



**UNIVERSIDAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DESCARTES**

LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL

**“ESTRUCTURAS DE ACERO COMO ALTERNATIVA DE CONSTRUCCIÓN PARA
VIVIENDA EN TUXTLA GUTIÉRREZ PARA SUELOS TIPO”C”.**

TESINA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

VANESSA GUADALUPE CHAMPO NIETO

ASESOR:

ING. DELFO URBINA HERNANDEZ

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, MAYO 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ACTO QUE DEDICO:

A DIOS

Por darme la vida y ser mí guía en los momentos más importantes de mi vida, gracias por guiarme en el buen camino.

A MIS PADRES

MIGUEL CHAMPO
VAZQUEZ MARIA MIREYA
NIETO GUILLEN

Por siempre apoyarme en mis decisiones y nunca dejarme sola, gracias por todo su apoyo.

A MIS HERMANAS

TANYA YULIZBETH CHAMPO NIETO Y CINTHYA ESMERALDA CHAMPO NIETO
Por estar siempre en los buenos y malos momentos. Gracias por su amor y apoyo incondicional.

A MIS AMIGOS

HUMBERTO OLIVA NANGUELU Y RAUL CRISTIAN LAZARO ALBORES
Por soportarme y ayudarme a culminar mi carrera. Gracias por sus consejos y su cariño incondicional.

A MI ASESOR

ING. DELFO URBINA

Por apoyarme en la realización de mi tesina, y por su dedicación y apoyo. Muchas gracias.

A MIS MAESTROS

Por brindarme sus conocimientos y poder adquirir conocimientos basados a sus experiencias.

INDICE:

Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	4
definido.	
CAPITULO 1.....	5
1.0 ANTECEDENTES DE LA INGENIERÍA CIVIL.....	5
1.1 PROBLEMÁTICA:.....	10
1.2 JUSTIFICACION.....	13
1.3 OBJETIVO:.....	15
1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 DEFINICIÓN DE UNA ESTRUCTURA:.....	16
2. 1.1 PROPIEDADES ESTRUCTURALES	18
2.2.....	V
ENTAJAS DEL ACERO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL	19
2.1.1 DESVENTAJAS DEL ACERO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL.....	20
2.3.....	R
ELACIONES ESFUERZO-DEFORMACION DEL ACERO ESTRUCTURAL.....	22
2.2 ACEROS ESTRUCTURALES MODERNOS	23
2.2.1 PROPIEDADES DE ACEROS ESTRUCTURALES	25
CAPITULO 3.....	33
3.0 MARCO METODOLÓGICO	33
OBJETIVO.....	33
DOCUMENTOS DE REFERENCIA	33
CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA	34
CRITERIOS DE DISEÑO.....	34
CARACTERÍSTICAS Y METODOLOGÍA DE DISEÑO	34
ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES.....	35
ANÁLISIS DE CARGAS.....	43
CAPITULO 4.....	44
RESULTADOS	44
4.3 CONCRETO Y ACERO	45
CAPITULO 5.....	52
CONCLUSIONES:	52
5.1 BIBLIOGRAFÍA	54
5.2 INDICE DE IMÁGENES:.....	55

AGRADECIMIENTOS:

A LA UNIVERSIDAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DESCARTES

Por brindarme una casa de estudios para mi formación profesional.

CAPITULO 1

1.0 ANTECEDENTES DE LA INGENIERÍA CIVIL

¿QUÉ ES LA INGENIERÍA?

Ingeniería es la ciencia y el arte de crear, proyectar, desarrollar y producir sistemas, estructuras, dispositivos y procesos, utilizando recursos naturales, energía e información y aplicando conocimientos científicos y tecnológicos y metodologías matemáticas, experimentales e informáticas, para proporcionar a la humanidad, con seguridad, eficiencia y calidad, sobre bases económicas y con responsabilidad social y ambiental, bienes y servicios que satisfagan sus necesidades.

Ing. Eitel Lauría. Academia Nacional de Ingeniería.

La Comisión Consultiva de las Carreras de Ingeniería del Mercosur propone la siguiente definición para la ingeniería:

La Ingeniería es el conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos que, con la técnica y el arte, aplicando las ciencias exactas, físicas y naturales, analiza, crea y desarrolla sistemas, productos, procesos y obras físicas mediante el empleo de energía y materiales, para proporcionar a la humanidad, con eficiencia y sobre bases económicas, bienes y servicios que le den bienestar con seguridad y creciente calidad de vida, preservando el medio



ambiente.

FIG 1 INGENIERIA CIVIL

Según el blog origen y evolución de la ingeniería civil comenzó con la revolución agrícola (año 8000 A.C.), cuando los hombres dejaron de ser nómadas, y vivieron en un lugar fijo para poder cultivar sus productos y criar animales comestibles. Hacia el año 4000 A.C., con los asentamientos alrededor de los ríos Nilo, Éufrates e Indo, se centralizó la población y se inició la civilización con escritura y gobierno. Con el tiempo en esta civilización aparecería la ciencia.

Los primeros ingenieros fueron arquitectos, que construyeron muros para proteger las ciudades, y construyeron los primeros edificios para lo cual utilizaron algunas habilidades de ingeniería.

En los últimos tres siglos la ciencia y la ingeniería han avanzado a grandes pasos, en tanto que antes del siglo XVIII era muy lento su avance.

Los campos más importantes de la ingeniería aparecieron así: militar, civil, mecánica, eléctrica, química, industrial, producción y de sistemas, siendo la ingeniería de sistemas uno de los campos más nuevos.

La ingeniería está presente en diferentes culturas como son:

- Egipcia
- Mesopotámica
- Griega
- Romana
- Oriental
- Europea
- Entre otras.

La ingeniería civil es indispensable en estos tiempos, es una de las ramas de la ingeniería que con el paso de los tiempos ha avanzado rotundamente, para el beneficio de la sociedad, como también para el avance de la economía de las ciudades.

Ésta ha realizado obras grandiosas como lo son el viaducto de **Millau** en Francia, esta fue inaugurada el 14 de diciembre de 2004 tras 36 meses de trabajos de construcción. La estructura alcanza una altura máxima de 343 metros sobre el río Tarn y una longitud de 2460 m, tiene siete pilares de concreto y un tablero tiene una anchura de 32 metros.

Cerca de 3000 personas trabajaron en este proyecto, que costó casi 400 millones de euros. El viaducto de Millau fue concebido formalmente por el ingeniero francés Michel Virlogeux.



FIG 2 Viaducto Millau

En Chiapas, La Presa Chicoasén una obra impresionante, es una represa mexicana llena de rocas. Comenzó a construirse en 1974. En 1980 comenzó a funcionar, desde entonces, se convirtió en la presa más grande de América del Norte. Su altura es de 261 metros y la longitud de 485 metros. El tamaño del embalse es de 52 600 metros cuadrados, aproximadamente 1,6 billones de metros cúbicos de agua que se quedan aquí.



FIG 3 Presa Chicoasén

Esