.3073 pasa 9768.084267 pasa 8547.073733 pasa
TECHO 01 25723.833 Si se tiene irregularidad de piso blando en Y

Fuente: Autoría propia

Tabla 6

Evaluación de irregularidad por torsión en el eje X

PISO	Deriva		Ratio
	Máx.	Prom. Deriva	
TECHO 14	0.004087	0.003823	1.069
TECHO 13	0.004463	0.004084	1.093
TECHO 12	0.004807	0.004052	1.186
TECHO 11	0.005091	0.004359	1.168
TECHO 10	0.005341	0.004655	1.147
TECHO 09	0.005549	0.00492	1.128
TECHO 08	0.005705	0.005134	1.111
TECHO 07	0.005797	0.005276	1.099
TECHO 06	0.005804	0.005321	1.091
TECHO 05	0.005707	0.005247	1.088
TECHO 04	0.00549	0.005028	1.092
TECHO 03	0.005119	0.00464	1.103
TECHO 02	0.004589	0.004064	1.129
TECHO 01	0.003394	0.002879	1.179

Fuente: Autoría propia

Tabla 7

Evaluación de irregularidad por torsión en el eje Y

PISO	Deriva		Ratio
	Máx.	Prom. Deriva	
TECHO 14	0.005533	0.004871	1.136
TECHO 13	0.006131	0.005266	1.164
TECHO 12	0.006685	0.005635	1.186
TECHO 11	0.007596	0.006259	1.214
TECHO 10	0.008462	0.006841	1.237
TECHO 09	0.009235	0.007356	1.256
TECHO 08	0.009893	0.007783	1.271
TECHO 07	0.010432	0.008118	1.285
TECHO 06	0.010845	0.008352	1.298
TECHO 05	0.011102	0.008463	1.312
TECHO 04	0.011141	0.008404	1.326
TECHO 03	0.010839	0.008086	1.34

TECHO 02	0.01009	0.007427	1.359
TECHO 01	0.00756	0.005474	1.381

Fuente: Autoría propia

De las evaluaciones de irregularidad se observa que la estructura presenta irregularidad por piso blando extrema e irregularidad por torsión, con esto se obtiene los valores finales de irregularidad en altura (Ia) e Irregularidad en planta (Ip) los cuales vendrían a ser 0.5 y 0.75 respectivamente. Con dichos valores de irregularidad se calculó el valor final del coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R) en la estructura que es 2.25, con este se generó los factores del Análisis Estático finales (Tabla 8) y el espectro de aceleraciones final (Figura 12). Con este espectro de aceleraciones se obtiene los resultados finales del análisis sísmico estático y dinámico. Estos resultados son los periodos fundamentales, cortante basal, las aceleraciones de entrepiso y las distorsiones de entrepiso que vienen a ser los parámetros globales de la estructura.

Tabla 8

Factores del Análisis Estático en el Edificio de 14 pisos sin reforzar Finales

DATOS	RESULTADOS
TX=	0.923
TY=	1.558
Z=	0.450
U=	1.000
S=	1.050
TP=	0.600
TL=	2.000
CX=	1.625
CY=	0.963
$R=R_o \cdot I_a \cdot I_p$	2.250
Ia	0.500
Ip	0.750
$CX/R > 0.11$	0.722
$CY/R > 0.11$	0.428
Peso Total	11016.624

$V_{ex}=ZUSC/R$	0.341
$V_{eY}=ZUSC/R$	0.202
$VEX=ZUSC/R*PT$	3759.736
$VEY=ZUSC/R*PT$	2227.366
$KY=$	1.529
$KX=$	1.212

Fuente: Autoría propia

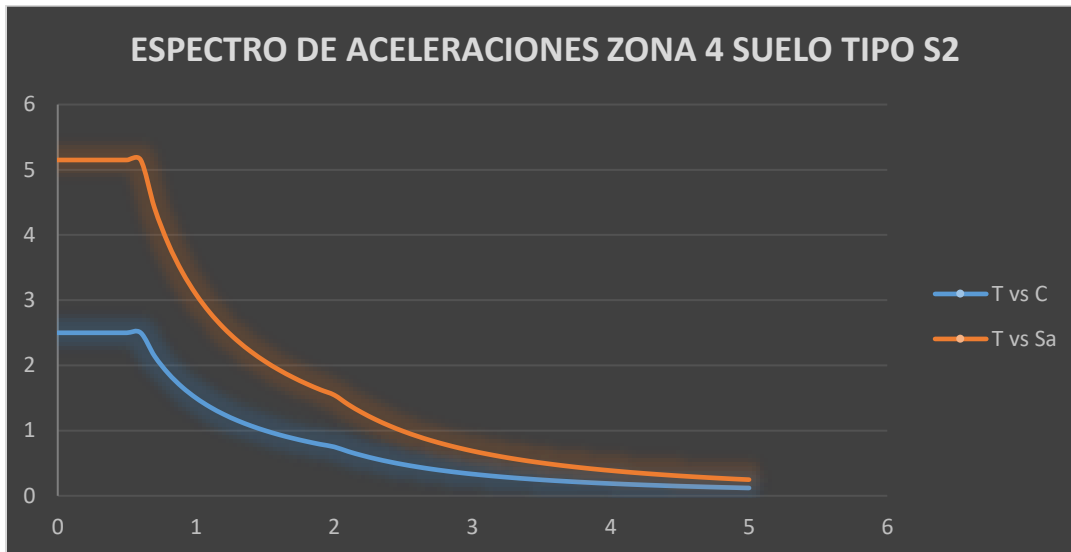


Figura 12: Espectro de aceleraciones Zona 4 y suelo Tipo S2

Después se calculó la cortante de diseño o fuerza cortante mínima que según la norma de diseño sismorresistente (E030) indica que debe ser el 90% de la cortante obtenida en el análisis estático para estructuras irregulares. Luego se calculó el factor de escala para introducir al ETABS y generar una nueva combinación que contenga la cortante de diseño. Para obtener dicho factor se divide el 90% de la cortante estática entre la cortante dinámica (Figura 14)

Z=	0.45								
U=	1								
S=	1.05				C				
TP=	0.6				COEF.	PESO	CORTANTE	CORTANTE	FACTOR
TL=	2				SISMICO	EDIFICA	ESTATICA	DINÁMICA	ESCALA
CX=	1.6251354	TX=	0.923	VX=ZUCxS/Rx	0.34128	11016.6	3759.73615	2813.4196	1.2027
CY=	0.9627728	TY=	1.558	VY=ZUCyS/Ry	0.20218	11016.6	2227.36615	1563.4186	1.2822
Rx=	2.25			Cx/Rx>0.125					
Ry=	2.25			Cy/Ry>0.125					
							VXdiseño	3383.763	3383.763
							Vydiseño	2004.630	2004.630

Figura 13: Análisis estático vs análisis dinámico en la estructura de 14 pisos sin reforzar

Una vez obtenido el factor se realizó una CQC (Combinación cuadrática completa) para obtener los DMF y DFC de todos los elementos de la estructura de concreto armado.

La CQC que se realizó fue siguiendo el criterio que se encuentra en el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E-060), donde se estipula que la resistencia requerida para cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV) será como mínimo:

$$U = 1.4 CM + 1.7 CV \dots \text{Ecuación 8}$$

Si se considera en el diseño cargas de sismo (CS) adicional a la combinación de carga muerta y viva se considerará:

$$U = 1.25 (CM + CV) \pm CS \dots \text{Ecuación 9}$$

$$U = 0.9CM \pm CS \dots \text{Ecuación 10}$$

Las combinaciones de carga se introducen en el programa ETABS siguiendo la secuencia Define / Load Combinations para crear cada combinación y por último la envolvente como indica la Figura 14.

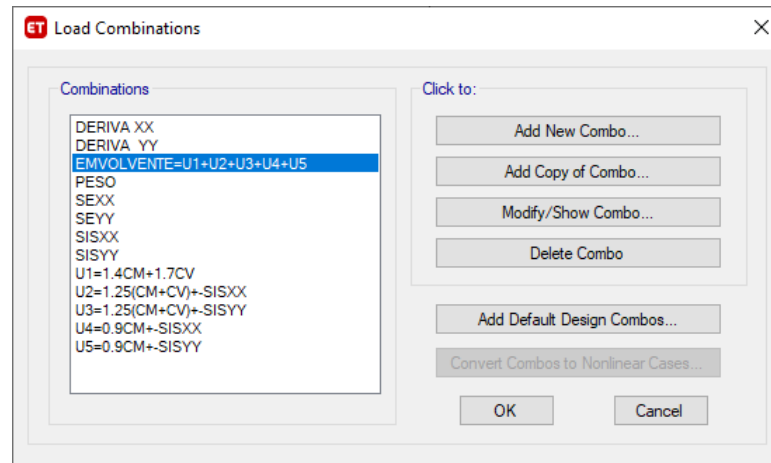


Figura 14: Introducción de envolverte de combinaciones de carga en ETABS

Una vez que se obtuvo la envolverte con el programa ETABS se pudo calcular los diagramas de momento flector, fuerza cortante y fuerza axial de los elementos (Figura 16 y Figura 17). Los nudos seleccionados son los label 101,102 y 148 como lo indica la Figura 15, estos pertenecen al primer nivel de la edificación que es donde se tiene más cortante dinámica, además que son todos los tipos de nudos según nuestra teoría esquinero, externo e interno. Estos nudos tienen por vigas: B4, B87, B94, B91, B93, B91, B118, B119, B120 y B121; por columnas la C33, C42, C44, C43, C90 y C89.

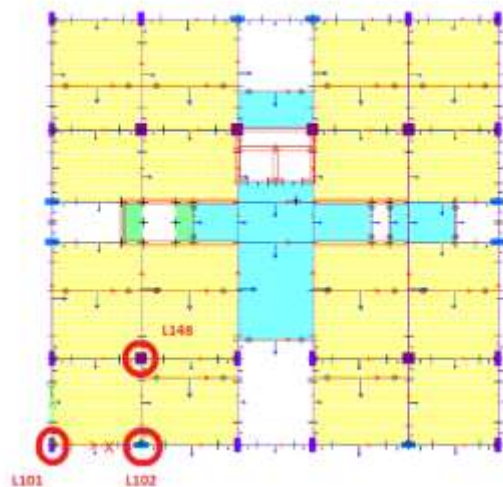


Figura 15: Nudos seleccionados del techo 01 para evaluación

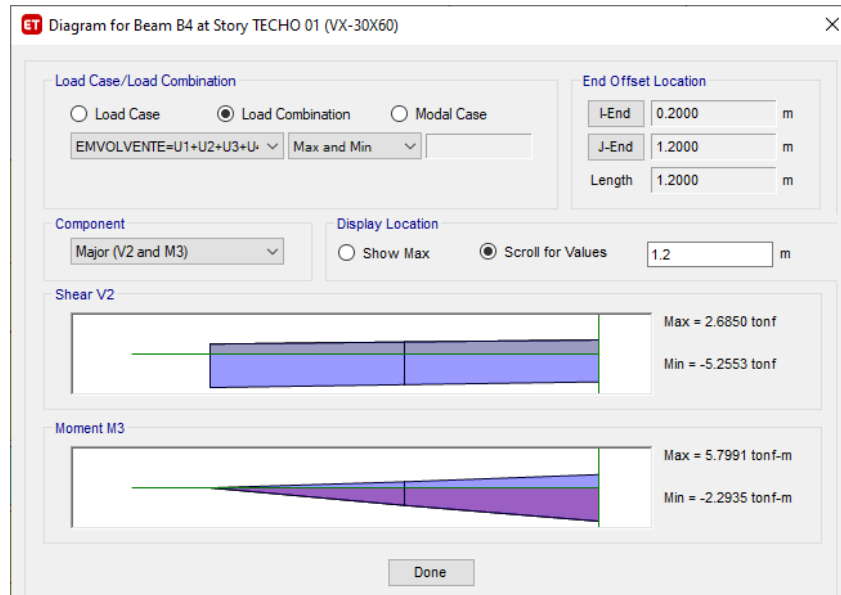


Figura 16: DMF y DFC de viga sin refuerzo Techo 01

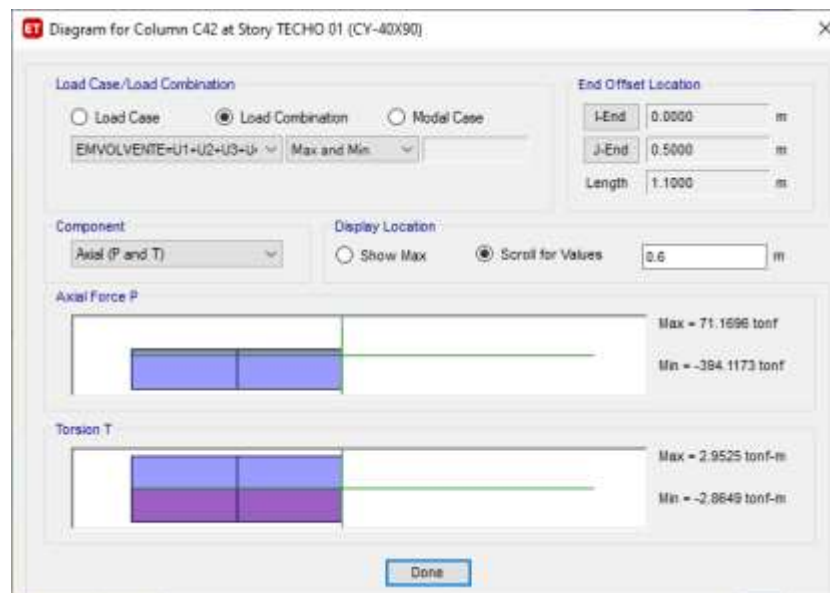


Figura 17: Diagrama de carga axial en columna Techo 01 eje 1

Con los diagramas de fuerza cortante y momento flector ahora se puede obtener las cortantes, momentos y cargas axiales de los elementos que rodean a los nudos seleccionados. Para el caso de las vigas se extraerá las cortantes y momentos. Para el caso de las columnas se extraerá las cargas axiales.

Tabla 9

Cortantes y Momentos en las vigas sin refuerzo de los nudos seleccionados

NUDO	VIGA	V		M	
		Min	Máx.	Min	Máx.
LABEL 101	B4	-5.2553	2.685	-2.2935	5.7991
	B87	-31.29	19.6141	-61.0687	49.8264
	B94	-16.0106	-1.8355	2.2671	16.61
LABEL 102	B91	-6.7196	14.6576	-42.0858	34.4891
	B93	-24.3789	18.2412	-55.8895	51.9902
	B118	6.7686	26.5038	-37.0589	14.8555
LABEL 148	B120	-30.7578	-1.4703	-55.1106	21.4693
	B121	-4.237	12.6824	-23.6198	23.9297
	B119	-14.4232	2.3445	-28.4433	17.6092

Fuente: Autoría propia

Tabla 10

Carga axial en las columnas sin refuerzo de los nudos seleccionados

NUDO	COLUMNA	A	
		Min	Máx.
LABEL 101	C33	-364.8196	61.9085
	C42	-394.1173	71.1696
LABEL 102	C44	-407.7632	-60.2255
	C43	-442.1471	-65.4208
LABEL 148	C90	-749.3601	-326.0038
	C89	-818.3091	-356.9235

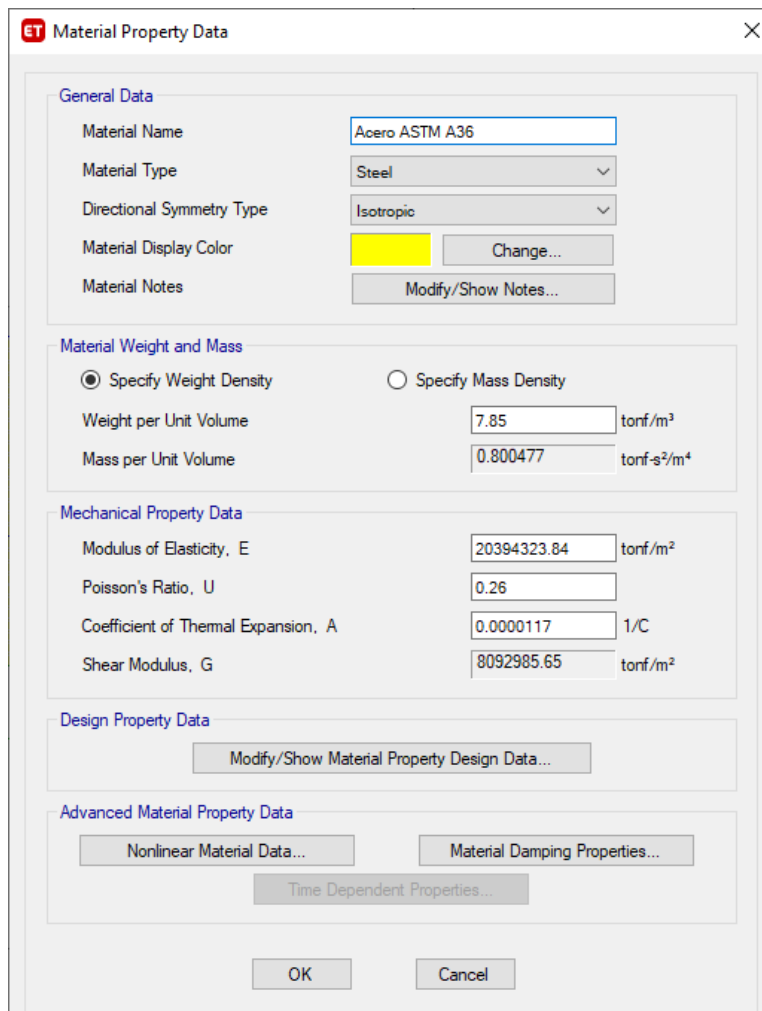
Fuente: Autoría propia

Con estos datos obtenidos se podrá calcular los esfuerzos cortantes de las vigas, los esfuerzos a flexión en tracción de las vigas, los esfuerzos a flexión en compresión de las vigas y los esfuerzos axiales en las columnas. Siendo estos los parámetros locales de la evaluación de la respuesta estructural en la estructura de 14 pisos sin reforzar.

ETAPA 02: MODELAMIENTO, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE 14 PISOS REFORZADA CON PERFIL H.

MODELAMIENTO

Para el modelamiento de la estructura reforzada en los nudos con perfiles metálicos H se extrajo de la Ficha Informativa (Ver Anexo N.º 9) las propiedades del material Acero ASTM A36 para poder definir este tipo de material en el ETABS después se obtuvo una Ficha Técnica (Ver Anexo N.º 11) de las especificaciones de este tipo de perfil metálico para sacar sus medidas y seleccionar uno.



Material Property Data

General Data

Material Name: Acero ASTM A36

Material Type: Steel

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7.85 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.800477 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 20394323.84 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.26

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Shear Modulus, G: 8092985.65 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Figura 18: Definición del Acero ASTM A36 en ETABS

Tabla 11

Características de los perfiles metálicos H seleccionados

Elementos	Alma (pulgada)	Ala (pulgada)	Espesor del Alma (mm)	Espesor del Ala (mm)	Límite de Fluencia (MPa)	Resistencia a tracción (MPa)
Columna de 75cmx75cm	15.48	15.71	22.61	36.58	250	400-550
Columna de 40cmx90cm	23.73	8.97	10.54	14.86	250	400-550
Viga de 30cmx60cm	15.88	5.53	6.99	11.18	250	400-550

Fuente: Autoría propia

Luego se comprobó que el área transversal del perfil seleccionado sea mayor a 1% del área transversal total del elemento a reforzar como lo estipula (AISC360, 2016).

Tabla 12

Comprobación del 1% del área total del elemento con el área del perfil metálico H

Elementos	Área Total (m ²)	Área del perfil (m ²)	1% * Área total	Comprobación
Columna de 75cmx75cm	0.5625	0.038083	0.005625	cumple
Columna de 40cmx90cm	0.36	0.013124	0.0036	cumple
Viga de 30cmx60cm	0.18	0.00596	0.0018	cumple

Fuente: Autoría propia

Ahora como ya se comprobó el requisito del 1% de área se define las secciones de los elementos reforzados con los perfiles metálicos embebidos para cada uno siguiendo la siguiente secuencia en el software ETABS Define / Section Properties / Frame Sections / Add New Property / Section Designer.

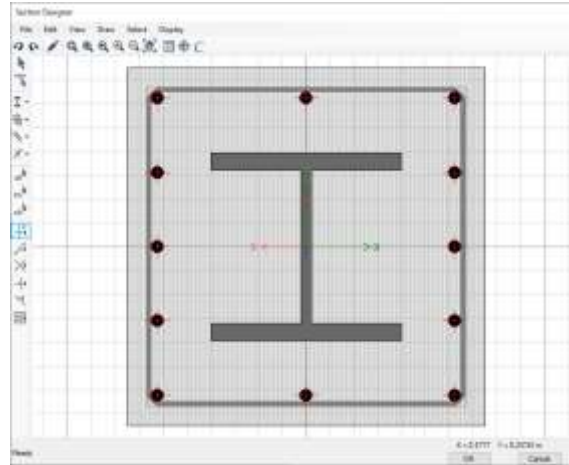


Figura 19: Definición de columna de 75x75 reforzada con perfil metálico H

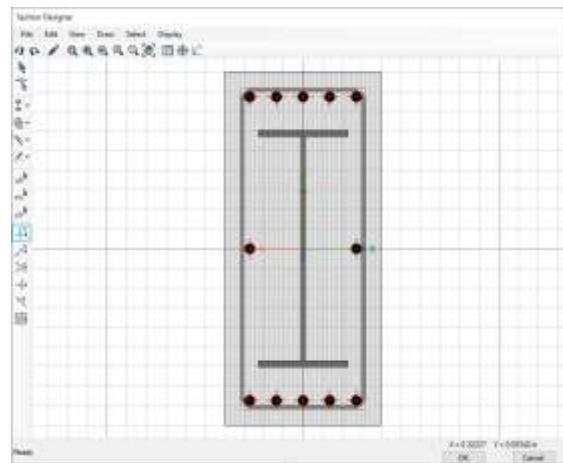


Figura 20: Definición de columna de 40x90 reforzada con perfil metálico H

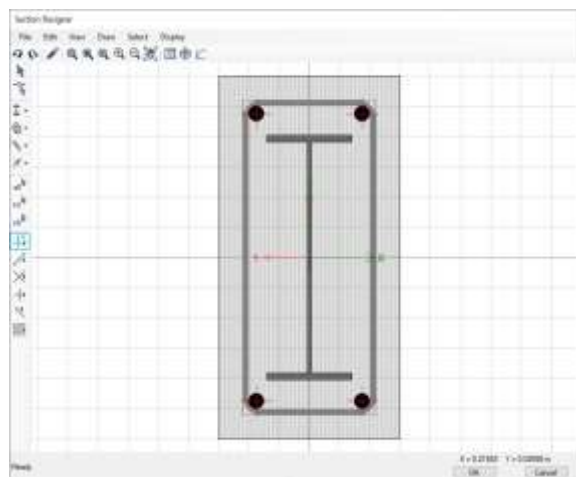


Figura 21: Definición de columna de 30x60 reforzada con perfil metálico H

Ahora siguiendo el mismo proceso de la anterior estructura de 14 pisos sin refuerzo se modela la misma, pero con el refuerzo de perfil metálico H. Para ello se reforzo los nudos viga columna de la estructura a excepción del sótano y semisótano por no ser considerados en el análisis sísmico. Para la colocación de los perfiles metálicos embebidos se consideró a una distancia de 0.5 m de la cara de las vigas en columnas y 1m de la cara de las columnas en vigas, siendo este el criterio tomado por (Montava, 2017)

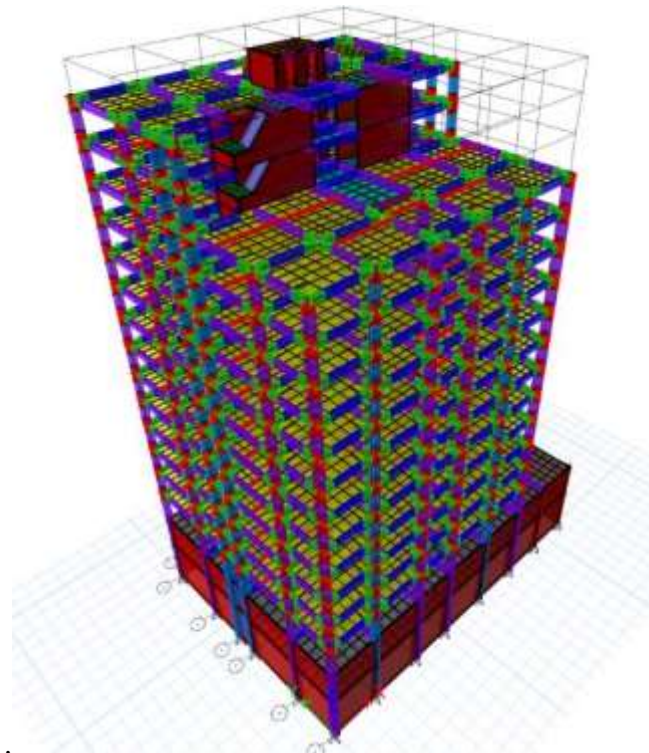


Figura 22: Modelo del Edificio de 14 pisos reforzado con perfiles metálicos H

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN

Luego de modelar la estructura se obtienen los nuevos periodos para poder obtener los factores finales del análisis estático (Tabla 13). Para el análisis dinámico se usó el mismo espectro de aceleraciones que el usado en la estructura de 14 pisos sin reforzar, esto se hizo así porque para el espectro de aceleraciones los factores que intervienen para generarlo no varían (Figura 23).

Tabla 13

Factores del Análisis Estático en el Edificio de 14 pisos reforzado con perfiles metálicos H

DATOS	RESULTADOS
TX=	0.910
TY=	1.509
Z=	0.450
U=	1.000
S=	1.050
TP=	0.600
TL=	2.000
CX=	1.648
CY=	0.994
R=Ro*Ia*Ip	2.250
Ia	0.500
Ip	0.750
CX/R>0.11	0.733
CY/R>0.11	0.442
Peso Total	11108.015
Vex=ZUSC/R	0.3461538
VeY=ZUSC/R	0.2087475
VEX=ZUSC/R*PT	3845.082
VEY=ZUSC/R*PT	2318.770
KY=	1.5045000
KX=	1.2050000

Fuente: Autoría propia

Z=	0.45								
U=	1								
S=	1.05				C				
TP=	0.6				COEF.	PESO	CORTANTE	CORTANTE	FACTOR
TL=	2				SISMICO	EDIFICA	ESTATICA	DINÁMICA	ESCALA
CX=	1.6483516	TX=	0.91	VX=ZUCxS/Rx	0.34615	11108	3845.08205	2879.928	1.2016
CY=	0.9940358	TY=	1.509	VY=ZUCyS/Ry	0.20875	11108	2318.77049	1624.9793	1.2843
Rx=	2.25			Cx/Rx>0.125					
Ry=	2.25			Cy/Ry>0.125					
							VXdiseño	3460.574	3460.574
							Vydiseño	2086.893	2086.89

Figura 23: Análisis estático vs análisis dinámico en la estructura de 14 pisos reforzada con perfiles metálicos H

Con los factores finales se obtendrá los resultados de los parámetros globales de la respuesta estructural. Ahora con estos resultados y aplicando el nuevo factor de escala se obtiene la nueva envolvente. Con esta se obtiene los nuevos diagramas de fuerza cortante en vigas, momento flector en vigas y axial en columnas (Figura 25 y Figura 26). Los nudos seleccionados serán los mismos que en la estructura de 14 pisos sin reforzamiento ya que la mayor cortante está en el primer piso y se evalúa un nudo de cada tipo según nuestra teoría esquinero, externo e interno. Los nudos son label 101, 102, y 148 como indica la Figura 24; las vigas son B86, B87, B91, B93, B94, B118, B119, B120 y B121; las columnas son C33, C42, C44, C43, C89 y C90. La única variación es en la viga B4 en la estructura sin reforzar por la viga B86 siendo estas las mismas sólo que se cambió de nombre.

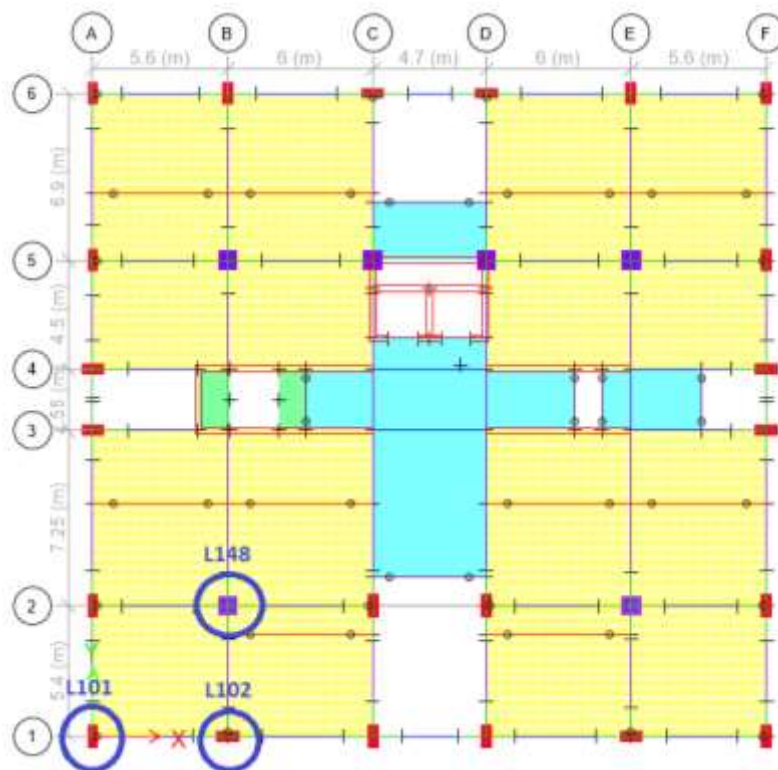


Figura 24: Nudos seleccionados en la estructura de 14 pisos reforzada con perfil H

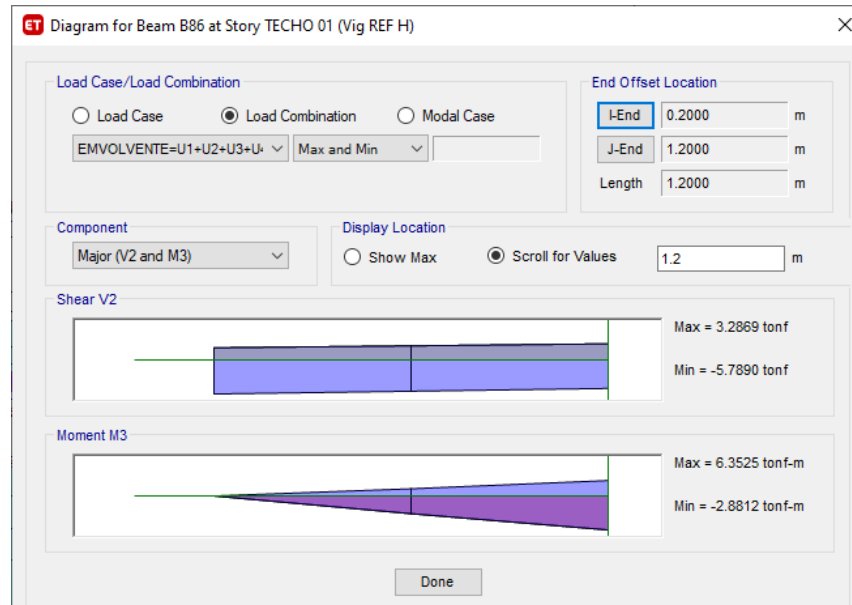


Figura 25: DMF y DFC de viga con perfil metálico H embebido Techo 01

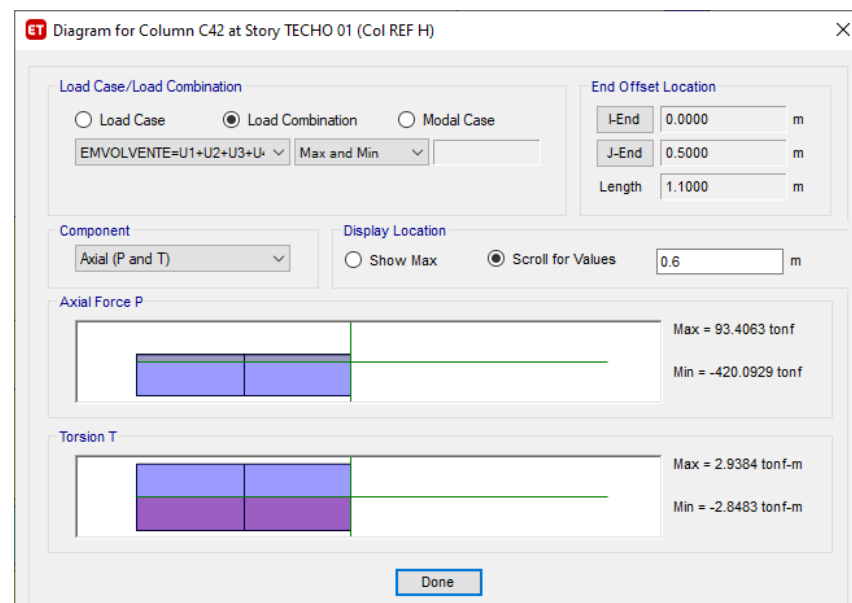


Figura 26: Diagrama de carga axial en columna con perfil metálico H embebido Techo 01

Con los diagramas de fuerza cortante y momento flector ahora se puede obtener las cortantes, momentos y cargas axiales de los elementos que rodean a los nudos seleccionados. Para el caso de las vigas se extraerá las cortantes y momentos. Para el caso de las columnas se extraerá las cargas axiales. (Tabla 14 y Tabla 15)

Tabla 14

Cortantes y Momentos en las vigas con perfil metálico H de los nudos seleccionados

NUDO	VIGA	V		M	
		Min	Máx.	Min	Máx.
LABEL 101	B86	-5.789	3.2869	-2.8812	6.3525
	B87	-34.3819	22.7018	-68.2246	56.7504
	B94	-16.3225	-1.3715	1.8173	16.9416
LABEL 102	B91	-7.0684	15.1798	-45.3693	37.18
	B93	-26.1353	19.9505	-61.7811	57.6732
	B118	6.4783	27.029	-39.6347	16.5725
LABEL 148	B120	-31.4597	-1.1349	-58.88	23.5239
	B121	-4.4449	12.8645	-25.1935	26.1408
	B119	-14.5307	2.3536	-30.096	18.8692

Fuente: Autoría propia

Tabla 15

Carga axial en las columnas con perfil metálico H de los nudos seleccionados

NUDO	COLUMNA	A	
		Min	Máx.
LABEL 101	C33	-388.2045	81.6685
	C42	-420.0929	93.4063
LABEL 102	C44	-422.6575	-49.0348
	C43	-458.615	-52.9623
LABEL 148	C90	-769.0951	-337.1571
	C89	-838.8557	-368.5943

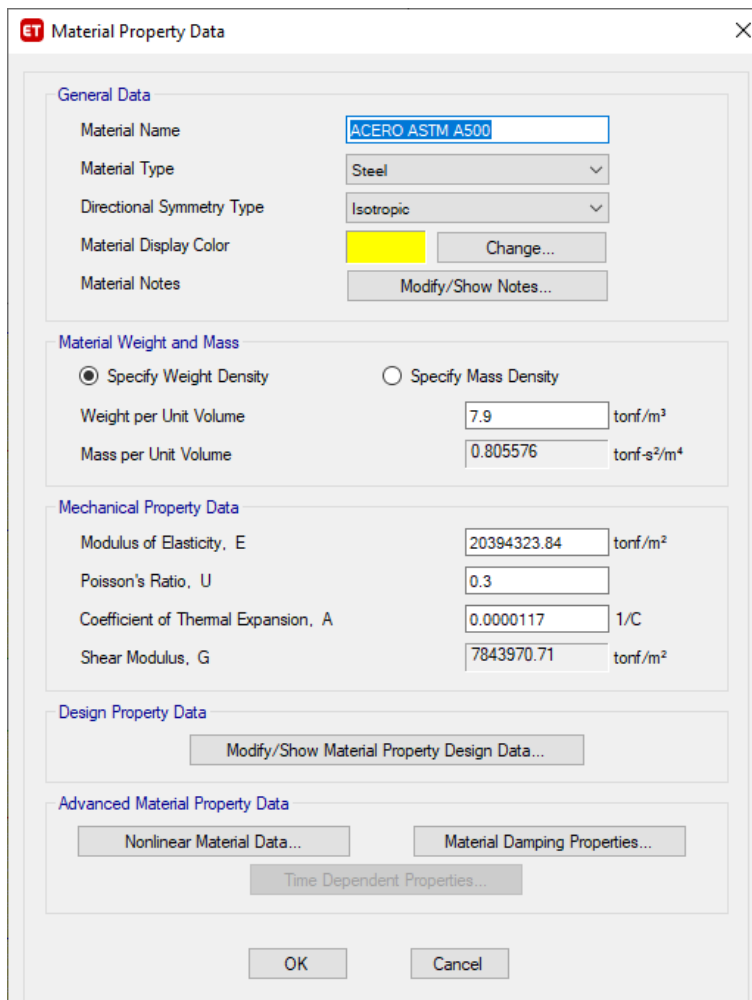
Fuente: Autoría propia

Con estos datos obtenidos se podrá calcular los esfuerzos cortantes de las vigas, los esfuerzos a flexión en tracción de las vigas, los esfuerzos a flexión en compresión de las vigas y los esfuerzos axiales en las columnas. Siendo estos los parámetros locales de la evaluación de la respuesta estructural en la estructura de 14 pisos con perfil metálico embebido H en nudos.

ETAPA 03: MODELAMIENTO, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE 14 PISOS REFORZADA CON PERFIL TUBULAR CUADRADO.

MODELAMIENTO

Para el modelamiento de la estructura reforzada en los nudos con perfiles metálicos tubulares cuadrados se extrajo de la Ficha Informativa (Ver Anexo N.º 8) las propiedades del material Acero ASTM A-500-03a (Grado A) para poder definir este tipo de material en el ETABS después se obtuvo una Ficha Técnica (Ver Anexo N.º 10) de las especificaciones de este tipo de perfil metálico para sacar sus medidas y seleccionar uno.



The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box in ETABS. The 'General Data' section is expanded, showing the following fields:

- Material Name: ACERO ASTM A500
- Material Type: Steel
- Directional Symmetry Type: Isotropic
- Material Display Color: Yellow (with a 'Change...' button)
- Material Notes: (with a 'Modify/Show Notes...' button)

The 'Material Weight and Mass' section has two radio buttons: 'Specify Weight Density' (selected) and 'Specify Mass Density'. Below these are two input fields:

- Weight per Unit Volume: 7.9 tonf/m³
- Mass per Unit Volume: 0.805576 tonf-s²/m⁴

The 'Mechanical Property Data' section contains four input fields:

- Modulus of Elasticity, E: 20394323.84 tonf/m²
- Poisson's Ratio, U: 0.3
- Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C
- Shear Modulus, G: 7843970.71 tonf/m²

The 'Design Property Data' section has a single button: 'Modify/Show Material Property Design Data...'. The 'Advanced Material Property Data' section has three buttons: 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'. At the bottom of the dialog are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Figura 27: Definición del Acero ASTM A500 en ETABS

Tabla 16

Características de los perfiles metálicos tubulares cuadrados seleccionados

Elementos	Lado (mm)	Espesor (mm)	Límite de Fluencia (MPa)	Resistencia a tracción (MPa)
Columna de 75cmx75cm	400	12	269	310
Columna de 40cmx90cm	250	10	269	310
Viga de 30cmx60cm	150	10	269	310

Fuente: Autoría propia

Luego se comprobó que el área transversal del perfil seleccionado sea mayor a 1% del área transversal total del elemento a reforzar como lo estipula (AISC360, 2010).

Tabla 17

Comprobación del 1% del área total del elemento con el área del perfil metálico tubular cuadrado

Elementos	Área Total (m ²)	Área del perfil (m ²)	1% * Área total	Comprobación
Columna de 75cmx75cm	0.5625	0.018624	0.005625	cumple
Columna de 40cmx90cm	0.36	0.0096	0.0036	cumple
Viga de 30cmx60cm	0.18	0.0056	0.0018	cumple

Fuente: Autoría propia

Ahora como ya se comprobó el requisito del 1% de áreas se define las secciones de los elementos reforzados con los perfiles metálicos embebidos para cada uno siguiendo la siguiente secuencia en el software ETABS Define / Section Properties / Frame Sections / Add New Property / Section Designer.

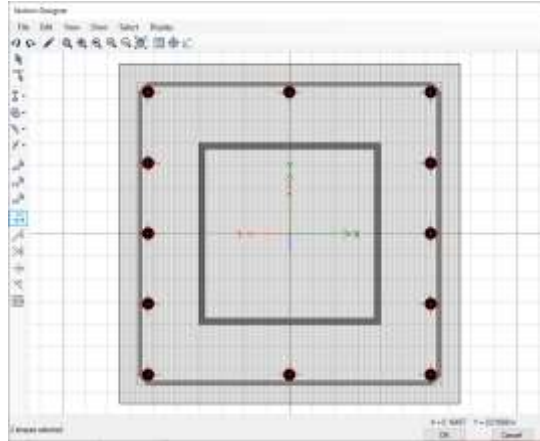


Figura 28: Definición de columna de 75x75 reforzada con perfil metálico tubular cuadrado

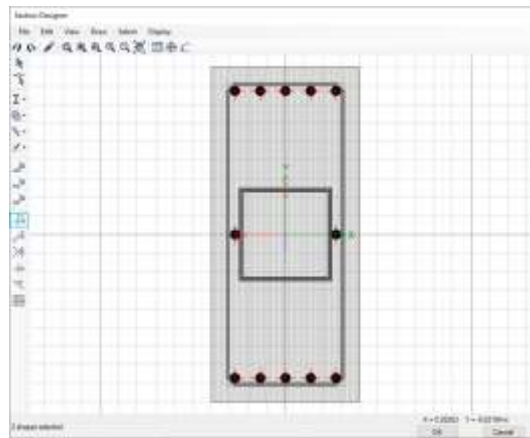


Figura 29: Definición de columna de 40x90 reforzada con perfil metálico tubular cuadrado

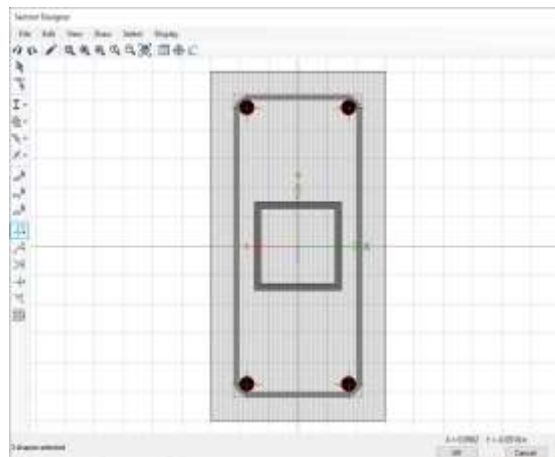


Figura 30: Definición de columna de 30x60 reforzada con perfil metálico tubular cuadrado

Ahora siguiendo el mismo proceso de la anterior estructura de 14 pisos sin refuerzo se modela la misma, pero con el refuerzo de perfil metálico tubular cuadrado. Para ello se reforzo los nudos viga columna de la estructura a excepción del sótano y semisótano por no ser considerados en el análisis sísmico. Para la colocación de los perfiles metálicos embebidos se consideró a una distancia de 0.5 m de la cara de las vigas en columnas y 1m de la cara de las columnas en vigas, siendo este el criterio tomado por (Montava, 2017)

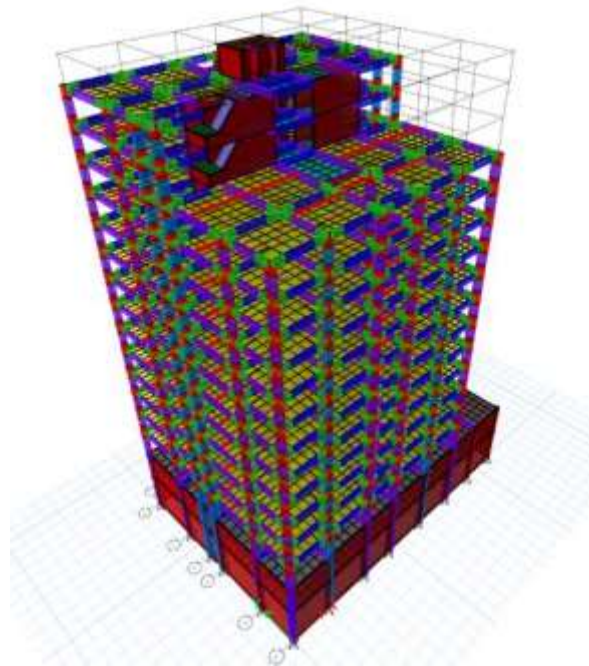


Figura 31: Modelo del Edificio de 14 pisos reforzado con perfiles metálicos tubulares cuadrados

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN

Luego de modelar la estructura se obtienen los nuevos periodos para poder obtener los factores finales del análisis estático (Tabla 18). Para el análisis dinámico se usó el mismo espectro de aceleraciones que el usado en la estructura de 14 pisos sin reforzar, esto se hizo así porque para el espectro de aceleraciones los factores que intervienen para generarlo no varían (Figura 32).

Tabla 18

Factores del Análisis Estático Estructura reforzada con perfiles metálicos tubulares cuadrados

DATOS	RESULTADOS
TX=	0.921
TY=	1.548
Z=	0.450
U=	1.000
S=	1.050
TP=	0.600
TL=	2.000
CX=	1.629
CY=	0.969
R=Ro*Ia*Ip	2.250
Ia	0.500
Ip	0.750
CX/R>0.11	0.724
CY/R>0.11	0.431
Peso Total	11087.336
Vex=ZUSC/R	0.3420195
VeY=ZUSC/R	0.2034884
VEX=ZUSC/R*PT	3792.086
VEY=ZUSC/R*PT	2256.144
KY=	1.5240000
KX=	1.2105000

Fuente: Autoría propia

Z=	0.45								
U=	1								
S=	1.05				C				
TP=	0.6				COEF.	PESO	CORTANTE	CORTANTE	FACTOR
TL=	2				SISMICO	EDIFICA	ESTATICA	DINÁMICA	ESCALA
CX=	1.6286645	TX=	0.921	VX=ZUCxS/Rx	0.34202	11087.3	3792.0855	2842.143	1.2008
CY=	0.9689922	TY=	1.548	VY=ZUCyS/Ry	0.20349	11087.3	2256.14389	1583.5518	1.2823
Rx=	2.25			Cx/Rx>0.125					
Ry=	2.25			Cy/Ry>0.125					
							VXdiseño	3412.877	3412.877
							Vydiseño	2030.530	2030.53

Figura 32: Análisis estático vs análisis dinámico en la estructura de 14 pisos reforzada con perfiles metálicos tubulares cuadrados

Con los factores finales se obtendrá los resultados de los parámetros globales de la respuesta estructural. Ahora con estos resultados y aplicando el nuevo factor de escala se obtiene la nueva envolvente. Con esta se obtiene los nuevos diagramas de fuerza cortante en vigas, momento flector en vigas y axial en columnas (Figura 34 y Figura 35). Los nudos seleccionados serán los mismos que en la estructura de 14 pisos sin reforzamiento ya que la mayor cortante está en el primer piso y se evalúa un nudo de cada tipo según nuestra teoría esquinero, externo e interno. Los nudos son label 101, 102, y 148 como indica la Figura 33; las vigas son B86, B87, B91, B93, B94, B118, B119, B120 y B121; las columnas son C33, C42, C44, C43, C89 y C90. La única variación es en la viga B4 en la estructura sin reforzar por la viga B86 siendo estas las mismas sólo que se cambió de nombre.

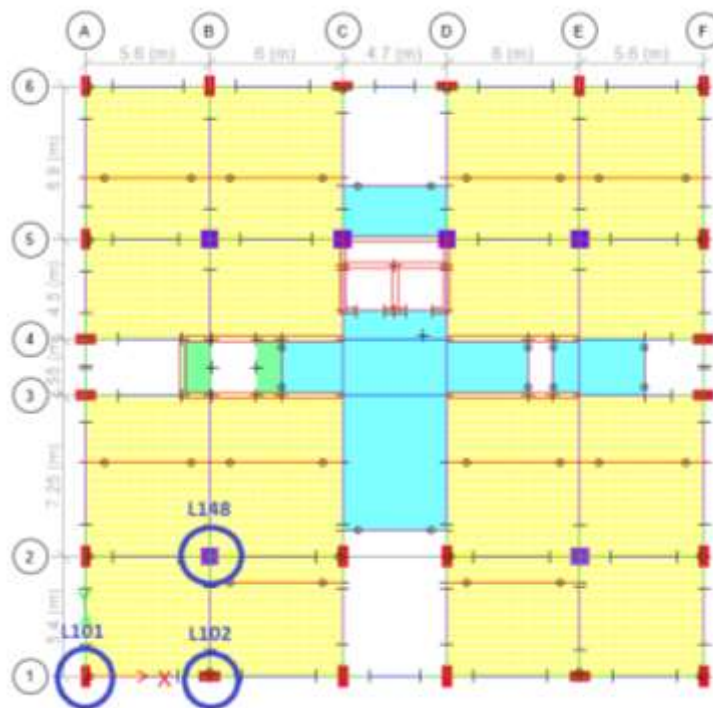


Figura 33: Nudos seleccionados en la estructura de 14 pisos reforzada con perfil tubular cuadrado

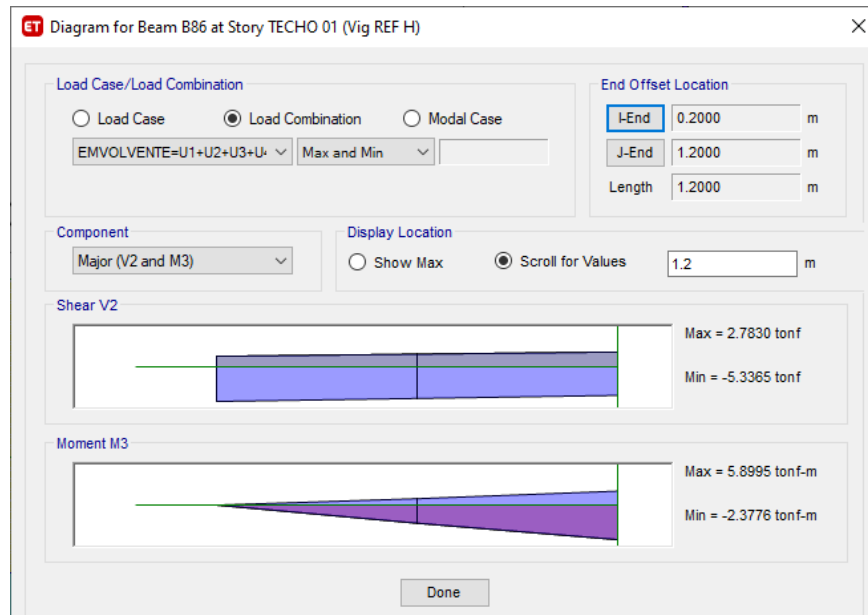


Figura 34: DMF y DFC de viga con perfil metálico tubular cuadrado embebido Techo 01

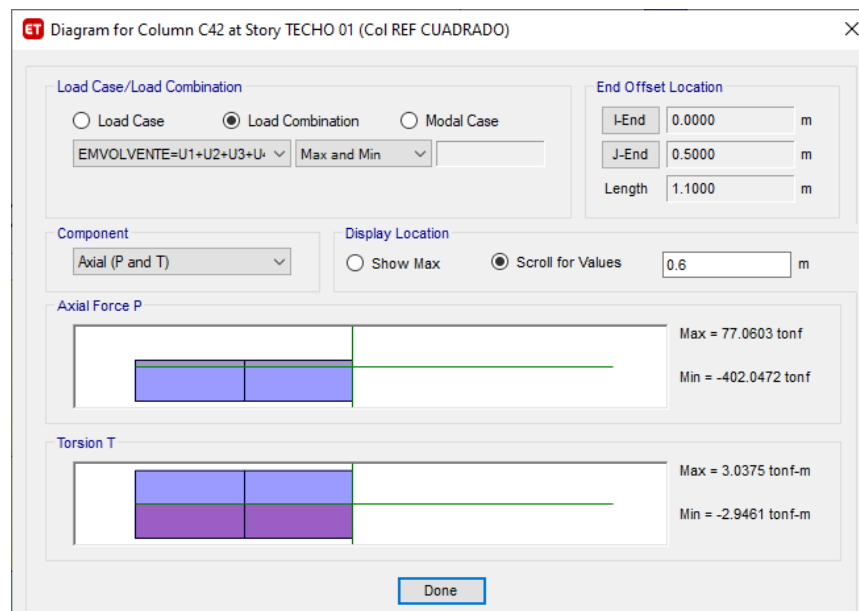


Figura 35: Diagrama de carga axial en columna con perfil metálico tubular cuadrado embebido Techo 01

Con los diagramas de fuerza cortante y momento flector ahora se puede obtener las cortantes, momentos y cargas axiales de los elementos que rodean a los nudos seleccionados. Para el caso de las vigas se extraerá las cortantes y momentos. Para el caso de las columnas se extraerá las cargas axiales. (Tabla 19 y Tabla 20)

Tabla 19

Cortantes y Momentos en las vigas con perfil metálico tubular cuadrado de los nudos seleccionados

NUDO	VIGA	V		M	
		Min	Máx.	Min	Máx.
LABEL 101	B86	-5.3365	2.783	-2.3776	5.8995
	B87	-31.9141	20.2091	-62.4364	51.203
	B94	-16.0937	-1.7327	2.1781	16.7124
LABEL 102	B91	-6.7703	14.8295	-42.6438	34.8867
	B93	-25.013	18.8234	-57.2646	53.359
	B118	6.7066	26.6771	-37.6134	15.3063
LABEL 148	B120	-30.966	-1.3865	-55.9044	21.9644
	B121	-4.2989	12.8165	-23.9301	24.3549
	B119	-14.5759	2.3581	-28.7879	17.8468

Fuente: Autoría propia

Tabla 20

Carga axial en las columnas con perfil metálico tubular cuadrado de los nudos seleccionados

NUDO	COLUMNA	A	
		Min	Máx.
LABEL 101	C33	-372.1213	67.3577
	C42	-402.0472	77.0603
LABEL 102	C44	-413.9014	-58.2176
	C43	-448.9163	-63.0903
LABEL 148	C90	-760.6735	-331.9425
	C89	-830.0067	-363.0883

Fuente: Autoría propia

Con estos datos obtenidos se podrá calcular los esfuerzos cortantes de las vigas, los esfuerzos a flexión en tracción de las vigas, los esfuerzos a flexión en compresión de las vigas y los esfuerzos axiales en las columnas. Siendo estos los parámetros locales de la evaluación de la respuesta estructural en la estructura de 14 pisos con perfil metálico tubular cuadrado embebido en nudos.

ETAPA 04: MODELAMIENTO, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE 14 PISOS REFORZADA CON PERFIL TUBULAR RECTANGULO.

MODELAMIENTO

Para el modelamiento de la estructura reforzada en los nudos con perfiles metálicos tubulares rectángulos se extrajo de la Ficha Informativa (Ver Anexo N.º 8) las propiedades del material Acero ASTM A-500-03a (Grado A) para poder definir este tipo de material en el ETABS después se obtuvo una Ficha Técnica (Ver Anexo N.º 10) de las especificaciones de este tipo de perfil metálico para sacar sus medidas y seleccionar uno.

Figura 36: Definición del Acero ASTM A500 en ETABS

Tabla 21

Características de los perfiles metálicos tubulares rectángulos seleccionados

Elementos	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Límite de Fluencia (MPa)	Resistencia a tracción (MPa)
Columna de 75cmx75cm	500	300	12	269	310
Columna de 40cmx90cm	400	200	12	269	310
Viga de 30cmx60cm	250	150	10	269	310

Fuente: Autoría propia

Luego se comprobó que el área transversal del perfil seleccionado sea mayor a 1% del área transversal total del elemento a reforzar como lo estipula (AISC360, 2010).

Tabla 22

Comprobación del 1% del área total del elemento con el área del perfil metálico tubular rectángulo

Elementos	Área Total (m ²)	Área del perfil (m ²)	1% * Área total	Comprobación
Columna de 75cmx75cm	0.5625	0.018912	0.005625	cumple
Columna de 40cmx90cm	0.36	0.014112	0.0036	cumple
Viga de 30cmx60cm	0.18	0.0078	0.0018	cumple

Fuente: Autoría propia

Ahora como ya se comprobó el requisito del 1% de áreas se define las secciones de los elementos reforzados con los perfiles metálicos embebidos para cada uno siguiendo la siguiente secuencia en el software ETABS Define / Section Properties / Frame Sections / Add New Property / Section Designer.

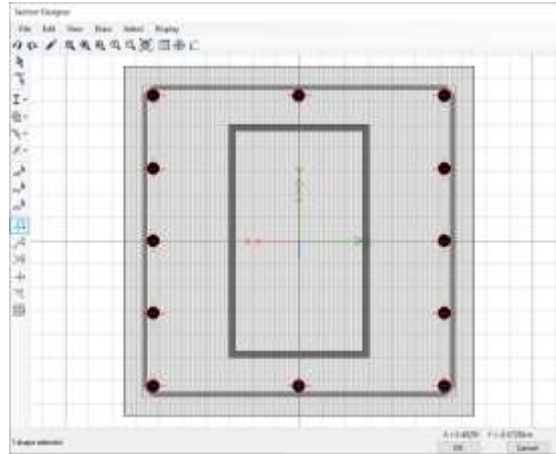


Figura 37: Definición de columna de 75x75 reforzada con perfil metálico tubular cuadrado

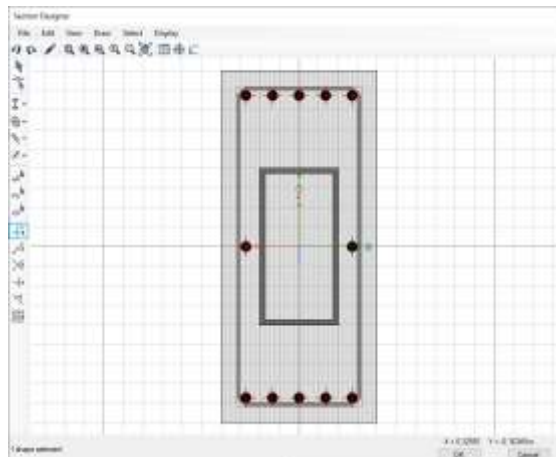


Figura 38: Definición de columna de 40x90 reforzada con perfil metálico tubular rectángulo

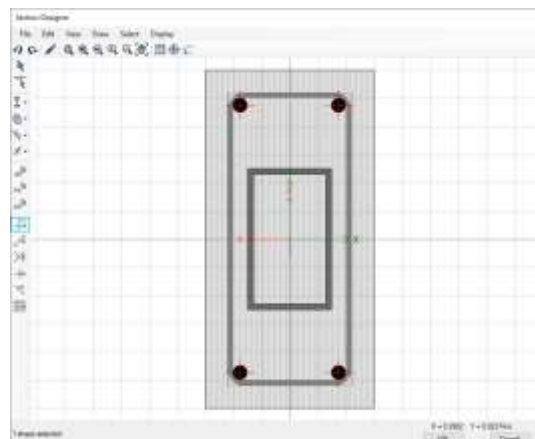


Figura 39: Definición de columna de 30x60 reforzada con perfil metálico tubular rectángulo

Ahora siguiendo el mismo proceso de la anterior estructura de 14 pisos sin refuerzo se modela la misma, pero con el refuerzo de perfil metálico tubular rectángulo. Para ello se reforzo los nudos viga columna de la estructura a excepción del sótano y semisótano por no ser considerados en el análisis sísmico. Para la colocación de los perfiles metálicos embebidos se consideró a una distancia de 0.5 m de la cara de las vigas en columnas y 1m de la cara de las columnas en vigas, siendo este el criterio tomado por (Montava, 2017)

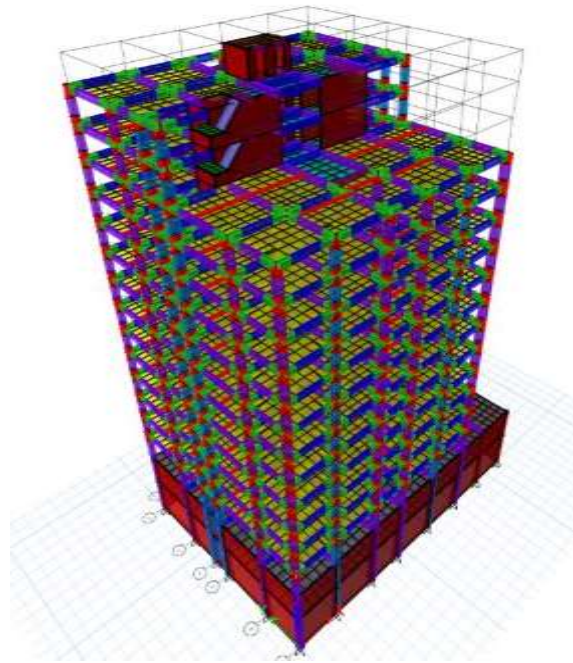


Figura 40: Modelo del Edificio de 14 pisos reforzado con perfiles metálicos tubulares rectángulos

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN

Luego de modelar la estructura se obtienen los nuevos periodos para poder obtener los factores finales del análisis estático (Tabla 23). Para el análisis dinámico se usó el mismo espectro de aceleraciones que el usado en la estructura de 14 pisos sin reforzar, esto se hizo así porque para el espectro de aceleraciones los factores que intervienen para generarlo no varían (Figura 41).

Tabla 23

Factores del Análisis Estático Estructura reforzada con perfiles metálicos tubulares rectángulos

DATOS	RESULTADOS
TX=	0.917
TY=	1.533
Z=	0.450
U=	1.000
S=	1.050
TP=	0.600
TL=	2.000
CX=	1.636
CY=	0.978
R=Ro*Ia*Ip	2.250
Ia	0.500
Ip	0.750
CX/R>0.11	0.727
CY/R>0.11	0.435
Peso Total	11109.768
ETABS	
Vex=ZUSC/R	0.3435115
VeY=ZUSC/R	0.2054795
VEX=ZUSC/R*PT	3816.333
VEY=ZUSC/R*PT	2282.829
KY=	1.5165000
KX=	1.2085000

Fuente: Autoría propia

Z=	0.45								
U=	1								
S=	1.05								
TP=	0.6								
TL=	2								
CX=	1.6357688	TX=	0.917	VX=ZUCxS/Rx	0.34351	11109.8	3816.33255	2859.6834	1.2011
CY=	0.9784736	TY=	1.533	VY=ZUCyS/Ry	0.20548	11109.8	2282.82906	1601.2128	1.2831
Rx=	2.25			Cx/Rx>0.125					
Ry=	2.25			Cy/Ry>0.125					
							VXdiseño	3434.699	3434.699
							Vydiseño	2054.546	2054.55

Figura 41: Análisis estático vs análisis dinámico en la estructura de 14 pisos reforzada con perfiles metálicos tubulares rectángulos

Con los factores finales se obtendrá los resultados de los parámetros globales de la respuesta estructural. Ahora con estos resultados y aplicando el nuevo factor de escala se obtiene la nueva envolvente. Con esta se obtiene los nuevos diagramas de fuerza cortante en vigas, momento flector en vigas y axial en columnas (Figura 43 y Figura 44). Los nudos seleccionados serán los mismos que en la estructura de 14 pisos sin reforzamiento ya que la mayor cortante está en el primer piso y se evalúa un nudo de cada tipo según nuestra teoría esquinero, externo e interno. Los nudos son label 101, 102, y 148 como indica la Figura 42; las vigas son B86, B87, B91, B93, B94, B118, B119, B120 y B121; las columnas son C33, C42, C44, C43, C89 y C90. La única variación es en la viga B4 en la estructura sin reforzar por la viga B86 siendo estas las mismas sólo que se cambió de nombre.

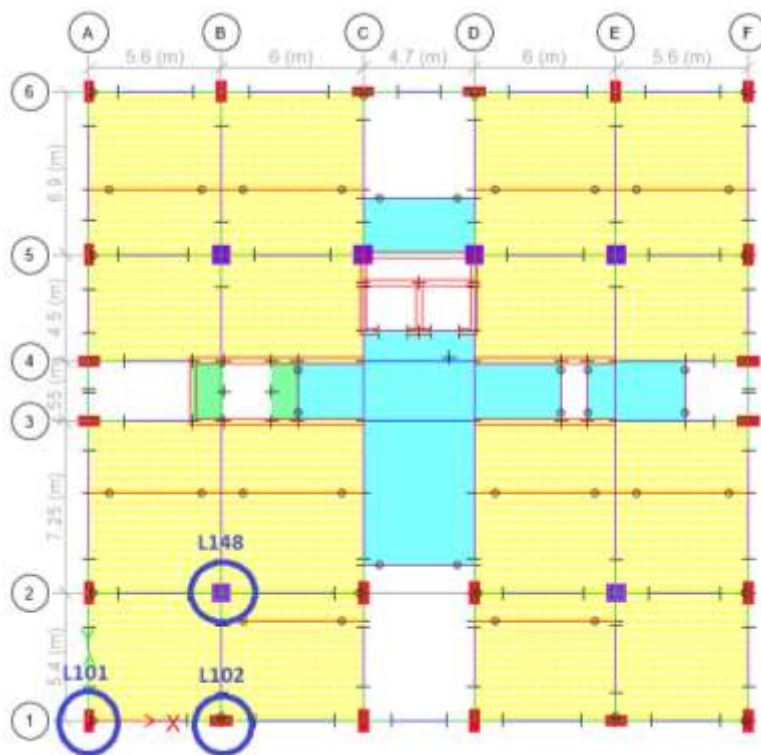


Figura 42: Nudos seleccionados en la estructura de 14 pisos reforzada con perfil tubular rectángulo

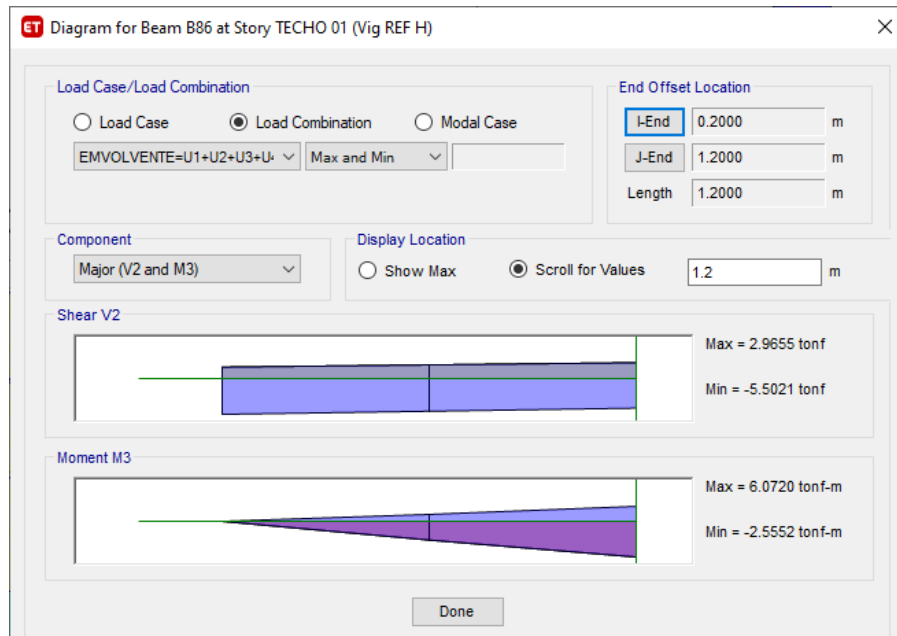


Figura 43: DMF y DFC de viga con perfil metálico tubular rectángulo embebido Techo 01

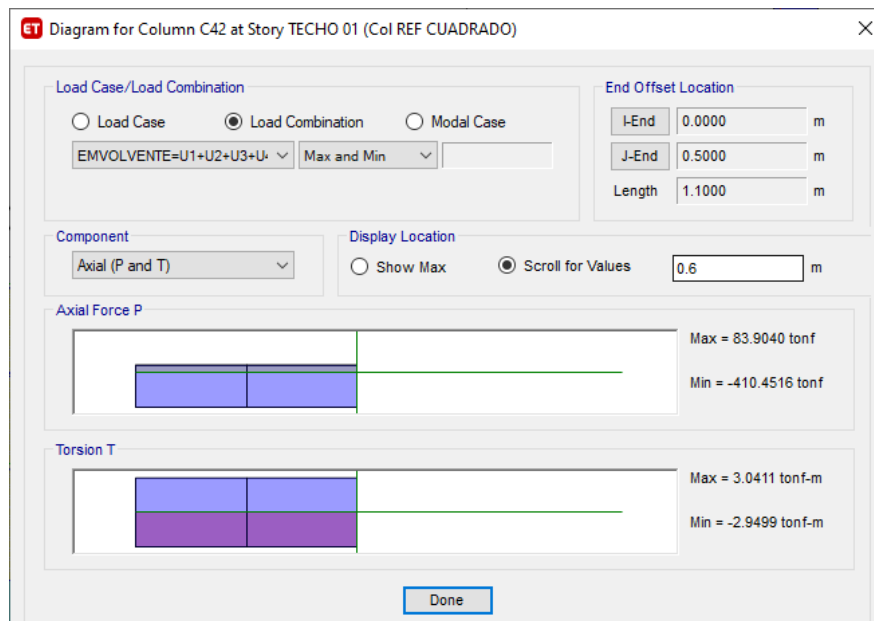


Figura 44: Diagrama de carga axial en columna con perfil metálico tubular rectángulo embebido Techo 01

Con los diagramas de fuerza cortante y momento flector ahora se puede obtener las cortantes, momentos y cargas axiales de los elementos que rodean a los nudos seleccionados. Para el caso de las vigas se extraerá las cortantes y momentos. Para el caso de las columnas se extraerá las cargas axiales. (Tabla 24 y Tabla 25).

Tabla 24

Cortantes y Momentos en las vigas con perfil metálico tubular rectángulo de los nudos seleccionados

NUDO	VIGA	V		M	
		Min	Máx.	Min	Máx.
LABEL 101	B86	-5.5021	2.9655	-2.5552	6.072
	B87	-32.8346	21.0957	-64.5689	53.1934
	B94	-16.1649	-1.6088	2.0592	16.7904
LABEL 102	B91	-6.8757	14.9912	-43.6236	35.7034
	B93	-25.5508	19.3361	-59.0517	55.0719
	B118	6.6442	26.8216	-38.3167	15.728
LABEL 148	B120	-31.1608	-1.3205	-56.9819	22.471
	B121	-4.3515	12.8744	-24.394	24.9932
	B119	-14.6139	2.3449	-29.2833	18.1838

Fuente: Autoría propia

Tabla 25

Carga axial en las columnas con perfil metálico tubular rectángulo de los nudos seleccionados

NUDO	COLUMNA	A	
		Min	Máx.
LABEL 101	C33	-379.7441	73.4995
	C42	-410.4516	83.904
LABEL 102	C44	-419.4002	-55.0543
	C43	-454.8911	-59.5524
LABEL 148	C90	-759.7498	-332.1543
	C89	-829.2624	-363.4235

Fuente: Autoría propia

Con estos datos obtenidos se podrá calcular los esfuerzos cortantes de las vigas, los esfuerzos a flexión en tracción de las vigas, los esfuerzos a flexión en compresión de las vigas y los esfuerzos axiales en las columnas. Siendo estos los parámetros locales de la evaluación de la respuesta estructural en la estructura de 14 pisos con perfil metálico tubular rectángulo embebido en nudos.

2.5. Aspectos éticos

En la presente investigación los datos recolectados se ajustan a la verdad, ya que se ha seguido las normas pertinentes para su realización estas son la norma E020, E030, E060 del reglamento nacional de edificaciones y el código AISC360-16 para su realización. También, se hizo uso del software ETABS del cual se tiene licencia (Ver Anexo N.º 15) con lo cual se respetó la propiedad intelectual de los creadores. Además, tiene un impacto beneficioso para la sociedad y la comunidad de investigación de la ingeniería sismorresistente.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS GLOBALES

Periodo Fundamental

Tabla 26

Periodo fundamental final de cada modelo evaluado en el eje X y eje Y

MODELO	TX (s)	TY (s)
Estructura sin refuerzo	0.923	1.558
Estructura con perfil metálico H	0.91	1.509
Estructura con perfil metálico tubular cuadrado	0.921	1.548
Estructura con perfil metálico tubular rectángulo	0.917	1.533

Fuente: Autoría propia

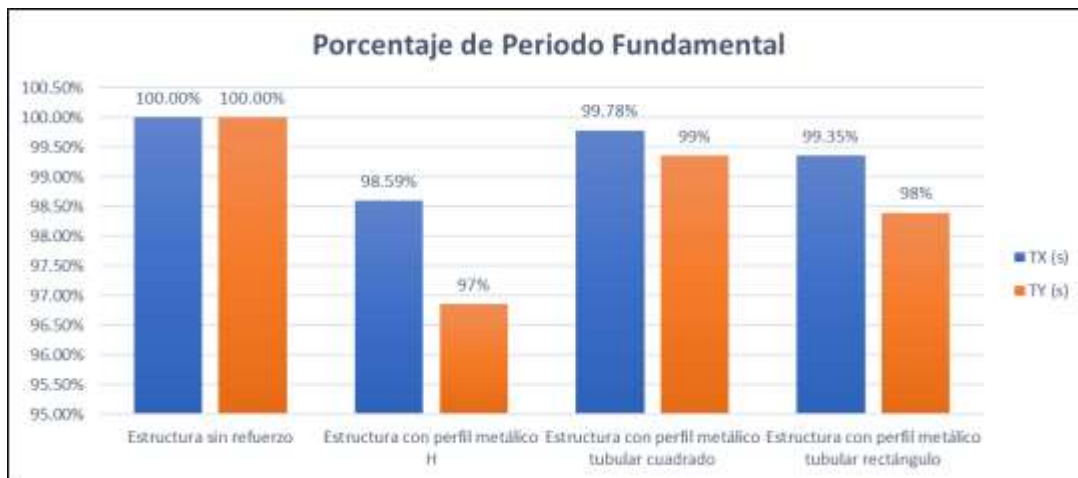


Figura 45: Porcentajes del Periodo fundamental final de cada modelo evaluado en el eje X y eje Y

Los resultados obtenidos del periodo fundamental de las estructuras con perfiles metálicos embebidos en nudos según la Figura 45 respecto a la estructura sin refuerzo (modelo patrón) han reducido en porcentaje su valor. Respecto a la estructura reforzada con perfil metálico H disminuye en el eje X 1.41% y en el eje Y 3%, respecto a la estructura reforzada con perfil metálico tubular cuadrado disminuye en el eje X 0.22% y en el eje Y 1% y respecto a la estructura reforzada con perfil metálico tubular rectángulo disminuye en el eje X 0.65% y en el

eje Y 2%. En base a estos resultados se observa que la estructura con perfil metálico H es la que disminuye más en porcentaje su periodo fundamental, por lo cual podemos determinar que con los perfiles metálicos H se obtiene una mejor respuesta estructural a nivel global. Puesto que al disminuir el periodo fundamental de una estructura se aumenta la rigidez de la misma, esto se da porque la rigidez y el periodo fundamental son variables inversamente proporcionales como se deduce de la siguiente ecuación:

$$T = 2\pi * \sqrt{\frac{m}{k}} \dots \text{Ecuación 12}$$

Según los resultados obtenidos e indicados en los párrafos anteriores se acepta la primera hipótesis específica, porque al reforzar la estructura de concreto armado de 14 pisos con perfiles metálicos H embebidos, siendo este el mejor de los casos, el periodo fundamental disminuye en 1.41% en el eje X y 3% en el eje Y, trayendo como consecuencia la mejora de la respuesta estructural a nivel global.

Cortante basal

Tabla 27

Cortante basal final de cada modelo evaluado en el eje X y eje Y

MODELO	V _x (Ton)	V _y (Ton)
Estructura sin refuerzo	3759.73615	2227.36615
Estructura con perfil metálico H	3845.08205	2318.77049
Estructura con perfil metálico tubular cuadrado	3792.0855	2256.14389
Estructura con perfil metálico tubular rectángulo	3816.33255	2282.82906

Fuente: Autoría propia



Figura 46: Porcentajes de Cortante basal final de cada modelo evaluado en el eje X y eje Y

Los resultados obtenidos de la cortante basal de las estructuras con perfiles metálicos embebidos en nudos según la Figura 46 respecto a la estructura sin refuerzo (modelo patrón) han incrementado en porcentaje su valor. Respecto a la estructura reforzada con perfil metálico H aumenta en el eje X 2.27% y en el eje Y 4.1%, respecto a la estructura reforzada con perfil metálico tubular cuadrado aumenta en el eje X 0.86% y en el eje Y 1.29% y respecto a la estructura reforzada con perfil metálico tubular rectángulo aumenta en el eje X 1.51% y en el eje Y 2.49%. En base a estos resultados se observa que la estructura con perfil metálico H es la que aumenta más en porcentaje su cortante basal, por lo cual podemos determinar que con los perfiles metálicos H se obtiene una mejor respuesta estructural a nivel global. Puesto que si la cortante basal aumenta es porque la masa también ha aumentado y si aumenta la masa de una estructura también lo hace la rigidez de la misma, esto se da porque la rigidez y la masa son variables directamente proporcionales como se deduce de la siguiente ecuación:

$$T = 2\pi * \sqrt{\frac{m}{k}} \dots \text{Ecuación 12}$$

Según los resultados obtenidos e indicados en los párrafos anteriores se acepta la primera hipótesis específica, porque al reforzar la estructura de concreto armado de 14 pisos con perfiles

metálicos H embebidos, siendo este el mejor de los casos, la cortante basal se incrementa en 2.27% en el eje X y 4.1% en el eje Y, trayendo como consecuencia la mejora de la respuesta estructural a nivel global.

Aceleración de Entrepiso

Tabla 28

Aceleraciones de entrepiso de los modelos evaluados en el eje X

PISO	Estructura sin refuerzo	Estructura con perfil metálico H		Estructura con perfil metálico tubular cuadrado		Estructura con perfil metálico tubular rectángulo	
	UX	UX		UX		UX	
	m/s ²	m/s ²	%	m/s ²	%	m/s ²	%
CM	7.7951	7.7965	100%	7.7857	100%	7.7887	100%
TECHO 14	7.2004	7.2907	101%	7.2179	100%	7.241	101%
TECHO 13	6.1413	6.2175	101%	6.155	100%	6.1744	101%
TECHO 12	5.3002	5.3628	101%	5.3103	100%	5.3267	100%
TECHO 11	4.753	4.8085	101%	4.7617	100%	4.7769	101%
TECHO 10	4.4342	4.483	101%	4.4416	100%	4.4551	100%
TECHO 09	4.2737	4.3217	101%	4.2823	100%	4.295	100%
TECHO 08	4.1835	4.227	101%	4.1912	100%	4.2024	100%
TECHO 07	4.0649	4.1062	101%	4.0716	100%	4.0823	100%
TECHO 06	3.9054	3.9378	101%	3.9092	100%	3.9176	100%
TECHO 05	3.7361	3.7316	100%	3.7299	100%	3.7273	100%
TECHO 04	3.5433	3.5037	99%	3.5286	100%	3.5154	99%
TECHO 03	3.1956	3.1593	99%	3.1833	100%	3.1711	99%
TECHO 02	2.7148	2.6919	99%	2.7075	100%	2.6995	99%
TECHO 01	2.0113	2.0019	100%	2.0088	100%	2.005	100%

Fuente: Autoría propia

Tabla 29

Aceleraciones de entrepiso de los modelos evaluados en el eje Y

PISO	Estructura sin refuerzo	Estructura con perfil metálico H		Estructura con perfil metálico tubular cuadrado		Estructura con perfil metálico tubular rectángulo	
	UY	UY		UY		UY	
	m/s ²	m/s ²	%	m/s ²	%	m/s ²	%

CM	5.3542	5.3552	100%	5.3613	100%	5.3506	100%
TECHO 14	6.642	6.5866	99%	6.6355	100%	6.6064	99%
TECHO 13	5.0841	5.0588	100%	5.085	100%	5.0654	100%
TECHO 12	3.9864	4.0351	101%	3.9942	100%	3.9918	100%
TECHO 11	3.4423	3.4688	101%	3.4503	100%	3.4475	100%
TECHO 10	3.1693	3.1818	100%	3.1757	100%	3.1734	100%
TECHO 09	3.1961	3.1949	100%	3.2	100%	3.1935	100%
TECHO 08	3.3702	3.3546	100%	3.372	100%	3.3597	100%
TECHO 07	3.5059	3.4791	99%	3.5057	100%	3.4891	100%
TECHO 06	3.5612	3.5291	99%	3.56	100%	3.5414	99%
TECHO 05	3.5557	3.521	99%	3.5537	100%	3.5343	99%
TECHO 04	3.4921	3.4625	99%	3.4919	100%	3.474	99%
TECHO 03	3.257	3.2362	99%	3.2585	100%	3.244	100%
TECHO 02	2.7877	2.7801	100%	2.7912	100%	2.783	100%
TECHO 01	2.0056	2.0075	100%	2.0089	100%	2.0069	100%

Fuente: Autoría propia

Los resultados obtenidos de las aceleraciones de entrepiso de las estructuras con perfiles metálicos embebidos en nudos según la Tabla 28 y la Tabla 29 respecto a la estructura sin refuerzo (modelo patrón) no han variado su valor y si lo han hecho ha sido mínimo. En base a estos resultados se determina que la respuesta estructural a nivel global de los edificios de concreto armado con perfiles metálicos embebidos en nudos no presenta variación ya que no han variado las aceleraciones de entrepiso. **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Según los resultados obtenidos e indicados en los párrafos anteriores se rechaza la primera hipótesis específica, porque al reforzar la estructura de concreto armado de 14 pisos con perfiles metálicos embebidos las aceleraciones de entrepiso no varían significativamente, trayendo como consecuencia la no alteración de la respuesta estructural.

Distorsiones de entrepiso



Figura 47: Distorsiones de entrepiso finales del modelo sin reforzar en el eje X y eje Y

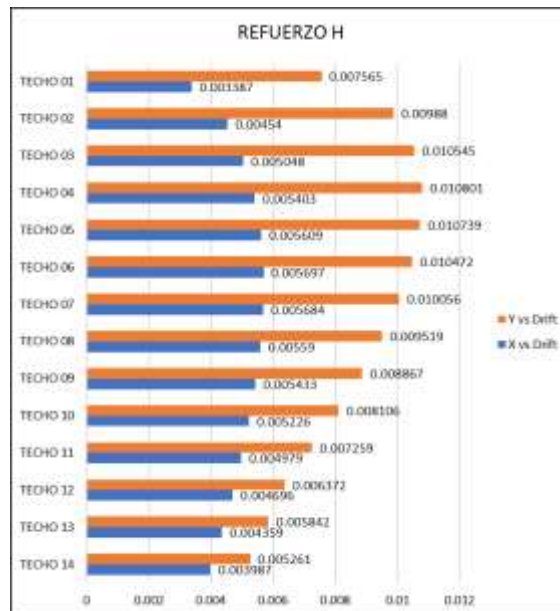


Figura 48: Distorsiones de entrepiso finales del modelo con perfil metálico H en el eje X y eje Y

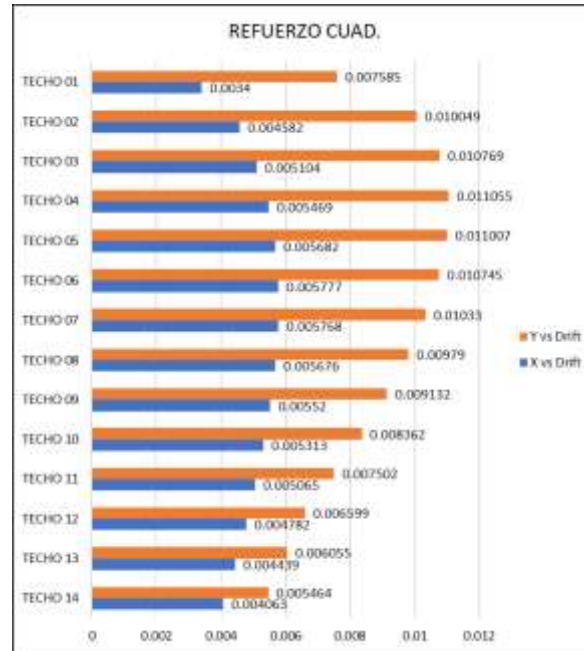


Figura 49: Distorsiones de entrepiso finales del modelo con perfil metálico tubular cuadrado en el eje X y eje Y

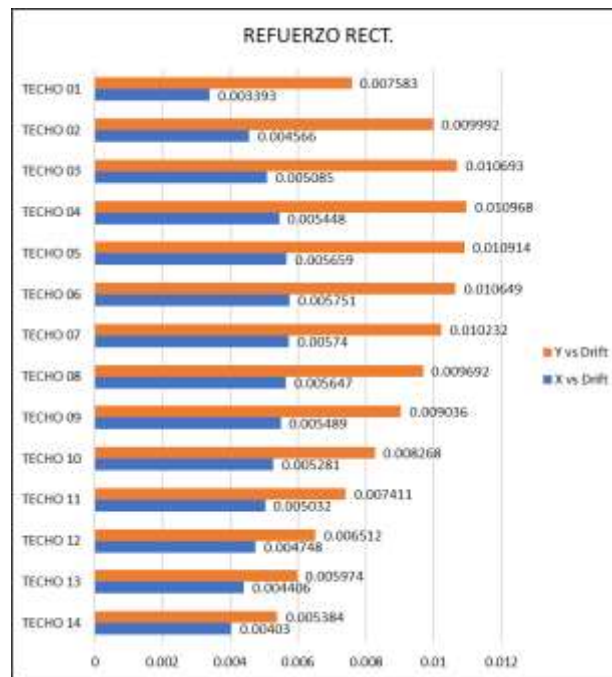


Figura 50: Distorsiones de entrepiso finales del modelo con perfil metálico tubular rectángulo en el eje X y eje Y

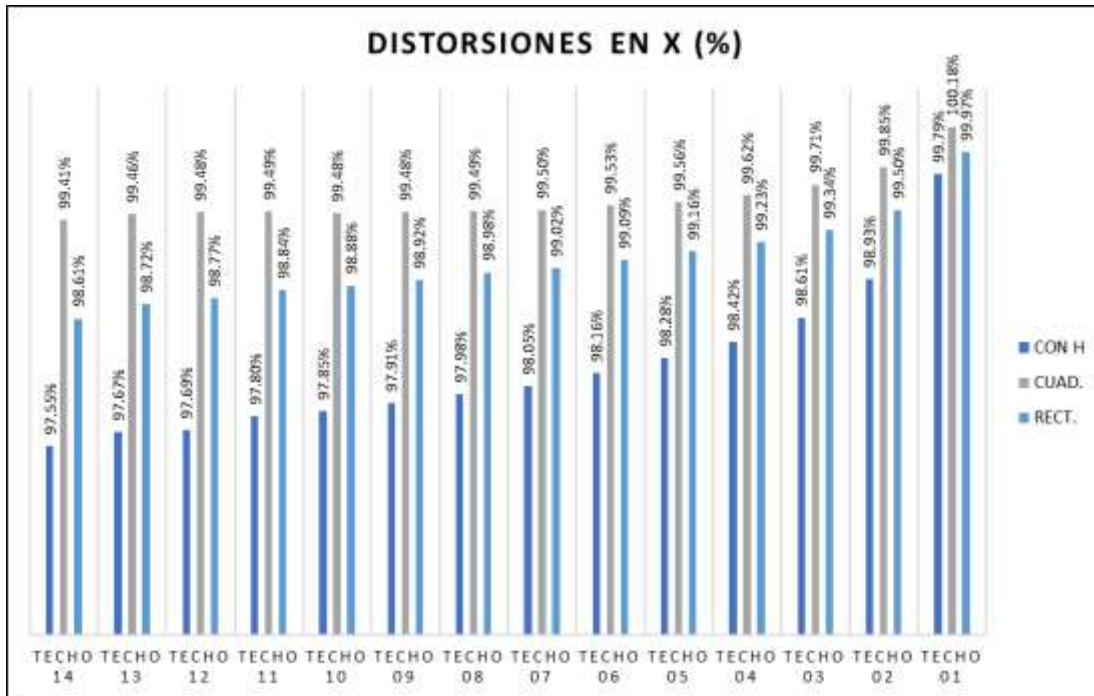


Figura 51: Porcentajes de las distorsiones de entrepiso finales de los modelos reforzados en el eje X

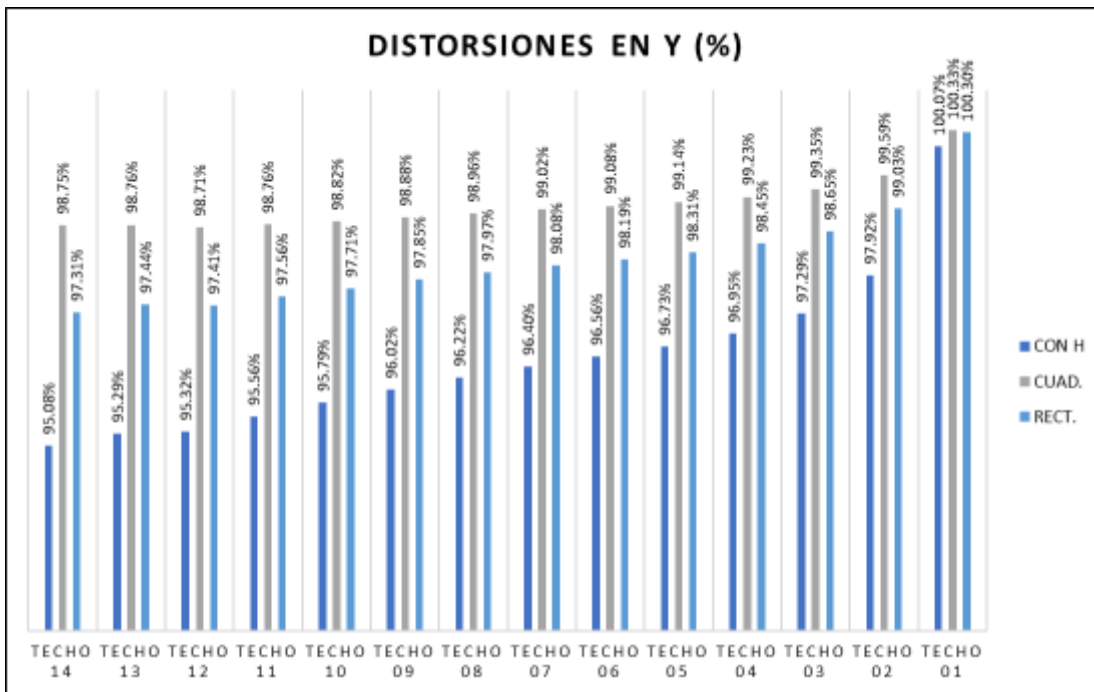


Figura 52: Porcentajes de las distorsiones de entrepiso finales de los modelos reforzados en el eje Y



Figura 53: Porcentaje Promedio de Distorsiones en el eje X y en el eje Y

Los resultados obtenidos de las distorsiones de entrepiso de las estructuras con perfiles metálicos embebidos en nudos según la Figura 53 respecto a la estructura sin refuerzo (modelo patrón) han reducido en porcentaje su valor. Respecto a la estructura reforzada con perfil metálico H disminuye en el eje X 1.86% y en el eje Y 3.54 %, respecto a la estructura reforzada con perfil metálico tubular cuadrado disminuye en el eje X 0.43% y en el eje Y 0.91% y respecto a la estructura reforzada con perfil metálico tubular rectángulo disminuye en el eje X 0.96% y en el eje Y 1.87%. En base a estos resultados se observa que la estructura con perfil metálico H es la que redujo más en porcentaje sus distorsiones de entrepiso, por lo cual podemos determinar que con los perfiles metálicos H se obtiene una mejor respuesta estructural a nivel global. Puesto que si las distorsiones han disminuido quiere decir que los desplazamientos también se han visto reducidos y esto trae como consecuencia que la rigidez de la estructura haya aumentado.

Según los resultados obtenidos e indicados en los párrafos anteriores se acepta la primera hipótesis específica, porque al reforzar la estructura de concreto armado de 14 pisos con perfiles metálicos H embebidos, siendo este el mejor de los casos, las distorsiones de entrepiso disminuyen en 1.86% en el eje X y 3.54% en el eje Y, trayendo como consecuencia la mejora de la respuesta estructural a nivel global.

RESULTADO DE LOS PARÁMETROS LOCALES

Esfuerzo cortante en vigas

Para el cálculo de los esfuerzos de cortante en vigas se utilizó la siguiente fórmula

$$\tau \text{ máx} = \frac{3V}{2A} \dots \text{Ecuación 14}$$

Tabla 30

Esfuerzo cortante de los nudos seleccionados del modelo sin refuerzo

NUDO	VIGA	AREA (m ²)	V (Ton)	Esfuerzo cortante máx. (Ton/m ²)
LABEL 101	B4	0.18	5.2553	1.42
	B87	0.18	31.29	8.45
	B94	0.18	16.0106	4.32
LABEL 102	B91	0.18	14.6576	3.96
	B93	0.18	24.3789	6.58
	B118	0.18	26.5038	7.16
LABEL 148	B120	0.18	30.7578	8.30
	B121	0.18	12.6824	3.42
	B119	0.18	14.4232	3.89

Fuente: Autoría propia

Tabla 31

Esfuerzo cortante de los nudos seleccionados del modelo con perfil metálico H

NUDO	VIGA	AREA (m ²)	V (Ton)	Esfuerzo cortante máx. (Ton/m ²)
LABEL 101	B86	0.18	5.789	1.56
	B87	0.18	34.3819	9.28
	B94	0.18	16.3225	4.41
LABEL 102	B91	0.18	15.1798	4.10
	B93	0.18	26.1353	7.06
	B118	0.18	27.029	7.30
LABEL 148	B120	0.18	31.4597	8.49
	B121	0.18	12.8645	3.47
	B119	0.18	14.5307	3.92

Fuente: Autoría propia

Tabla 32

Esfuerzo cortante de los nudos seleccionados del modelo con perfil metálico tubular cuadrado

NUDO	VIGA	AREA (m ²)	V (Ton)	Esfuerzo cortante máx. (Ton/m ²)
LABEL 101	B86	0.18	5.3365	1.44
	B87	0.18	31.9141	8.62
	B94	0.18	16.0937	4.35
LABEL 102	B91	0.18	14.8295	4.00
	B93	0.18	25.013	6.75
	B118	0.18	26.6771	7.20
LABEL 148	B120	0.18	30.966	8.36
	B121	0.18	12.8165	3.46
	B119	0.18	14.5759	3.94

Fuente: Autoría propia

Tabla 33

Esfuerzo cortante de los nudos seleccionados del modelo con perfil metálico tubular rectángulo

NUDO	VIGA	AREA (m ²)	V (Ton)	Esfuerzo cortante máx. (Ton/m ²)
LABEL 101	B86	0.18	5.5021	1.49
	B87	0.18	32.8346	8.87
	B94	0.18	16.1649	4.36
LABEL 102	B91	0.18	14.9912	4.05
	B93	0.18	25.5508	6.90
	B118	0.18	26.8216	7.24
LABEL 148	B120	0.18	31.1608	8.41
	B121	0.18	12.8744	3.48
	B119	0.18	14.6139	3.95

Fuente: Autoría propia

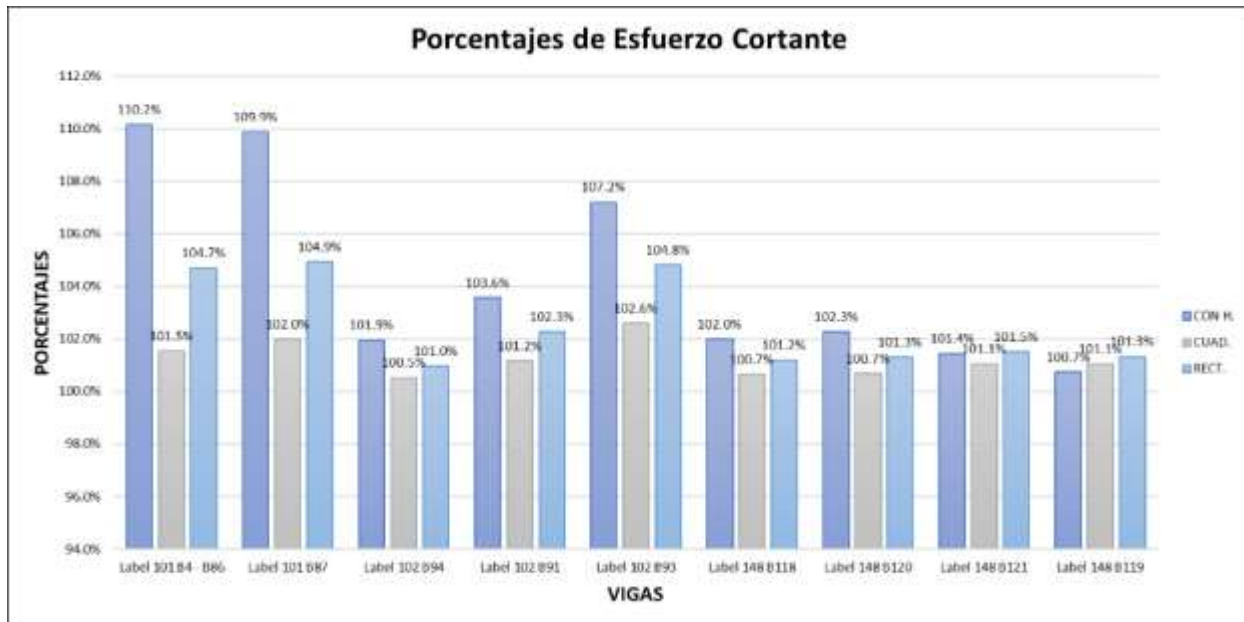


Figura 54: Porcentajes de los esfuerzos cortantes en los nudos seleccionados

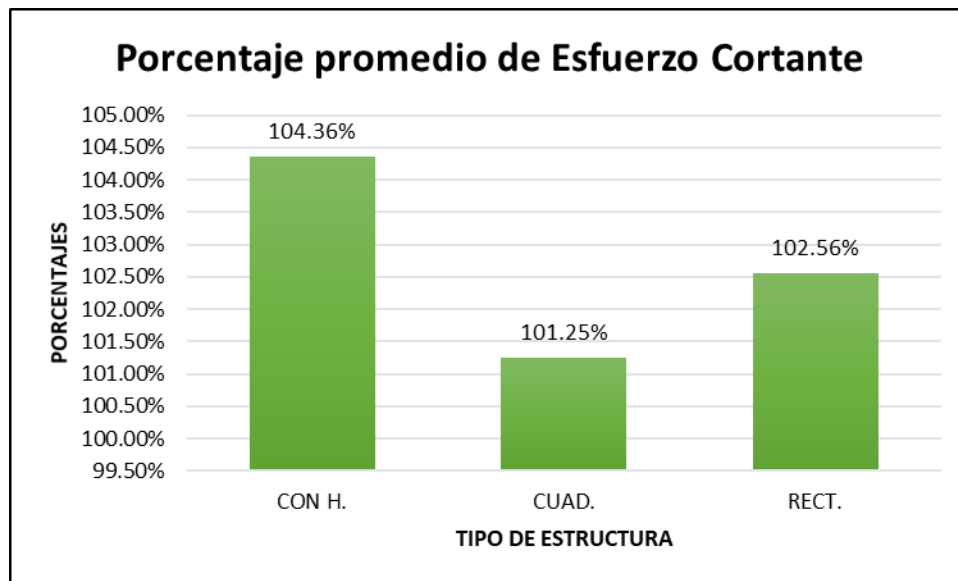


Figura 55: Porcentaje promedio de Esfuerzo Cortante por Estructura

Los resultados obtenidos de los esfuerzos cortantes en las vigas de los nudos seleccionados en las estructuras con perfiles metálicos embebidos en nudos según la Figura 55 respecto a la estructura sin refuerzo (modelo patrón) han incrementado en porcentaje su valor. Respecto a la estructura reforzada con perfil metálico H aumento 4.36%, respecto a la estructura reforzada

con perfil metálico tubular cuadrado aumento 1.25% y respecto a la estructura reforzada con perfil metálico tubular rectángulo aumento 2.56%. En base a estos resultados se observa que la estructura con perfil metálico H es la que aumenta más en porcentaje sus esfuerzos cortantes en vigas, por lo cual podemos determinar que con los perfiles metálicos H se obtiene una mejor respuesta estructural a nivel local. Puesto que si los esfuerzos cortantes se han incrementado quiere decir que la resistencia a fuerzas cortantes en las vigas de las estructuras reforzadas con perfiles metálicos embebidos en nudos también se ha incrementado.

Según los resultados obtenidos e indicados en los párrafos anteriores se acepta la segunda hipótesis específica, porque al reforzar la estructura de concreto armado de 14 pisos con perfiles metálicos H embebidos, siendo este el mejor de los casos, el esfuerzo cortante en vigas aumenta 4.36%, trayendo como consecuencia la mejora de la respuesta estructural a nivel local.

Esfuerzo de flexión en vigas

Para el cálculo de los esfuerzos de flexión en vigas se utilizó la siguiente fórmula.

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M \cdot c}{I} \dots \text{Ecuación 15}$$

Tabla 34

Esfuerzo a flexión de los nudos seleccionados del modelo sin refuerzo

NUDO	VIGA	INERCIA (m ⁴)	M(Ton)		c(m)	Esfuerzo a flexión máx. (Ton/m ²)	
			Tracción	Compresión		Tracción	Compresión
LABEL 101	B4	0.0054	2.2935	5.7991	0.3	127.42	322.17
	B87	0.0054	61.0687	49.8264	0.3	3392.71	2768.13
	B94	0.0054	0	16.61	0.3	0.00	922.78
LABEL 102	B91	0.0054	42.0858	34.4891	0.3	2338.10	1916.06
	B93	0.0054	55.8895	51.9902	0.3	3104.97	2888.34
	B118	0.0054	37.0589	14.8555	0.3	2058.83	825.31
LABEL 148	B120	0.0054	55.1106	21.4693	0.3	3061.70	1192.74
	B121	0.0054	23.6198	23.9297	0.3	1312.21	1329.43
	B119	0.0054	28.4433	17.6092	0.3	1580.18	978.29

Fuente: Autoría propia

Tabla 35

Esfuerzo a flexión de los nudos seleccionados del modelo con perfil metálico H

NUDO	VIGA	INERCIA (m ⁴)	M(Ton)		c(m)	Esfuerzo a flexión máx. (Ton/m ²)	
			Tracción	Compresión		Tracción	Compresión
LABEL 101	B86	0.0054	2.8812	6.3525	0.3	160.07	352.92
	B87	0.0054	68.2246	56.7504	0.3	3790.26	3152.80
	B94	0.0054	0	16.9416	0.3	0.00	941.20
LABEL 102	B91	0.0054	45.3693	37.18	0.3	2520.52	2065.56
	B93	0.0054	61.7811	57.6732	0.3	3432.28	3204.07
	B118	0.0054	39.6347	16.5725	0.3	2201.93	920.69
LABEL 148	B120	0.0054	58.88	23.5239	0.3	3271.11	1306.88
	B121	0.0054	25.1935	26.1408	0.3	1399.64	1452.27
	B119	0.0054	30.096	18.8692	0.3	1672.00	1048.29

Fuente: Autoría propia

Tabla 36

Esfuerzo a flexión de los nudos seleccionados del modelo con perfil metálico tubular cuadrado

NUDO	VIGA	INERCIA (m ⁴)	M(Ton)		c(m)	Esfuerzo a flexión máx. (Ton/m ²)	
			Tracción	Compresión		Tracción	Compresión
LABEL 101	B86	0.0054	2.3776	5.8995	0.3	132.09	327.75
	B87	0.0054	62.4364	51.203	0.3	3468.69	2844.61
	B94	0.0054	0	16.7124	0.3	0.00	928.47
LABEL 102	B91	0.0054	42.6438	34.8867	0.3	2369.10	1938.15
	B93	0.0054	57.2646	53.359	0.3	3181.37	2964.39
	B118	0.0054	37.6134	15.3063	0.3	2089.63	850.35
LABEL 148	B120	0.0054	55.9044	21.9644	0.3	3105.80	1220.24
	B121	0.0054	23.9301	24.3549	0.3	1329.45	1353.05
	B119	0.0054	28.7879	17.8468	0.3	1599.33	991.49

Fuente: Autoría propia

Tabla 37

Esfuerzo a flexión de los nudos seleccionados del modelo con perfil metálico tubular rectángulo

NUDO	VIGA	INERCIA (m ⁴)	M(Ton)		c(m)	Esfuerzo a flexión máx. (Ton/m ²)	
			Tracción	Compresión		Tracción	Compresión
LABEL 101	B86	0.0054	2.5552	6.072	0.3	141.96	337.33
	B87	0.0054	64.5689	53.1934	0.3	3587.16	2955.19
	B94	0.0054	0	16.7904	0.3	0.00	932.80
LABEL 102	B91	0.0054	43.6236	35.7034	0.3	2423.53	1983.52
	B93	0.0054	59.0517	55.0719	0.3	3280.65	3059.55
	B118	0.0054	38.3167	15.728	0.3	2128.71	873.78
LABEL 148	B120	0.0054	56.9819	22.471	0.3	3165.66	1248.39
	B121	0.0054	24.394	24.9932	0.3	1355.22	1388.51
	B119	0.0054	29.2833	18.1838	0.3	1626.85	1010.21

Fuente: Autoría propia

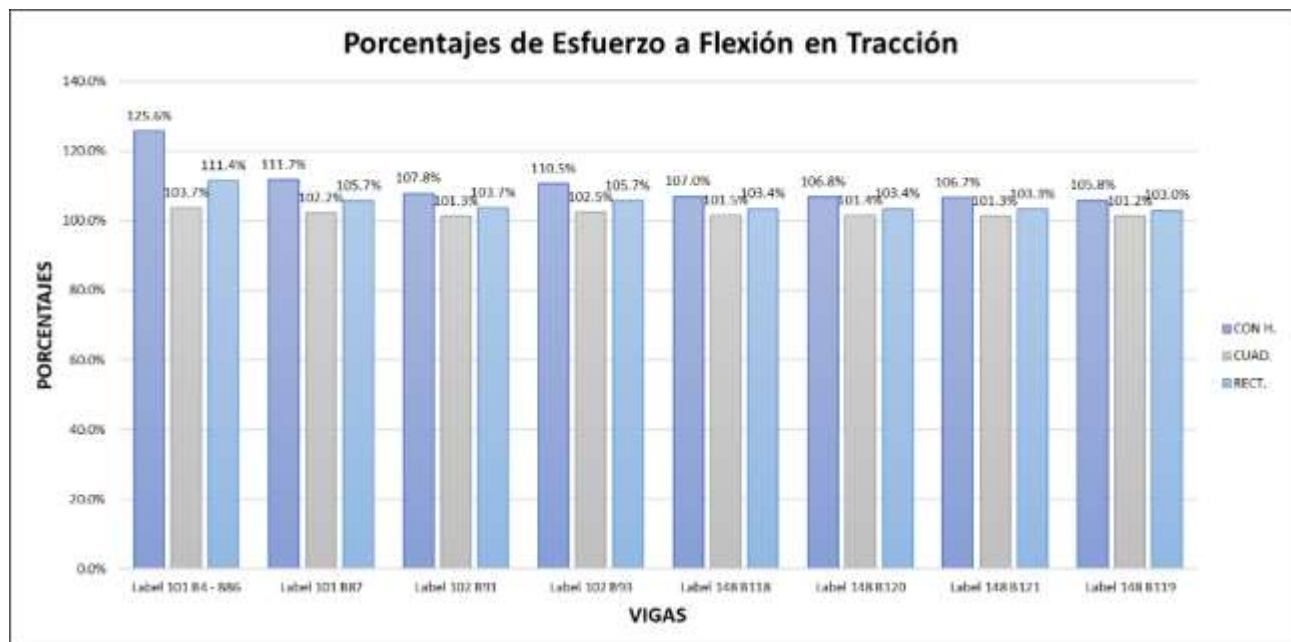


Figura 56: Porcentajes de los esfuerzos a flexión en tracción de los nudos seleccionados

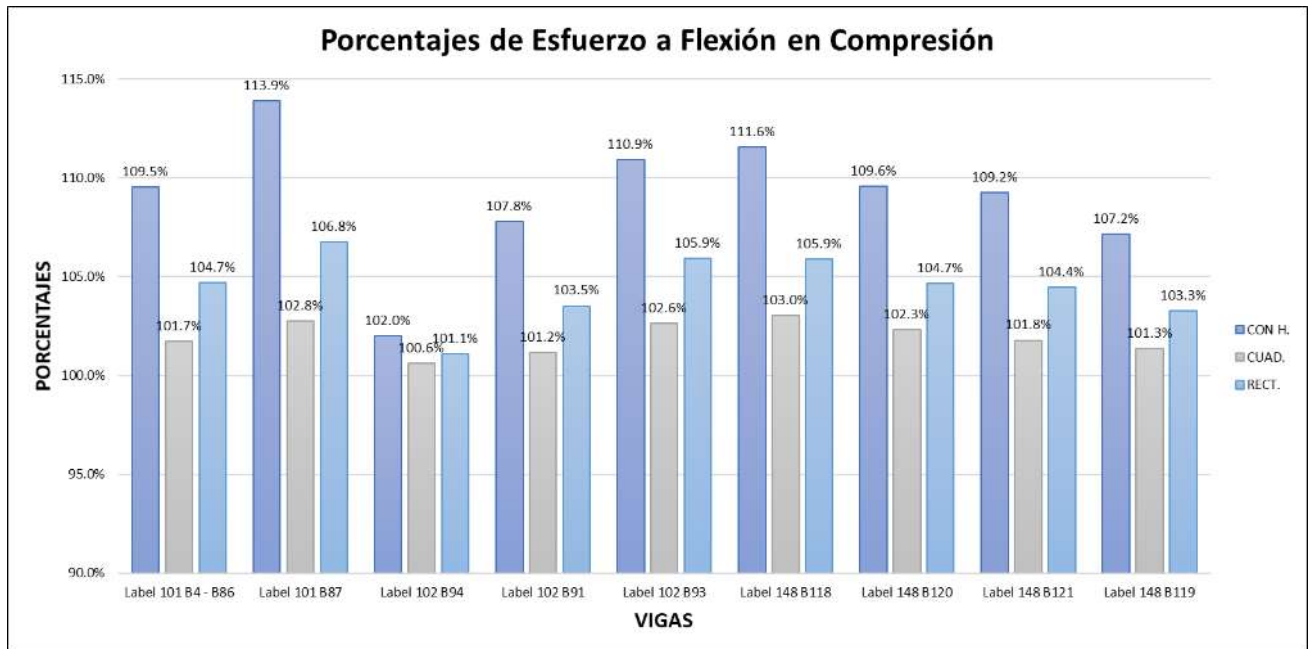


Figura 57: Porcentajes de los esfuerzos a flexión en compresión de los nudos seleccionados

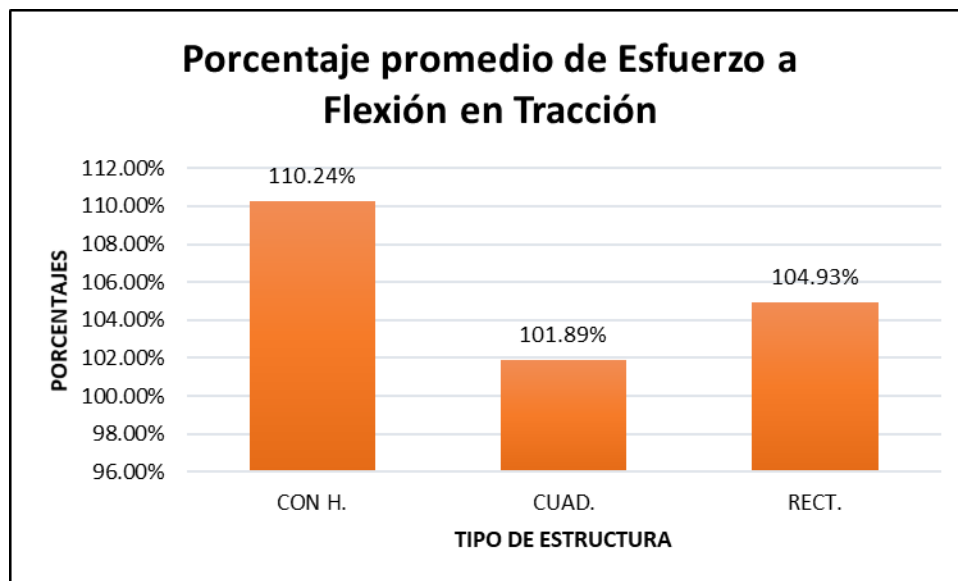


Figura 58: Porcentaje promedio de Esfuerzo a Flexión en Tracción por Estructura

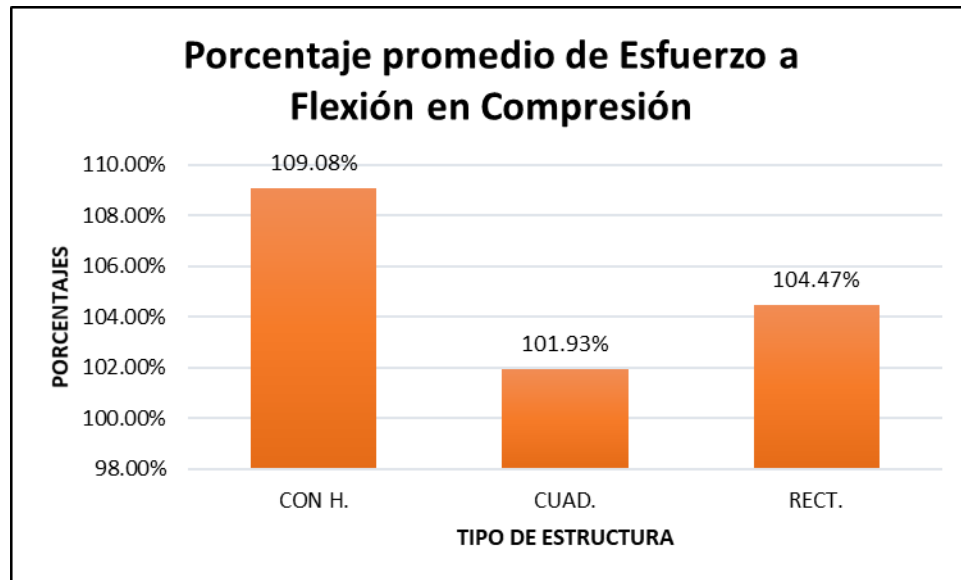


Figura 59: Porcentaje promedio de Esfuerzo a Flexión en Compresión por Estructura

Los resultados obtenidos de los esfuerzos a flexión en las vigas de los nudos seleccionados en las estructuras con perfiles metálicos embebidos en nudos según la Figura 58 y la Figura 59 respecto a la estructura sin refuerzo (modelo patrón) han incrementado en porcentaje su valor. Respecto a la estructura reforzada con perfil metálico H aumento 10.24% en tracción y 9.08% en compresión, respecto a la estructura reforzada con perfil metálico tubular cuadrado aumento 1.89% en tracción y 1.93% en compresión y respecto a la estructura reforzada con perfil metálico tubular rectángulo aumento 4.93% en tracción y 4.47% en compresión. En base a estos resultados se observa que la estructura con perfil metálico H es la que aumenta más en porcentaje sus esfuerzos a flexión en vigas, por lo cual podemos determinar que con los perfiles metálicos H se obtiene una mejor respuesta estructural a nivel local. Puesto que si los esfuerzos a flexión se han incrementado quiere decir que la resistencia a momento flector en las vigas de las estructuras reforzadas con perfiles metálicos embebidos en nudos también se ha incrementado.

Según los resultados obtenidos e indicados en los párrafos anteriores se acepta la segunda hipótesis específica, porque al reforzar la estructura de concreto armado de 14 pisos con perfiles metálicos H embebidos, siendo este el mejor de los casos, el esfuerzo a flexión en tracción y compresión en vigas, aumenta 10.24% y 9.08% respectivamente, trayendo como consecuencia la mejora de la respuesta estructural a nivel local.

Esfuerzos axiales en columnas

Para el cálculo de los esfuerzos de flexión en vigas se utilizó la siguiente fórmula.

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots \text{Ecuación 16}$$

Tabla 38

Esfuerzo axial de los nudos seleccionados del modelo sin refuerzo

NUDO	COLUMNA	Dimensiones columna	F(Ton)	A(m2)	Esfuerzo axial máx. (Ton/m2)
LABEL 101	C33	40x90	364.8196	0.36	1013.39
	C42	40x90	394.1173	0.36	1094.77
LABEL 102	C44	40x90	407.7632	0.36	1132.68
	C43	40x90	442.1471	0.36	1228.19
LABEL 148	C90	75x75	749.3601	0.5625	1332.20
	C89	75x75	818.3091	0.5625	1454.77

Fuente: Autoría propia

Tabla 39

Esfuerzo axial de los nudos seleccionados del modelo con perfil metálico H

NUDO	COLUMNA	Dimensiones columna	F(Ton)	A(m2)	Esfuerzo axial máx. (Ton/m2)
LABEL 101	C33	40x90	388.2045	0.36	1078.35
	C42	40x90	420.0929	0.36	1166.92
LABEL 102	C44	40x90	422.6575	0.36	1174.05
	C43	40x90	458.615	0.36	1273.93
LABEL 148	C90	75x75	769.0951	0.5625	1367.28
	C89	75x75	838.8557	0.5625	1491.30

Fuente: Autoría propia

Tabla 40

Esfuerzo axial de los nudos seleccionados del modelo con perfil metálico tubular cuadrado

NUDO	COLUMNA	Dimensiones columna	F(Ton)	A(m2)	Esfuerzo axial máx. (Ton/m2)
LABEL 101	C33	40x90	372.1213	0.36	1033.67
	C42	40x90	402.0472	0.36	1116.80
LABEL 102	C44	40x90	413.9014	0.36	1149.73
	C43	40x90	448.9163	0.36	1246.99
LABEL 148	C90	75x75	760.6735	0.5625	1352.31
	C89	75x75	830.0067	0.5625	1475.57

Fuente: Autoría propia

Tabla 41

Esfuerzo axial de los nudos seleccionados del modelo con perfil metálico tubular rectángulo

NUDO	COLUMNA	Dimensiones columna	F(Ton)	A(m2)	Esfuerzo axial máx. (Ton/m2)
LABEL 101	C33	40x90	379.7441	0.36	1054.84
	C42	40x90	410.4516	0.36	1140.14
LABEL 102	C44	40x90	419.4002	0.36	1165.00
	C43	40x90	454.8911	0.36	1263.59
LABEL 148	C90	75x75	759.7498	0.5625	1350.67
	C89	75x75	829.2624	0.5625	1474.24

Fuente: Autoría propia

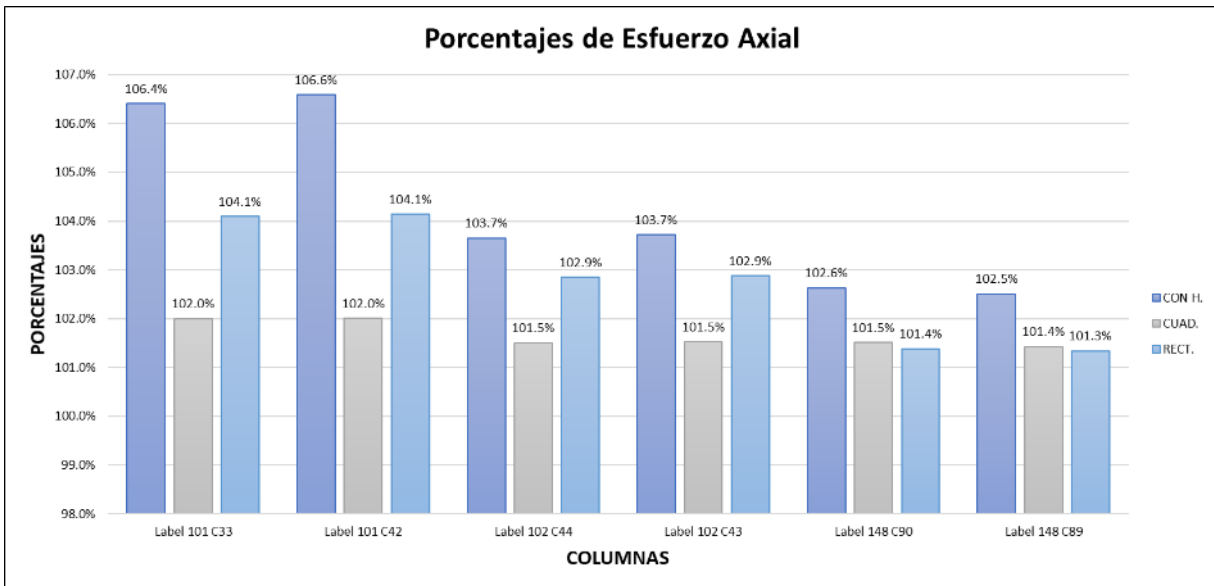


Figura 60: Porcentajes de los esfuerzos axiales de los nudos seleccionados

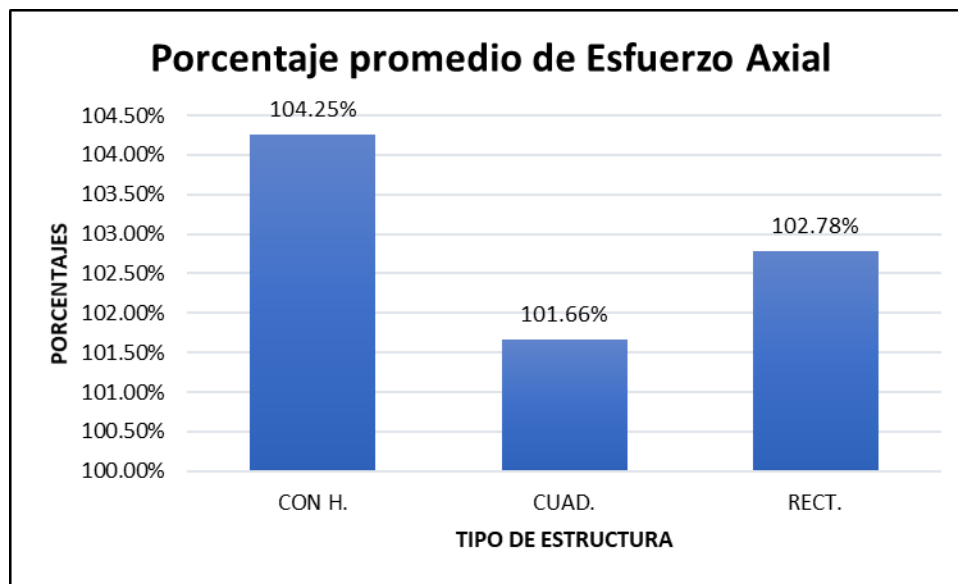


Figura 61: Porcentaje promedio de Esfuerzo Axial por Estructura

Los resultados obtenidos de los esfuerzos axiales en las columnas de los nudos seleccionados en las estructuras con perfiles metálicos embebidos en nudos según la Figura 61 respecto a la estructura sin refuerzo (modelo patrón) han incrementado en porcentaje su valor. Respecto a la estructura reforzada con perfil metálico H aumento 4.25%, respecto a la estructura reforzada con perfil metálico tubular cuadrado aumento 1.66% y respecto a la estructura reforzada con

perfil metálico tubular rectángulo aumento 2.78%. En base a estos resultados se observa que la estructura con perfil metálico H es la que aumenta más en porcentaje sus esfuerzos axiales en columnas, por lo cual podemos determinar que con los perfiles metálicos H se obtiene una mejor respuesta estructural a nivel local. Puesto que si los esfuerzos axiales se han incrementado quiere decir que la resistencia a fuerzas axiales en las columnas de las estructuras reforzadas con perfiles metálicos embebidos en nudos también se ha incrementado.

Según los resultados obtenidos e indicados en los párrafos anteriores se acepta la segunda hipótesis específica, porque al reforzar la estructura de concreto armado de 14 pisos con perfiles metálicos H embebidos, siendo este el mejor de los casos, el esfuerzo axial en columnas aumenta 4.25%, trayendo como consecuencia la mejora de la respuesta estructural a nivel local.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Respecto al periodo fundamental obtenido en la presente investigación según la Figura 45 en la estructura reforzada con perfil metálico H disminuye en el eje X 1.41% y en el eje Y 3%, en la estructura reforzada con perfil metálico tubular cuadrado disminuye en el eje X 0.22% y en el eje Y 1%, en la estructura reforzada con perfil metálico tubular rectángulo disminuye en el eje X 0.65% y en el eje Y 2%. Según Pandey (2017) en su investigación “Comparative Design and Analysis of Multi-Storey RCC and Composite Structures” en relación al periodo fundamental comparando una estructura de concreto armado (RCC) con la misma estructura, pero con elementos compuestos, esta última disminuye en el eje X y en el eje Y 10%. Entonces si comparamos los porcentajes obtenidos en nuestra investigación del periodo fundamental con los porcentajes de la investigación referenciada de Pandey (2017) en ambos casos se reduce el periodo fundamental, pero en la referencia lo hace mucho más. Esto se debe a que en la investigación de referencia se reforzó la estructura en su totalidad mientras que en la presente investigación solo se reforzó en los nudos.

Respecto a la cortante basal obtenida en la presente investigación según la Figura 46 en la estructura reforzada con perfil metálico H aumenta en el eje X 2.27% y en el eje Y 4.1%, en la estructura reforzada con perfil metálico tubular cuadrado aumenta en el eje X 0.86% y en el eje Y 1.29%, en la estructura reforzada con perfil metálico tubular rectángulo aumenta en el eje X 1.51% y en el eje Y 2.49%. Según Pandey (2014) en su investigación “Comparative Seismic Analysis of RCC, Steel and Steel-Concrete Composite frame” obtuvo que la cortante basal en la estructura compuesta de acero-concreto respecto a la estructura de concreto armado disminuye en el eje X y en el eje Y 40%. Entonces si comparamos los porcentajes obtenidos en nuestra investigación de la

cortante basal con los porcentajes de la investigación referenciada de Pandey (2014) en nuestro caso aumentan y en la investigación de referencia disminuyen. Esto se debe a que en la tesis de referencia se utilizó elementos con dimensiones menores en la estructura compuesta, lo cual provoco que la estructura de concreto armado comparada con la estructura compuesta tenga más peso y por ende mayor cortante basal. Mientras que en la presente investigación las dimensiones de los elementos se mantuvieron igual tanto en la estructura de concreto armado como en la reforzada con perfiles metálicos embebidos en nudos, lo cual provoco que la estructura de concreto armado tenga menos peso que la estructura reforzada con perfiles metálicos y por ende menor cortante basal.

Respecto a las aceleraciones de entrepiso obtenidas en la investigación no hubo variación notoria entre la estructura sin refuerzo (Modelo patrón) y las estructuras reforzadas con perfiles metálicos embebidos, ya que como máximo se obtuvo 1% según la Tabla 28 y la Tabla 29. Según Balachandra y Ravi (2018) en su investigación “Comparative Study on Vertical Irregular Composite Structure with RCC Structure” en relación a la aceleración de entrepiso hizo una comparación entre una estructura compuesta con una de concreto armado donde obtuvo un incremento de 2% como máximo en la estructura compuesta. Entonces si comparamos los porcentajes obtenidos en nuestra investigación de la aceleración de entrepiso con los porcentajes de la investigación referenciada de Balachandra y Ravi (2018) en nuestro caso no ha variado demasiado y en el caso de la referencia se incrementa, pero en un porcentaje pequeño. Esto se debe a que en la investigación de referencia se reforzo la estructura en su totalidad mientras que en la presente investigación solo se reforzo en los nudos.

Respecto a la distorsión de entrepiso obtenida en la presente investigación según la Figura 53 en la estructura reforzada con perfil metálico H disminuye en el eje X 1.86% y en el eje Y 3.54%,

en la estructura reforzada con perfil metálico tubular cuadrado disminuye en el eje X 0.43% y en el eje Y 0.91%, en la estructura reforzada con perfil metálico tubular rectángulo disminuye en el eje X 0.96% y en el eje Y 1.87%. Según Murtuza (2016) en su investigación “Behavior of G+15 R.C.C. and Composite Structure” en relación a la distorsión de entrepiso comparo una estructura de concreto armado (RCC) de 15 pisos con la misma estructura, pero con elementos compuestos, esta última disminuyo en el eje X y en el eje Y 12%. Entonces si comparamos los porcentajes obtenidos en nuestra investigación de la distorsión de entrepiso con los porcentajes de la investigación referenciada de Murtuza (2016) en ambos casos se reduce la distorsión de entrepiso, pero en la referencia lo hace mucho más. Esto se debe a que en la investigación de referencia se reforzo la estructura en su totalidad mientras que en la presente investigación solo se reforzo en los nudos.

Respecto al esfuerzo cortante en las vigas de los nudos seleccionados, para el cálculo de estos se emplea las fuerzas cortantes máximas obtenidas con el programa ETABS por esto los esfuerzos cortantes y las fuerzas cortantes varían de manera directamente proporcional. Entonces según la Figura 55 la fuerza cortante en las vigas de las estructuras con perfil metálico H aumento 4.36%, con perfil metálico tubular cuadrado aumento 1.25% y con perfil metálico tubular rectángulo aumento 2.56%. Según Mohite, Joshi y Deulkar (2015) en su investigación “Comparative Analysis of RCC and Steel-Concrete-Composite (B+G+11 Storey) Building” en relación a las fuerzas cortantes en las vigas de su estructura compuesta obtuvo un aumento de 39.43% en comparación con la misma estructura, pero de concreto armado (RCC). Entonces comparando los porcentajes obtenidos de fuerza cortante en la presente investigación y los obtenidos en la investigación de Mohite, Joshi y Deulkar (2015) se observa que en ambos casos se presenta un incremento, pero en la investigación referenciada es mucho más. Esto se debe a que en la investigación de referencia

se refuerza en su totalidad las vigas mientras que en la presente investigación se refuerza solo la parte del nudo de las vigas.

Respecto al esfuerzo a flexión en las vigas de los nudos seleccionados para el cálculo de estos se emplea los momentos flectores máximos obtenidos con el programa ETABS por esto los esfuerzos a flexión y los momentos flectores varían de manera directamente proporcional. Entonces según la Figura 58 y la Figura 59 los momentos flectores en las vigas de las estructuras con perfil metálico H aumentan 10.24% en tracción y 9.08% en compresión, con perfil metálico tubular cuadrado aumentan 1.89% en tracción y 1.93% en compresión, con perfil metálico tubular rectángulo aumentan 4.93% en tracción y 4.47% en compresión. Según Mohite, Joshi y Deulkar (2015) en su investigación “Comparative Analysis of RCC and Steel-Concrete-Composite (B+G+11 Storye) Building” en relación a los momentos flectores en las vigas de su estructura compuesta obtuvo un aumento de 52.57% en comparación con la misma estructura, pero de concreto armado (RCC). Entonces comparando los porcentajes obtenidos de momento flector en la presente investigación y los obtenidos en la investigación de Mohite, Joshi y Deulkar (2015) se observa que en ambos casos se presenta un incremento, pero en la investigación referenciada es mucho más. Esto se debe a que en la investigación de referencia se refuerza en su totalidad las vigas mientras que en la presente investigación se refuerza solo la parte del nudo de las vigas.

Respecto al esfuerzo axial en las columnas de los nudos seleccionados, para el cálculo de estos se emplea las fuerzas axiales máximas obtenidas con el programa ETABS por ello los esfuerzos axiales y las fuerzas axiales varían de manera directamente proporcional. Entonces según la Figura 61 la fuerza axial en las columnas de las estructuras con perfil metálico H aumento 4.25%, con perfil metálico tubular cuadrado aumento 1.66% y con perfil metálico tubular rectángulo aumento 2.78%. Según Mohite, Joshi y Deulkar (2015) en su investigación “Comparative Analysis of RCC

and Steel-Concrete-Composite (B+G+11 Storey) Building” en relación a las fuerzas axiales en las columnas de su estructura compuesta obtuvo una reducción de 9.08% en comparación con la misma estructura, pero de concreto armado (RCC). Entonces comparando los porcentajes obtenidos de fuerza axial en la presente investigación y los obtenidos en la investigación de Mohite, Joshi y Deulkar (2015) se observa que en el presente trabajo aumentan las fuerzas axiales mientras que en la investigación de referencia se reducen. Esto posiblemente se debe a que en nuestro caso solo se reforzó la parte del nudo de la columna mientras que en el caso referenciado se reforzó en su totalidad la parte del nudo de la columna.

4.2. Conclusiones

Se ha determinado que la respuesta estructural a nivel global del edificio reforzado con perfiles metálicos embebidos en nudos; en relación al periodo fundamental el reforzamiento más adecuado es el de perfil metálico H puesto que disminuyó 1.41% en el eje X y 3% en el eje Y como lo indica la Figura 45; en relación a la cortante basal el reforzamiento más adecuado es el de perfil metálico H porque aumentó 2.27% en el eje X y 4.10% en el eje Y como lo indica la Figura 46; en relación a las aceleraciones de entrepiso no se obtuvo un reforzamiento más adecuado ya que los valores obtenidos presentaron una variación mínima como lo indican la Tabla 28 y la Tabla 29; en relación a las distorsiones de entrepiso el reforzamiento más adecuado es el de perfil metálico H ya que las redujo 1.86% en el eje X y 3.54% en el eje Y como lo indica la Figura 53. En base a estos resultados se concluye que la respuesta estructural a nivel global del edificio de concreto armado reforzado con perfiles metálicos embebidos en nudos ha mejorado puesto que al obtener dichos resultados se incrementa la rigidez de la edificación. Además, el reforzamiento más adecuado es el de perfil metálico H ya que en comparación con los demás perfiles se obtuvo resultados mayores en porcentaje con relación a los parámetros globales.

Se ha determinado que la respuesta estructural a nivel local del edificio reforzado con perfiles metálicos embebidos en nudos; en relación al esfuerzo cortante de vigas el reforzamiento más adecuado es el de perfil metálico H puesto que aumento 4.36% como lo indica la Figura 55; en relación al esfuerzo a flexión en tracción de vigas el reforzamiento más adecuado es el de perfil metálico H porque aumento 10.24% como lo indica la Figura 58; en relación al esfuerzo a flexión en compresión de vigas el reforzamiento más adecuado es el de perfil metálico H ya que aumento 9.08% como lo indica la Figura 59; en relación al esfuerzo axial de columnas el reforzamiento más adecuado es el de perfil metálico H puesto que aumento 4.25% como lo indica la Figura 61. En base a estos resultados se concluye que la respuesta estructural a nivel local del edificio de concreto armado reforzado con perfiles metálicos embebidos en nudos ha mejorado puesto que al obtener dichos resultados se incrementa la resistencia de la edificación. Además, el reforzamiento más adecuado es el de perfil metálico H ya que en comparación con los demás perfiles se obtuvo resultados mayores en porcentaje con relación a los parámetros locales.

De manera general se determinó que la respuesta estructural del edificio reforzado con perfiles metálicos embebidos en nudos ha mejorado a nivel global y local. Además, el reforzamiento más adecuado es el de perfil metálico H puesto que en relación a cada uno de los parámetros evaluados se obtuvo mejores resultados.

REFERENCIAS

- Aceros Arequipa (2016). *Tubo ASTM A500 LAC y GALV para estructuras*. Recuperado de <https://www.acerosarequipa.com>
- Aceros Arequipa (2020). *Vigas H Alas Anchas WF estándar americano*. Recuperado de <https://www.acerosarequipa.com>
- American Concrete Institute (2017) *Guide for design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening of concrete structures* ACI 440.2R-17, Farmington Hill, Michigan, USA.
- American Concrete Institute (2019). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*. ACI 318-19. Farmington Hills, MI, USA.
- American Institute of Steel Construction (2016) *Specification for Structural Steel Buildings*. AISC 360 – 16. Chicago, USA.
- Balachandra, G. y Ravi, K. (julio de 2018) Comparative Study on Vertical Irregular Composite Structure with RCC Structure. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 5(7), 703-709.
- Cámara Peruana de la Construcción (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones – Cargas E-020. Perú: CAPECO.
- Cámara Peruana de la Construcción (2009). Reglamento Nacional de Edificaciones – Concreto Armado E-060. Perú: CAPECO
- Cámara Peruana de la Construcción (2018). Reglamento Nacional de Edificaciones – Diseño Sismorresistente E-030. Perú: CAPECO

- Cámara Peruana de la Construcción. (11 de setiembre de 2014). Capeco: Lima tiene, en promedio, edificios de 12.8 pisos *Diario Correo*. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/economia/capeco-lima-tiene-en-promedio-edificios-d-7753/>
- Ceballos, J. y Rodriguez, J. (2016) *Comparación técnica y económica del diseño de una estructura mixta con respecto a una convencional de concreto reforzado* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Charantimath, S., Cholekar, S., y Birje, M. (2014) Comparative Study on Structural Parameter of R.C.C and Composite Building. *Civil and Environmental Research*. 6(6), 98-109.
- Cházaro, C. (2019). Diseño Básico de Estructuras de Acero. Recuperado de https://www.gerdaucorsa.com.mx/sites/mx_gerdau/files/PDF/COLECCION_DISEN%C3%83O_BASIC0_DE_ESTRUCTURAS_ACERO_2019_Versi%C3%B3n_Actualizada.pdf
- Chopra, A. (2014). Dinámica de Estructuras. Naucalpan de Juárez, México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Diccionario de Arquitectura y Construcción (2020) *Definiciones y Traducciones*. <https://www.parro.com.ar/definiciones.php>
- Earthquake Engineering Research Institute (EERI). (1999a). The Tehuacan, Mexico, earthquake of June 15, 1999. *EERI Special Earthquake Report*. Recuperado de <https://www.eeri.org/1999/06/tehuacan/7>
- Earthquake Engineering Research Institute (EERI). (1999b). The Chi-Chi, Taiwan earthquake of September 21, 1999. *EERI Special Earthquake Report*. Recuperado de <https://www.eeri.org/1999/09/chi-chi/>

- Earthquake Engineering Research Institute (EERI). (1999c). The Athens, Greece earthquake of September 7, 1999. *EERI Special Earthquake Report*. Recuperado de <https://www.eeri.org/1999/09/athens/>
- El Comercio (17 de setiembre de 2019). Pisco: hace 12 años se registró uno de los terremotos más destructivos del Perú. *El Comercio*. Recuperado de <https://elcomercio.pe/peru/ica/pisco-12-anos-registro-terremotos-destructivos-peru-noticia-ecpm-547135-noticia/>
- Escobar, J., y Cuervo, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización. *Avances en medición*, 6, 27-36.
- Gallego, M (2011). El concreto y los terremotos. *Construcción y tecnología en concreto*, núm. 2. Recuperado de <http://www.imcyc.com/revistacyt/May11/artingenieria.htm>
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México: MCGRAW-HILL.
- Hibbeler, R.(2016a). *Ingeniería mecánica Dinámica*. México: PEARSON EDUCACION.
- Hibbeler, R.(2016b). *Mecánica de materiales*. México: PEARSON EDUCACION.
- Kumawat, M., y Kalurkar, L. (mayo de 2014) Static & Dynamic Analysis of Multistory Building using Composite Structure. *International Journal of Research in Engineering and Technology (IJRET)*. 3(7), 638-647.
- Marian de Aguiar, (2016). *SaberMetología: Técnicas e Instrumentos de recolección*. Venezuela. Recuperado de <https://sabermetodologia.wordpress.com>
- Martínez, J., Álvarez, J. y Fundora, N. (2015). Uniones viga-columna continuas de hormigón armado prefabricado: apuntes sobre su comportamiento. *Arquitectura y Urbanismo*, 36(3), 93-103.
- Mérida, C. (2006). *Técnicas y Proceso de Investigación*. Recuperado de <https://investigar1.files.wordpress.com/2010/05/recoleccion-de-datos.pdf>

- Mohite, N., Joshi, P. y Deulkar, W. (octubre de 2015). Comparative Analysis of RCC and Steel-Concrete-Composite (B+G+11 Storey) Building. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 5(10), 1-6
- Monografías (2020). *Corte Basal*. <https://www.monografias.com/docs/Corte-Basal-FKLVAS3R99CF>
- Montava, I. (2017). *Estudio del comportamiento de estructuras de hormigon armado con perfiles metalicos completamente embebidos* (Tesis doctoral). Universidad de Alicante, España.
- Murtuza, S. (2016). Behavior of G+15 R.C.C. and Composite Structure. *International Journal of Innovative and Emerging Research in Engineering*. 3(1), 402-407.
- Noguera, H. (2018). *Comparación de la respuesta estructural en edificaciones aporricadas de concreto reforzado aplicando análisis dinámico lineal y no lineal*. (Tesis de pregrado). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2010). *Terremoto de Pisco, Perú – A dos años del sismo, crónica y lecciones aprendidas en el sector salud*. Recuperado de <https://www.gfdrr.org/sites/default/files/Cronica%20y%20Lecciones%20Terremoto%20Peru.pdf>
- Padrón, J. (mayo de 2006). *Bases del concepto de “ Investigación aplicada”*. Recuperado de <http://padron.entretemas.com.ve/InvAplicada/index.htm>
- Panchal, D., y Marathe, P. (2011) Comparative Study of R.C.C, Steel and Composite (G + 30 Storey) Building. *Institute of Technology, Nirma University, Ahmedabad*. Recuperado de <https://www.academia.edu/>
- Pandey, A. (2017) *Comparative Design and Analysis of Multi-Storey RCC and Composite Structures* (Tesis de maestría). Lovely Professional University, Phagwara, India.

- Pandey, R. (2014) *Comparative Seismic Analysis of RCC, Steel and Steel-Concrete Composite frame* (Tesis de pregrado). National Institute of Technology, Rourkela, India.
- Patil, U., y Suryanarayana, M. (junio de 2015) Analysis of G+15 RCC and Composite Structure having a Soft Storey at Ground Level by Response Spectrum and Equivalent Static Methods using ETABS 2013. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 2(3), 59-64.
- Paulay, T., y Priestley, M. (1992), *Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings*. John Wiley & Sons, INC.
- Peralta, H., Sánchez, S. y Arroyo, R. (setiembre – diciembre 2014). Incertidumbre en la evaluación de periodos en edificios de mampostería tipo INFONAVIT ubicados en Chilpancingo, Guerrero. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (63), 32-39.
- Ramírez, A. (18 de julio de 2013). *Tecnicas de Investigacion Educactiva G38*. Chiapas, México. Recuperado de <https://sites.google.com/site/tecnicasdeinvestigaciond38/>
- Requena, B. (2014). *Estadística Descriptiva*. Recuperado de <https://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/>
- Rochel, R. (2012) *Análisis y diseño sísmico de edificios*. Recuperado de https://www.academia.edu/33610418/Analisis_y_diseno_sismico_de_edificios_Roberto_Rochel_Awad
- Ruiz, J. (2013). *Estudio experimental de nudos interiores viga-columna de entramados de hormigón armado con detalles no-dúctiles, con columnas reforzadas mediante angulares y presillas de acero, sometidos a cargas cíclicas*. (Tesis doctoral). Universidad Técnica de Valencia, Valencia, España.


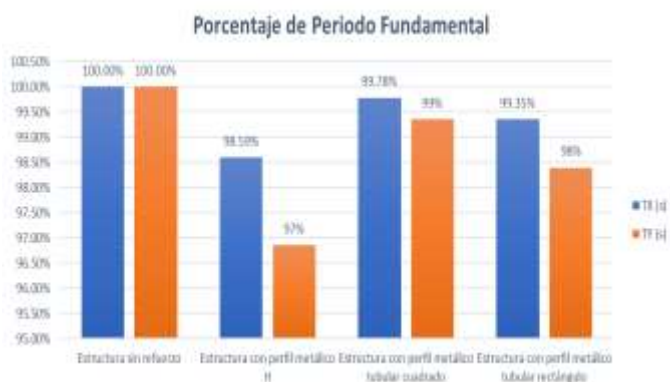
Tapia, W. (2016). *Estudio de uniones viga columna reforzadas con CFRP en estructuras de hasta cuatro pisos de alto, modelación de una unión en Matlab, y ensayo práctico de una unión.*

(Tesis de pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, Ecuador.



Wagh, S., y Waghe, U. (abril de 2014) Comparative Study of R.C.C and Steel Concrete Composite Structures. *International Journal of Engineering Research and Applications*. 4(4), 369-376.

ANEXOS


Anexo N.º 1. Ficha N°1 Parámetro Global - Periodo Fundamental

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		FACULTAD DE INGENIERIA Carrera de Ingeniería Civil	TITULO DE LA TESIS: "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO CON PERFILES METALICOS EMBEBIDOS EN NUDOS EN LIMA, PERÚ - 2020"
Autor:	Luis Alfredo Verastegui Chuquilin	Fecha:	2 de Octubre del 2020
FICHA N°1 Parámetro Global - Periodo Fundamental			
MODELO	TX (s)	TY (s)	Gráfica de Comparación Porcentual
Estructura sin refuerzo	0.923	1.558	
Estructura con perfil metálico H	0.91	1.509	
Estructura con perfil metálico tubular cuadrado	0.921	1.548	
Estructura con perfil metálico tubular rectángulo	0.917	1.533	
<p>Interpretación: Se observa a partir de los resultados y el cuadro de porcentajes que el refuerzo más adecuado es el de perfil metálico H puesto que tiene mayores valores y mayor porcentaje de reducción en el parámetro global de periodo fundamental.</p>			


Anexo N.º 2. Ficha N°2 Parámetro Global - Cortante Basal

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>		<p>FACULTAD DE INGENIERIA Carrera de Ingeniería Civil</p>	<p>TITULO DE LA TESIS: "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO CON PERFILES METALICOS EMBEBIDOS EN NUDOS EN LIMA, PERÚ - 2020"</p>
<p>Autor:</p>	<p>Luis Alfredo Verastegui Chuquilin</p>		<p>Fecha:</p> <p>2 de Octubre del 2020</p>
<p>FICHA N°2 Parámetro Global - Cortante Basal</p>			
<p>MODELO</p>	<p>Vx (Ton)</p>	<p>Vy (Ton)</p>	<p>Gráfica de Comparación Porcentual</p>
<p>Estructura sin refuerzo</p>	<p>3759.73615</p>	<p>2227.36615</p>	
<p>Estructura con perfil metálico H</p>	<p>3845.08205</p>	<p>2318.77049</p>	
<p>Estructura con perfil metálico tubular cuadrado</p>	<p>3792.0855</p>	<p>2256.14389</p>	
<p>Estructura con perfil metálico tubular rectángulo</p>	<p>3816.33255</p>	<p>2282.82906</p>	
<p>Interpretación: Se observa a partir de los resultados y el cuadro de porcentajes que el refuerzo más adecuado es el de perfil metálico H puesto que tiene mayores valores y mayor porcentaje de incremento en el parámetro global de cortante basal.</p>			

Anexo N.º 3. Ficha N°3 Parámetro Global - Aceleración de entrepiso




 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		FACULTAD DE INGENIERIA Carrera de Ingeniería Civil				TITULO DE LA TESIS: "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO CON PERFILES METALICOS EMBEBIDOS EN NUDOS EN LIMA, PERÚ - 2020"								
Autor: Luis Alfredo Verastegui Chuquilin						Fecha: 2 de Octubre del 2020								
FICHA N°3 Parámetro Global - Aceleración de entrepiso														
PISO	Estructura sin Refuerzo		Estructura con perfil metálico H				Estructura con perfil metálico tubular cuadrado				Estructura con perfil metálico tubular rectángulo			
	UX	UY	UX		UY		UX		UY		UX		UY	
	m/s ²	m/s ²	m/s ²	%	m/s ²	%	m/s ²	%	m/s ²	%	m/s ²	%	m/s ²	%
CM	7.7951	5.3542	7.7965	100%	5.3552	100%	7.7857	100%	5.3613	100%	7.7887	100%	5.3506	100%
TECHO 14	7.2004	6.642	7.2907	101%	6.5866	99%	7.2179	100%	6.6355	100%	7.241	101%	6.6064	99%
TECHO 13	6.1413	5.0841	6.2175	101%	5.0588	100%	6.155	100%	5.085	100%	6.1744	101%	5.0654	100%
TECHO 12	5.3002	3.9864	5.3628	101%	4.0351	101%	5.3103	100%	3.9942	100%	5.3267	100%	3.9918	100%
TECHO 11	4.753	3.4423	4.8085	101%	3.4688	101%	4.7617	100%	3.4503	100%	4.7769	101%	3.4475	100%
TECHO 10	4.4342	3.1693	4.483	101%	3.1818	100%	4.4416	100%	3.1757	100%	4.4551	100%	3.1734	100%
TECHO 09	4.2737	3.1961	4.3217	101%	3.1949	100%	4.2823	100%	3.2	100%	4.295	100%	3.1935	100%
TECHO 08	4.1835	3.3702	4.227	101%	3.3546	100%	4.1912	100%	3.372	100%	4.2024	100%	3.3597	100%
TECHO 07	4.0649	3.5059	4.1062	101%	3.4791	99%	4.0716	100%	3.5057	100%	4.0823	100%	3.4891	100%
TECHO 06	3.9054	3.5612	3.9378	101%	3.5291	99%	3.9092	100%	3.56	100%	3.9176	100%	3.5414	99%
TECHO 05	3.7361	3.5557	3.7316	100%	3.521	99%	3.7299	100%	3.5537	100%	3.7273	100%	3.5343	99%
TECHO 04	3.5433	3.4921	3.5037	99%	3.4625	99%	3.5286	100%	3.4919	100%	3.5154	99%	3.474	99%
TECHO 03	3.1956	3.257	3.1593	99%	3.2362	99%	3.1833	100%	3.2585	100%	3.1711	99%	3.244	100%
TECHO 02	2.7148	2.7877	2.6919	99%	2.7801	100%	2.7075	100%	2.7912	100%	2.6995	99%	2.783	100%
TECHO 01	2.0113	2.0056	2.0019	100%	2.0075	100%	2.0088	100%	2.0089	100%	2.005	100%	2.0069	100%
Interpretación: Se observa a partir de los resultados y el cuadro de porcentajes que no se obtiene un refuerzo más adecuado puesto que los valores y porcentajes de aceleración de entrepiso no presentan cambios significativos.														

Anexo N.º 4. Ficha N°4 Parámetro Global - Distorsión de entrepiso

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		FACULTAD DE INGENIERIA Carrera de Ingeniería Civil				TITULO DE LA TESIS: "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO CON PERFILES METALICOS EMBEBIDOS EN NUDOS EN LIMA, PERÚ - 2020"															
Autor:		Luis Alfredo Verastegui Chuquilin				Fecha:		2 de Octubre del 2020													
FICHA N°4 Parámetro Global - Distorsión de entrepiso																					
PISO	Estructura sin Refuerzo		Estructura con perfil metálico H		Estructura con perfil metálico tubular cuadrado		Estructura con perfil metálico tubular rectángulo		Gráfica de Comparación Porcentual												
	Deriva X	Deriva Y	Deriva X	Deriva Y	Deriva X	Deriva Y	Deriva X	Deriva Y													
CM	0.004	0.005	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004	0.005	 <table border="1"> <caption>Porcentaje Promedio de Distorsiones</caption> <thead> <tr> <th>TIPO DE ESTRUCTURA</th> <th>EE X (%)</th> <th>EE Y (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CON H</td> <td>96.14%</td> <td>96.46%</td> </tr> <tr> <td>CUAD</td> <td>99.57%</td> <td>99.09%</td> </tr> <tr> <td>RECT.</td> <td>99.04%</td> <td>98.13%</td> </tr> </tbody> </table>	TIPO DE ESTRUCTURA	EE X (%)	EE Y (%)	CON H	96.14%	96.46%	CUAD	99.57%	99.09%	RECT.	99.04%	98.13%
TIPO DE ESTRUCTURA	EE X (%)	EE Y (%)																			
CON H	96.14%	96.46%																			
CUAD	99.57%	99.09%																			
RECT.	99.04%	98.13%																			
TECHO 14	0.004	0.006	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004	0.005													
TECHO 13	0.004	0.006	0.004	0.006	0.004	0.006	0.004	0.006													
TECHO 12	0.005	0.007	0.005	0.006	0.005	0.007	0.005	0.007													
TECHO 11	0.005	0.008	0.005	0.007	0.005	0.008	0.005	0.007													
TECHO 10	0.005	0.008	0.005	0.008	0.005	0.008	0.005	0.008													
TECHO 09	0.006	0.009	0.005	0.009	0.006	0.009	0.005	0.009													
TECHO 08	0.006	0.010	0.006	0.010	0.006	0.010	0.006	0.010													
TECHO 07	0.006	0.010	0.006	0.010	0.006	0.010	0.006	0.010													
TECHO 06	0.006	0.011	0.006	0.010	0.006	0.011	0.006	0.011													
TECHO 05	0.006	0.011	0.006	0.011	0.006	0.011	0.006	0.011													
TECHO 04	0.005	0.011	0.005	0.011	0.005	0.011	0.005	0.011													
TECHO 03	0.005	0.011	0.005	0.011	0.005	0.011	0.005	0.011													
TECHO 02	0.005	0.010	0.005	0.010	0.005	0.010	0.005	0.010													
TECHO 01	0.003	0.008	0.003	0.008	0.003	0.008	0.003	0.008													




Interpretación: Se observa a partir de los resultados y el cuadro de porcentajes que el refuerzo más adecuado es el de perfil metálico H puesto que tiene mayores valores y mayor porcentaje de reducción en el parámetro global de distorsión de entrepiso.

Anexo N.º 5. Ficha N°5 Parámetro Local – Esfuerzo cortante en vigas

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		FACULTAD DE INGENIERIA Carrera de Ingeniería Civil	TITULO DE LA TESIS: "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO CON PERFILES METALICOS EMBEBIDOS EN NUDOS EN LIMA, PERÚ - 2020"				
Autor:		Luis Alfredo Verastegui Chuquilin		Fecha:		2 de Octubre del 2020	
FICHA N°5 Parámetro Local - Esfuerzo cortante en vigas							
Nudo Viga	Estructura sin Refuerzo	Estructura con perfil metálico H	Estructura con perfil metálico tubular cuadrado	Estructura con perfil metálico tubular rectángulo	Gráfica de Comparación Porcentual		
	Esfuerzo cortante máx. (Ton/m2)	Esfuerzo cortante máx. (Ton/m2)	Esfuerzo cortante máx. (Ton/m2)	Esfuerzo cortante máx. (Ton/m2)			
Label 101 B4 - B86	1.4189	1.5630	1.4409	1.4856			
Label 101 B87	8.4483	9.2831	8.6168	8.8653			
Label 102 B94	4.3229	4.4071	4.3453	4.3645			
Label 102 B91	3.9576	4.0985	4.0040	4.0476			
Label 102 B93	6.5823	7.0565	6.7535	6.8987			
Label 148 B118	7.1560	7.2978	7.2028	7.2418			
Label 148 B120	8.3046	8.4941	8.3608	8.4134			
Label 148 B121	3.4242	3.4734	3.4605	3.4761			
Label 148 B119	3.8943	3.9233	3.9355	3.9458			



Interpretación: Se observa a partir de los resultados y el cuadro de porcentajes que el refuerzo más adecuado es el de perfil metálico H puesto que tiene mayores valores y mayor porcentaje de incremento en el parámetro local de esfuerzo cortante en vigas.

Anexo N.º 6. Ficha N°6 Parámetro Local – Esfuerzo a flexión en vigas

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		FACULTAD DE INGENIERIA Carrera de Ingeniería Civil	TITULO DE LA TESIS: "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO CON PERFILES METALICOS EMBEBIDOS EN NUDOS EN LIMA, PERÚ - 2020"			
Autor:		Luis Alfredo Verastegui Chuquilin		Fecha:	2 de Octubre del 2020	
FICHA N°6 Parámetro Local - Esfuerzo a flexión en vigas						
Nudo Viga	Estructura sin Refuerzo	Estructura con perfil metálico H	Estructura con perfil metálico tubular cuadrado	Estructura con perfil metálico tubular rectángulo	Gráfica de Comparación Porcentual	
	Tracción (Ton/m2)	Tracción (Ton/m2)	Tracción (Ton/m2)	Tracción (Ton/m2)		
Label 101 B4 - B86	127.42	160.07	132.09	141.96	 <p>Porcentaje promedio de Esfuerzo a Flexión en Tracción</p>	
Label 101 B87	3392.71	3790.26	3468.69	3587.16		
Label 102 B91	2338.10	2520.52	2369.10	2423.53		
Label 102 B93	3104.97	3432.28	3181.37	3280.65		
Label 148 B118	2058.83	2201.93	2089.63	2128.71		
Label 148 B120	3061.70	3271.11	3105.80	3165.66		
Label 148 B121	1312.21	1399.64	1329.45	1355.22		
Label 148 B119	1580.18	1672.00	1599.33	1626.85		
Nudo Viga	Compresión (Ton/m2)	Compresión (Ton/m2)	Compresión (Ton/m2)	Compresión (Ton/m2)		 <p>Porcentaje promedio de Esfuerzo a Flexión en Compresión</p>
Label 101 B4 - B86	322.17	352.92	327.75	337.33		
Label 101 B87	2768.13	3152.80	2844.61	2955.19		
Label 102 B94	922.78	941.20	928.47	932.80		
Label 102 B91	1916.06	2065.56	1938.15	1983.52		
Label 102 B93	2888.34	3204.07	2964.39	3059.55		
Label 148 B118	825.31	920.69	850.35	873.78		
Label 148 B120	1192.74	1306.88	1220.24	1248.39		
Label 148 B121	1329.43	1452.27	1353.05	1388.51		
Label 148 B119	978.29	1048.29	991.49	1010.21		

Interpretación: Se observa a partir de los resultados y el cuadro de porcentajes que el refuerzo más adecuado es el de perfil metálico H puesto que tiene mayores valores y mayor porcentaje de incremento en el parámetro local de esfuerzo a flexión en vigas.

Anexo N.º 7. Ficha N°7 Parámetro global – Esfuerzo axial en columnas

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		FACULTAD DE INGENIERIA Carrera de Ingeniería Civil		TITULO DE LA TESIS: "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO CON PERFILES METALICOS EMBEBIDOS EN NUDOS EN LIMA, PERÚ - 2020"	
Autor:		Luis Alfredo Verastegui Chuquilin		Fecha:	
				2 de Octubre del 2020	
FICHA N°7 Parámetro Local - Esfuerzo axial en columnas					
Nudo Columna	Estructura sin Refuerzo	Estructura con perfil metálico H	Estructura con perfil metálico tubular cuadrado	Estructura con perfil metálico tubular rectángulo	Gráfica de Comparación Porcentual 
	Esfuerzo axial máx. (Ton/m2)	Esfuerzo axial máx. (Ton/m2)	Esfuerzo axial máx. (Ton/m2)	Esfuerzo axial máx. (Ton/m2)	
Label 101 C33	1013.39	1078.35	1033.67	1054.84	
Label 101 C42	1094.77	1166.92	1116.80	1140.14	
Label 102 C44	1132.68	1174.05	1149.73	1165.00	
Label 102 C43	1228.19	1273.93	1246.99	1263.59	
Label 148 C90	1332.20	1367.28	1352.31	1350.67	
Label 148 C89	1454.77	1491.30	1475.57	1474.24	

Interpretación: Se observa a partir de los resultados y el cuadro de porcentajes que el refuerzo más adecuado es el de perfil metálico H puesto que tiene mayores valores y mayor porcentaje de incremento en el parámetro local de esfuerzo axial en columnas.

Anexo N.º 8. Ficha Informativa ACERO ASTM A-500-03a (Grado A)



1. Descripción: Estos aceros presentan un campo de aplicaciones muy amplio. Además de satisfacer los requisitos de las normas americanas. El acero A-500, grado A, pueden ser utilizados en diferentes áreas, principalmente en el campo de la construcción de estructuras en edificios, maquinaria, puentes, etc. Presenta alta soldabilidad y ductibilidad, pueden utilizarse electrodos convencionales (E-7018, E-6013).

2. Normas involucradas: ASTM A 500-03a

3. Propiedades mecánicas: Esfuerzo a la fluencia mínimo: 228 MPa (33 000 psi)
Esfuerzo a la tensión: 310 MPa (45 000 psi).
Elongación mínima en 50 mm (2"): 25%

4. Propiedades físicas: Densidad 7.9 g/cm³ (0.284 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.26 % C máx.
1.35 % Mn máx.
0.035 % P máx.
0.035 % S máx.
0.20 % Cu mín

6. Usos: Para componentes estructurales en general.

NOTA:
Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumpla el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

(506) 2591-7514 ☎

(506) 2551- 4169 📠

info.clientes@sumiteccr.com ✉



www.sumiteccr.com

SUMITEC
SUMINISTROS TECNICOS S.A.

Anexo N.º 9. Ficha Informativa ACERO ASTM A36



1. Descripción: Acero al carbono estructural conocido como hierro negro, de calidad estructural para el uso en puentes y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas.

2. Normas involucradas: ASTM A 36/A 36M - 04

3. Propiedades mecánicas: Esfuerzo a la fluencia mínimo: 250 MPa (36300 PSI)
Esfuerzo a la tensión: 400 – 550 MPa (58000 – 79800 PSI)
Elongación mínima en 50 mm (2"): 23%
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.85 g/cm³ (0.284 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.25 – 0.29 % C
0.60 – 1.20 % Mn
0.15 – 0.40 % Si
0.04 % P máx
0.05 % S máx

6. Usos: Para componentes estructurales en general.

7. Tratamientos térmicos: Usualmente a este material no se le da tratamiento térmico debido a que son parte estructural. Puede ser cementado para aumentar la dureza superficial mientras mantiene su núcleo tenaz.

NOTA:

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumpla el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

(506) 2591-7514 ☎

(506) 2551- 4169 📠

info.clientes@sumitecrr.com ✉



Anexo N.º 10. Ficha Técnica Tubo ASTM A500 LAC y GALV

Tubo ASTM A500 LAC y GALV PARA ESTRUCTURAS

DENOMINACIÓN:

TNM RED ND A 500, TNM RED OD A500, TNM CUA A 500, TNM REC A500.
TGM RED OD A500, TGM RED ND A500, TGM CUA A500, TGM REC A 500.

DESCRIPCIÓN:

Tubo fabricado con acero al carbono laminado en caliente o con superficie galvanizada, utilizando el sistema de soldadura de resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW). Las secciones de fabricación son redondas, cuadradas y rectangulares.

USOS:

Diversas estructuras livianas y pesadas, correderías, tijerales, postes, etc.

NORMAS TÉCNICAS DE FABRICACIÓN:

Las propiedades mecánicas, dimensiones, pesos y espesores se fabrican según la norma ASTM A500 - Grados A y B según lo solicitado.

PRESENTACIÓN:

- 1.- Longitud:
 - Redondos: 6.40 m y 6 m.
 - Cuadrados y rectangulares: 6 m.
 - Otras longitudes a pedido.
- 2.- Acabado de extremos: Refrentado (plano), limpios de rebordes.

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES en Kg/m:

DESIGNACIÓN NOMINAL	DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESPEORES (mm)								
		1.8	2.0	2.3	2.5	3.0	3.3	4.0		
REDONDO NOMINAL	1/4"	137.0	0.93	0.98	0.65					
	3/8"	17.10	0.68	0.75	0.84					
	1/2"	21.30	0.87	0.95	1.08	1.16	1.35			
	3/4"	26.70	1.11	1.22	1.38	1.49	1.75			
	1"	33.40	1.40	1.55	1.76	1.91	2.25			
	1 1/4"	42.20	1.79	1.98	2.26	2.45	2.90			
	1 1/2"	48.30	2.06	2.28	2.61	2.82	3.35	3.66	4.37	
	2"	60.30	2.60	2.88	3.29	3.56	4.24	4.64	5.96	
	2 1/2"	73.00		3.90		4.35	5.18	5.67	6.81	
	3"	88.90		4.29		5.33	6.36	6.97	8.38	
	4"	114.30		5.54		6.90	8.24	9.04	10.88	

■ Negro y Galvanizado.
(=) Dimensiones y Tolerancias.

DESIGNACIÓN NOMINAL	DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESPEORES (mm)								
		1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	6.0	
CUADRADO LE	-	25x25	1.06		1.46					
	-	30x30	1.30		1.70					
	-	40x40	1.78		2.24			3.32		
	-	50x50	2.25		3.12	3.87	4.32			
	Z'	50,8			3.12	3.87	4.32			
	-	75x75			4.50	5.96	6.81			
-	100x100			6.17	7.68	9.17	12.13	13.99	16.98	

■ Negro y Galvanizado.

SISTEMA INGLES:

DESIGNACIÓN NOMINAL	DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESPEORES (mm)								
		1.5	1.8	2.0	2.3	2.5	3.0	4.0	4.5	6.0
CUADRADO LE	1"	-	1.96	1.90	1.70	1.84	2.17			
	1 1/4"	-	1.71	1.90	2.16	2.34	2.77			
	1 1/2"	-	2.07	2.29	2.62	2.84	3.37			
	2"	-	2.79	3.09	3.94	3.83	4.96	5.99		
	3"	-		4.69	5.37	5.83	6.96	9.18		
	4"	-		6.28	7.82	9.35	12.37	13.86		
RECT. LE	1"x2"	-	2.10	2.32						
	2"x3"	-	3.54	3.92		4.87	5.81			
	2"x4"	-		4.71		5.85	6.98	9.21	10.31	
	2"x6"	-		6.34		7.89	9.43	12.48	13.98	
	4"x10"	-								34.60

■ Negro y Galvanizado.

SISTEMA MÉTRICO:

DESIGNACIÓN NOMINAL	DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESPEORES (mm)												
		1.5	1.8	2.0	2.3	2.5	3.0	4.0	4.5	6.0	8.0	10.0	12.0	
CUADRADO LE	25 mm	1.12	1.33	1.47	1.81									
	30 mm		1.62	1.79										
	38 mm		2.07	2.29	2.83	3.36								
	40 mm		2.18	2.41	2.99	3.59								
	50 mm		2.75	3.04	3.77	4.49			6.57	8.53				
	75 mm			4.61	5.73	6.84	9.03	10.10	13.24					
	80 mm			4.93	6.13	7.31	9.65	10.81						
	100 mm			6.18	7.70	9.20	12.17	13.63	17.95					
	125 mm				11.20		17.16	22.66						
	150 mm					13.91	20.70	27.37	36.10	44.64				
	200 mm					18.62	27.76	36.79	48.66	60.34				
	250 mm						34.83	46.21	61.22	76.04				
	300 mm							73.79	91.74	108.49				
	400 mm										123.14	147.18		

■ Negro y Galvanizado.

QCQA01-F219 / 02 / MAY 16

Tubo ASTM A500 LAC y GALV PARA ESTRUCTURAS

DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESPESORES (mm)											
	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5	3.0	4.0	4.5	6.0	8.0	10.0	12.0
20 x 40	1.35		1.70									
25 x 50	1.65	2.04	2.26									
40 x 80		2.46	2.73									
40 x 60	2.26	2.75	3.03		3.60	4.25						
40 x 80	2.71		3.66		4.39	5.19						
50 x 70			3.67		4.56	5.43						
50 x 75					5.42							
50 x 100	4.16	4.50		5.56	6.60	8.59	10.10	13.24				
50 x 150			6.17		7.68	9.37	11.73	13.63	17.93			
150 x 100				9.66	11.95	15.31	17.16	22.66				
200 x 100					13.91	18.43	20.70	27.37	36.10	44.64		
200 x 150					16.26	21.99	24.23	32.08	42.38	52.49		
250 x 100						24.23	32.08	42.38	52.49			
250 x 150							27.76	36.79	48.66	60.34		
300 x 200								46.21	61.22	76.04	90.65	
400 x 200										91.74	109.41	
500 x 300											123.14	147.16

■ Negro Galvanizado.

MATERIA PRIMA:

Acero laminado en caliente calidad e structural.

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
(Referidas a los valores nominales):
Espesor : + / - 10%
Longitud : +127 / -64

Sección:

1.- Redondo:

DIÁMETRO NOMINAL (pulg)	TOLERANCIA DIMENSIONAL + / - (pulg)
Menores 1 1/2" incl.	0.5 %
Mayores 2"	0.75 %

2.- Cuadrados y Rectangulares:

LADO EXTERIOR DEL TUBO (pulg)	VARIACIÓN MÁXIMA + / - (pulg)
Menores 1 1/2" incl.	0.020
2 1/2" a 3 1/2" incl.	0.025
3 1/2" a 4 incl.	0.030

3.- Cuadrados y Rectangulares:

LADO EXTERIOR DEL TUBO (pulg)	VARIACIÓN MÁXIMA + / - (pulg)
Menores a 63.5 incl.	0.51
63.5 a 88.9 ind.	0.64
88.9 a 139.7 ind.	0.76
Mayores a 139.7	0.01 veces el largo de la dimensión plana

PROPIEDADES MECÁNICAS (ASTM A500/A500M GRADOS A y B)

SECCIÓN	NORMA TÉCNICA		GRADO	LÍMITE DE FLUENCIA (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	ELONGACIÓN MÍNIMO
	DEL TUBO	DEL ACERO				
REDONDO	ASTM A 500/ A500M	ASTM A 500 GRADO A	A	228	310	25
		ASTM A1011 CS TIPO B				
CUADRADO	ASTM A 500/A 500M	ASTM A 500 GRADO A	A	269	310	25
		ASTM A1011 CS TIPO B				
RECTÁNGULO	ASTM A 500/A 500M	ASTM A 500 GRADO A	B	269	310	25
		ASTM A1011 CS TIPO B				

(*) Dimensiones y Tolerancias.

QCOA01-F219 / 02 / MAY 16



PERÚ

LIMA: Av. Antonio Miró Quesada N.º 425, piso 17, Magdalena del Mar. Tel. (51-01) 517 1800.
PISCO: Panamericana Sur, Km. 240, Ica. Tel. (51-056) 58 0830.
AREQUIPA: Variante de Uchumayo Km 5.5, Cerro Colorado, Arequipa. Tel. (51-01) 517 1800.

BOLIVIA

LA PAZ:
- Calle E - Lote 14, manzano A-08, Urbanización Cervecería Boliviana Nacional - Bellavista Viacha.
- Av. Hilbo N.º 100, Zona El Kenko. Tel. (591) 7 555 5819 / 7 764 1658. E-mail: contactobolivia@caa.com.bo
SANTA CRUZ: Urb. Parque Industrial Latinoamericano, Unidad Industrial UI 05, Mz. 1, lote 4 - Warnes.
Tel. (591) 7 555 5819 / 7 730 3688. E-mail: contactobolivia@caa.com.bo

Encuentranos en:    

www.acerosarequipa.com



Anexo N.º 11. Ficha Técnica Vigas H Alas Anchas WF

Vigas H Alas Anchas WF

ESTÁNDAR AMERICANO

DENOMINACIÓN:
VIGAS H ALAS ANCHAS (WF).

DESCRIPCIÓN:
Producto laminado en caliente con sección en forma de "H" (con alas paralelas), de calidad estructural en cumplimiento con las normas ASTM A36, ASTM A572 Grado 50 o la ASTM A992. Asimismo, pueden presentarse en calidad dual.

USOS:
En la fabricación de estructuras metálicas, edificios, puentes grúas, estructuras en general, cerchas, etc.

NORMAS TÉCNICAS:
- Composición Química y Propiedades Mecánicas: ASTM A36/A36M, ASTM A572/A572M, ASTM A992/A992M,
- Tolerancia Dimensional: ASTM A6/A6M.

PRESENTACIÓN:
Se comercializan en barras de 20, 30 y 40 pies. Otras longitudes a pedido.

DIMENSIONES ESTÁNDAR:

DESIGNACIÓN NOMINAL		PERALTE ALTURA ALMA (d) pulgadas	ALA (b) pulgadas	ESPESOR NOMINAL	
pulgada	lb/pie			ALA (f)	ALMA (w)
4"	13.00	4.16	4.06	8.76	7.11
5"	9.00	5.90	3.94	5.46	4.32
6"	12.00	6.03	4.00	7.11	5.84
6"	16.00	6.28	4.03	10.29	6.60
6"	15.00	5.99	3.99	6.60	5.84
6"	20.00	6.20	6.02	9.27	6.60
6"	25.00	6.38	6.08	11.96	8.13
8"	10.00	7.89	3.94	5.21	4.32
8"	13.00	7.99	4.00	6.48	5.84
8"	15.00	8.11	4.02	8.00	6.22
8"	18.00	8.14	5.25	8.38	5.84
8"	21.00	8.28	5.27	10.16	6.35
8"	24.00	7.93	6.50	10.16	6.22
8"	28.00	8.06	6.54	11.81	7.24
8"	31.00	8.00	8.00	11.05	7.24
8"	35.00	8.12	8.02	12.97	7.87
8"	40.00	8.25	8.07	14.22	9.14
8"	48.00	8.50	8.11	17.40	10.16
8"	58.00	8.75	8.22	20.97	12.95
8"	67.00	9.00	8.28	23.75	14.48
10"	12.00	9.87	3.96	5.33	4.83
10"	15.00	9.99	4.00	6.86	5.84
10"	17.00	10.11	4.01	8.38	6.10

DESIGNACIÓN NOMINAL		PERALTE ALTURA ALMA (d) pulgadas	ALA (b) pulgadas	ESPESOR NOMINAL	
pulgada	lb/pie			ALA (f)	ALMA (w)
10"	19.00	10.24	4.02	10.03	6.35
10"	22.00	10.17	5.75	9.14	6.10
10"	26.00	10.33	5.77	11.18	6.60
10"	30.00	10.47	5.81	12.95	7.62
10"	33.00	9.73	7.96	11.05	7.37
10"	39.00	9.92	7.99	13.46	8.00
10"	45.00	10.10	8.02	15.75	8.89
10"	49.00	9.98	10.00	14.22	8.64
10"	54.00	10.09	10.03	15.62	9.40
10"	60.00	10.22	10.08	17.27	10.67
10"	68.00	10.40	10.13	19.56	11.94
10"	77.00	10.40	10.19	22.10	13.46
10"	88.00	10.84	10.27	25.15	15.37
10"	100.00	11.10	10.34	28.45	17.27
12"	14.00	11.91	3.97	5.72	5.08
12"	16.00	11.99	3.99	6.73	5.59
12"	19.00	12.16	4.01	8.89	5.97
12"	22.00	12.31	4.03	10.80	6.60
12"	26.00	12.22	6.49	9.65	5.84
12"	30.00	12.34	6.52	11.18	6.60
12"	35.00	12.50	6.56	13.21	7.62
12"	40.00	11.94	8.01	13.08	7.49
12"	45.00	12.06	8.05	14.61	8.51
12"	50.00	12.19	8.08	16.26	9.40
12"	53.00	12.06	10.00	14.61	8.76
12"	58.00	12.19	10.01	16.26	9.14
12"	65.00	12.12	12.00	15.37	9.91
12"	72.00	12.25	12.04	17.02	10.92
12"	79.00	12.38	12.08	18.67	11.94
12"	87.00	12.53	12.13	20.57	13.08
12"	96.00	12.71	12.16	22.86	13.97
12"	106.00	12.89	12.22	25.15	15.49
12"	120.00	13.12	12.32	28.07	18.03
12"	136.00	13.41	12.40	31.75	20.07
12"	152.00	13.71	12.48	35.96	22.10
14"	22.00	13.74	5.00	8.51	5.84
14"	26.00	13.91	5.03	10.67	6.48
14"	30.00	13.84	6.73	9.78	6.86
14"	34.00	13.98	6.75	11.96	7.24
14"	38.00	14.10	6.77	13.08	7.87
14"	43.00	13.66	8.00	13.46	7.75
14"	48.00	13.79	8.03	15.11	8.64
14"	53.00	13.92	8.06	16.76	9.40
14"	61.00	13.89	10.00	16.38	9.53
14"	68.00	14.04	10.04	18.29	10.94
14"	74.00	14.17	10.07	19.94	11.43
14"	82.00	14.31	10.13	21.72	12.95
14"	90.00	14.02	14.52	21.72	11.18

QCQ01-F243/01/AGD 20

Previo acuerdo se comercializa en otras medidas.



Vigas H Alas Anchas WF

ESTÁNDAR AMERICANO

DESIGNACIÓN NOMINAL		PERALTE ALTURA ALMA (d) pulgada	ALA (b) pulgada	ESPESOR NOMINAL	
pulgada	lb/pie			ALA (f)	ALMA (w)
14"	99.00	14.16	14.57	19.81	12.32
14"	109.00	14.32	14.61	21.84	13.34
14"	120.00	14.48	14.67	23.88	14.99
14"	132.00	14.66	14.73	26.16	16.28
14"	145.00	14.78	15.90	27.69	17.27
14"	159.00	14.98	15.57	30.23	18.92
14"	176.00	15.22	15.65	33.27	21.08
14"	193.00	15.48	15.71	36.58	22.61
16"	26.00	15.69	5.50	8.76	6.35
16"	31.00	15.88	5.53	11.18	6.99
16"	36.00	15.86	6.99	10.92	7.49
16"	40.00	16.01	7.00	12.83	7.75
16"	45.00	16.13	7.04	14.35	8.76
16"	50.00	16.26	7.07	16.00	9.65
16"	57.00	16.43	7.12	18.16	10.92
16"	67.00	16.33	10.24	16.89	10.03
16"	77.00	16.52	10.30	19.30	11.56
16"	89.00	16.75	10.37	22.23	13.34
16"	100.00	16.97	10.43	25.02	14.86
18"	35.00	17.70	6.00	10.80	7.62
18"	40.00	17.90	6.02	13.34	8.00
18"	46.00	18.06	6.06	15.37	9.14
18"	50.00	17.99	7.50	14.48	9.02
18"	55.00	18.11	7.53	16.00	9.91
18"	60.00	18.24	7.56	17.65	10.94
18"	65.00	18.35	7.59	19.03	11.43
18"	71.00	18.47	7.64	20.57	12.57
18"	76.00	18.21	11.04	17.27	10.80
18"	86.00	18.39	11.09	19.56	12.19
18"	97.00	18.59	11.15	22.10	13.99
18"	106.00	18.73	11.20	23.88	14.99
18"	130.00	19.25	11.16	30.48	17.02
18"	158.00	19.72	11.30	36.58	20.57
21"	44.00	20.66	6.50	11.43	8.89
21"	50.00	20.83	6.53	13.99	9.65
21"	55.00	20.80	8.22	13.26	9.93
21"	57.00	21.06	6.56	16.91	10.29
21"	62.00	20.99	8.24	15.62	10.16
21"	68.00	21.13	8.27	17.40	10.92
21"	73.00	21.24	8.30	18.80	11.56
21"	83.00	21.43	8.36	21.21	13.08
21"	93.00	21.62	8.42	23.62	14.73
21"	101.00	21.36	12.29	20.32	12.70
21"	111.00	21.51	12.34	22.23	13.97
21"	122.00	21.68	12.39	24.38	15.24
21"	132.00	21.83	12.44	26.29	16.51
21"	147.00	22.06	12.51	29.21	18.29
21"	166.00	22.48	12.42	34.94	19.05

DESIGNACIÓN NOMINAL		PERALTE ALTURA ALMA (d) pulgada	ALA (b) pulgada	ESPESOR NOMINAL	
pulgada	lb/pie			ALA (f)	ALMA (w)
21"	201.00	23.03	12.98	41.40	23.11
24"	55.00	23.57	7.01	12.83	10.03
24"	62.00	23.74	7.04	14.99	10.92
24"	68.00	23.73	8.97	14.86	10.94
24"	76.00	23.92	8.99	17.27	11.18
24"	84.00	24.10	9.02	19.56	11.94
24"	94.00	24.31	9.07	22.23	13.08
24"	104.00	24.06	12.75	19.05	12.70
24"	117.00	24.26	12.80	21.59	13.97
24"	131.00	24.48	12.86	24.38	15.37
24"	146.00	24.74	12.90	27.69	16.51
24"	162.00	25.00	12.96	30.99	17.91
24"	176.00	25.24	12.89	34.04	19.05
24"	192.00	25.47	12.95	37.08	20.57
24"	250.00	26.34	13.19	48.01	26.42
27"	84.00	26.71	9.96	16.26	11.68
27"	94.00	26.92	9.99	18.92	12.45
27"	102.00	27.09	10.02	21.08	13.08
27"	114.00	27.29	10.07	23.62	14.48
27"	129.00	27.63	10.01	27.94	15.49
27"	161.00	27.59	14.02	27.43	16.76
27"	235.00	28.66	14.19	40.89	23.11
27"	307.00	29.61	14.45	53.09	29.46
30"	90.00	29.53	10.40	15.49	11.94
30"	99.00	29.65	10.45	17.02	13.21
30"	108.00	29.83	10.48	19.30	13.84
30"	116.00	30.01	10.50	21.59	14.35
30"	124.00	30.17	10.52	23.62	14.86
30"	132.00	30.31	10.55	25.40	15.62
30"	148.00	30.67	10.48	29.97	16.51
33"	118.00	32.86	11.48	18.80	13.97
33"	152.00	33.49	11.57	26.80	16.13
33"	169.00	33.82	11.90	30.99	17.02
36"	150.00	35.85	11.98	23.88	15.88
36"	160.00	36.01	12.00	25.91	16.51
36"	194.00	36.49	12.12	32.00	19.43
36"	232.00	37.12	12.12	39.88	22.10

CCQA01-F243/01/AGO 20

Previo acuerdo se comercializa en otras medidas.



Anexo N.º 12. Validación 01: Experto Ing. Luis Espinoza Flor



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO CON
PERFILES METALICOS EMBEBIDOS EN NUDOS EN LIMA, PERÚ - 2020"

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. Nombre y apellidos: Luis Espinoza Flor
- 1.2. Grado académico: Maestría de Ingeniería Civil
- 1.3. Especialidad: Ingeniero Civil
- 1.4. Institución laboral: ESSALUD
- 1.5. Cargo: Especialista en Estructuras
- 1.6. Tipo de instrumento: Fichas
- 1.7. Lugar y fecha: Lima 30 de octubre de 2020

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los formatos y la encuesta, instrumentos (Esto depende de los instrumentos que desees evaluar, si solamente es la encuesta, simplemente indicará la encuesta nada más) que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

5: Excelente. 4: Muy bien. 3: Bien. 2: Regular. 1: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

Nº	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato
1	Pertinencia de indicadores	4
2	Formulado con lenguaje apropiado	5
3	Adecuado para el objeto de estudio	5
4	Facilita la prueba de hipótesis	5
5	Suficiencia para medir las variables	4
6	Facilita la interpretación del instrumento	5
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	4
8	Expresado en hechos perceptibles	4
9	Tiene secuencia lógica	4
10	Basado en aspectos teóricos	4
	Total	44



Firma

Anexo N.º 13. Validación 02: Experto Ing. Omar Demetrio Tello Malpartida



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO CON
PERFILES METALICOS EMBEBIDOS EN NUDOS EN LIMA, PERÚ - 2020"

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. Nombre y apellidos: Omar Demetrio Tello Malpartida
- 1.2. Grado académico: Doctor en Ingeniería Civil
- 1.3. Especialidad: Estructuras
- 1.4. Institución laboral: Consultor Independiente
- 1.5. Cargo: Gerente
- 1.6. Tipo de instrumento: Ficha de recolección de datos
- 1.7. Lugar y fecha: Lima – octubre de 2020

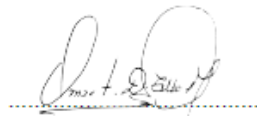
II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los formatos y la encuesta, instrumentos (Esto depende de los instrumentos que desees evaluar, si solamente es la encuesta, simplemente indicarás la encuesta nada más) que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

5: Excelente. 4: Muy bien. 3: Bien. 2: Regular. 1: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

Nº	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato
1	Pertinencia de indicadores	3
2	Formulado con lenguaje apropiado	3
3	Adecuado para el objeto de estudio	3
4	Facilita la prueba de hipótesis	3
5	Suficiencia para medir las variables	3
6	Facilita la interpretación del instrumento	3
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	3
8	Expresado en hechos perceptibles	3
9	Tiene secuencia lógica	3
10	Basado en aspectos teóricos	3
	Total	30



Firma

Anexo N.º 14. Validación 03: Experto Ing. Heber Cahuana Cruz



FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: "RESPUESTA ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO CON
PERFILES METALICOS EMBEBIDOS EN NUDOS EN LIMA, PERÚ - 2020"

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. Nombre y apellidos: Heber Cahuana Cruz
- 1.2. Grado académico: Titulado, Colegiado
- 1.3. Especialidad: Ingeniero Civil
- 1.4. Institución laboral: EMAPE S.A.
- 1.5. Cargo: Coordinador de proyectos
- 1.6. Tipo de instrumento: Ficha técnicas
- 1.7. Lugar y fecha: 30 de octubre del 2020

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los formatos y la encuesta, instrumentos (Esto depende de los instrumentos que deseas evaluar, si solamente es la encuesta, simplemente indicarás la encuesta nada más) que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

5: Excelente. 4: Muy bien. 3: Bien. 2: Regular. 1: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

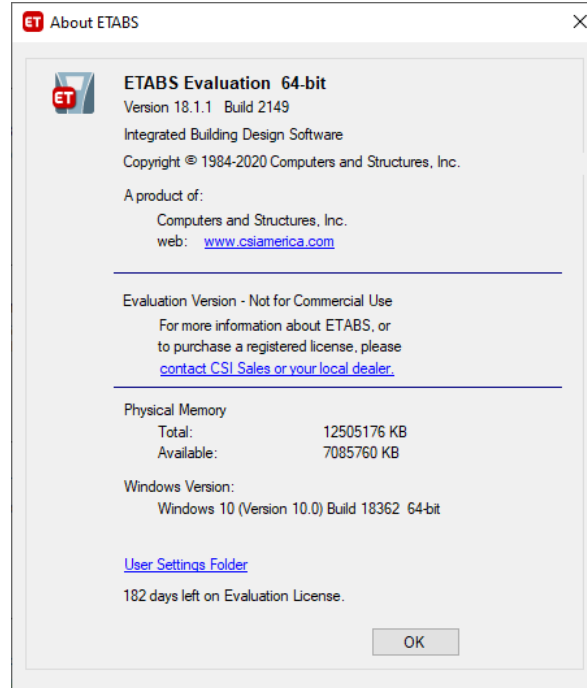
Nº	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Formato
1	Pertinencia de indicadores	5
2	Formulado con lenguaje apropiado	4
3	Adecuado para el objeto de estudio	5
4	Facilita la prueba de hipótesis	3
5	Suficiencia para medir las variables	5
6	Facilita la interpretación del instrumento	4
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	4
8	Expresado en hechos perceptibles	3
9	Tiene secuencia lógica	5
10	Basado en aspectos teóricos	4
Total		42



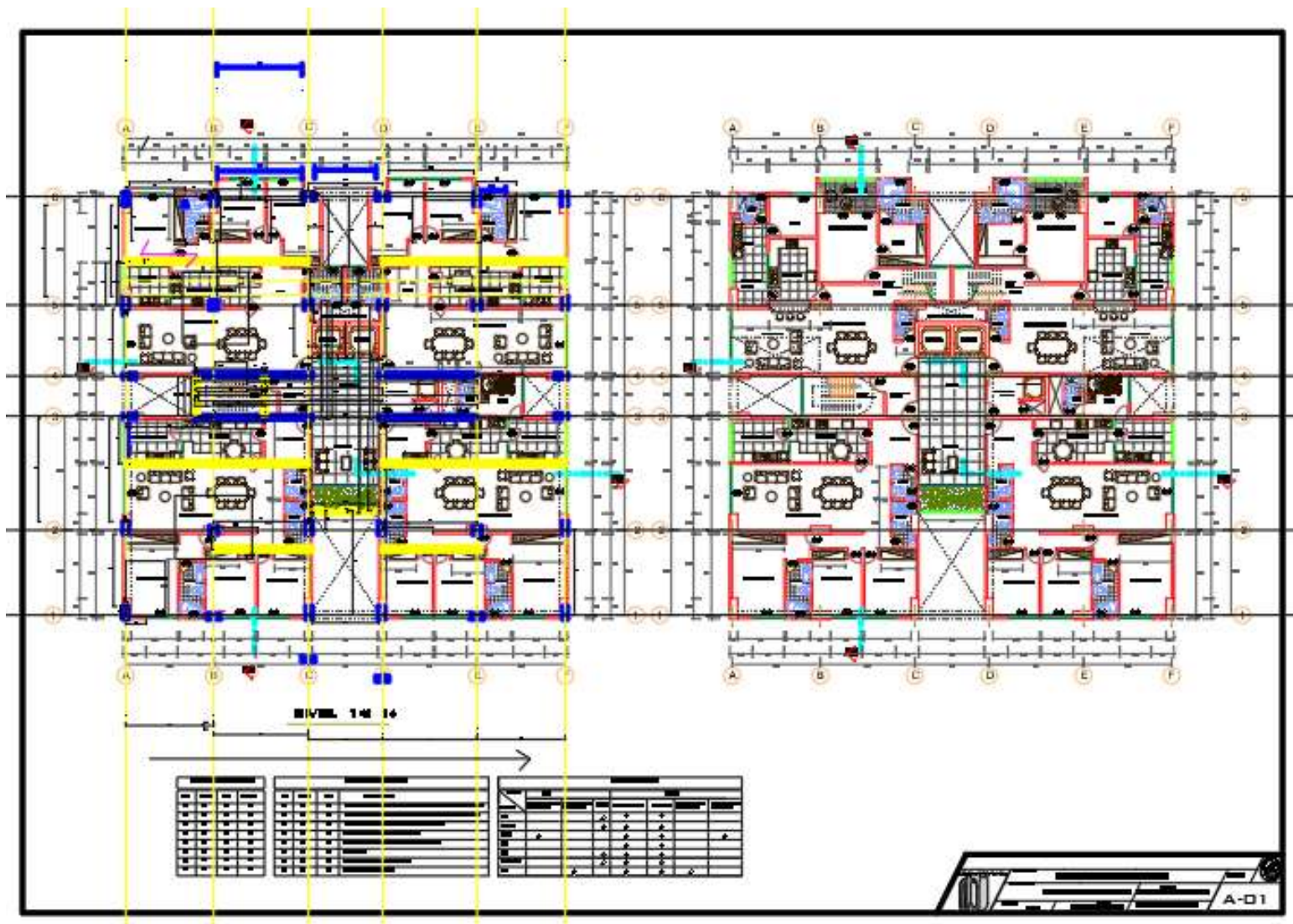
HEBER CAHUANA CRUZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. Nº 182046

Firma

Anexo N.º 15. Licencia del programa ETABS Evaluation



Anexo N.º 16. Planos de Arquitectura de Edificio de 14 pisos y 2 sótanos



Anexo N.º 17. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO/INSTRUMENTO	NORMA
GENERAL								
¿Cuál es la respuesta estructural de edificios de concreto armado con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima, Perú-2020?	Determinar la respuesta estructural de edificios de concreto armado con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima, Perú-2020	La respuesta estructural de edificios de concreto armado mejora notablemente con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima, Perú-2020	V.I.: PERFILES METÁLICOS EMBEBIDOS EN NUDOS	Perfil metálico H	Medida del ala y alma, Espesor del ala y alma, Límite de fluencia, Resistencia a tracción.	(pulgada),(m), MPa, MPa	Ficha Informativa ACERO ASTM A36 y Ficha Técnica Vigas H Alas Anchas WF	ASTM A36, ASTM A500
				Perfil metálico tubular cuadrado	Medida del Lado, Espesor de la sección, Límite de fluencia, Resistencia a tracción.	(m),(m), MPa, Mpa	Ficha Informativa ACERO ASTM A-500-03a y Ficha Técnica Tubo ASTM A500 LAC y GALV	
				Perfil metálico tubular rectángulo	Medida del alto y ancho, Espesor de la sección, Límite de fluencia, Resistencia a tracción.	(m),(m), MPa, Mpa	Ficha Informativa ACERO ASTM A-500-03a y Ficha Técnica Tubo ASTM A500 LAC y GALV	
¿Cuál es la respuesta estructural de edificios de concreto armado a nivel global con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima, Perú-2020?	Determinar la respuesta estructural de edificios de concreto armado a nivel global con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima, Perú-2020	La respuesta estructural de edificios de concreto armado mejora a nivel global con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima, Perú-2020	V.D.: RESPUESTA ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DE CONCRETO ARMADO	PARAMETROS GLOBALES	Periodo Fundamental	s	Ficha N°1 Parámetro Global - Periodo Fundamental	Norma E030, E020, E060
					Cortante basal	Ton	Ficha N°2 Parámetro Global - Cortante Basal	
					Aceleración de entrepiso	m/s ²	Ficha N°3 Parámetro Global - Aceleración de entrepiso	Norma E030, E020, E060
					Distorsión de entrepiso	adimensional	Ficha N°4 Parámetro Global - Distorsión de entrepiso	
¿Cuál es la respuesta estructural de edificios de concreto armado a nivel local con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima, Perú-2020?	Determinar la respuesta estructural de edificios de concreto armado a nivel local con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima, Perú-2020	La respuesta estructural de edificios de concreto armado mejora a nivel local con perfiles metálicos embebidos en nudos en Lima, Perú-2020	PARAMETROS LOCALES	Esfuerzo cortante en vigas	(Ton/m ²)	Ficha N°5 Parámetro Local – Esfuerzo cortante en vigas	Norma E030, E020, E060	
				Esfuerzo a flexión en vigas	(Ton/m ²)	Ficha N°6 Parámetro Local – Esfuerzo a flexión en vigas		
				Esfuerzo axial en columnas	(Ton/m ²)	Ficha N°7 Parámetro global – Esfuerzo axial en columnas		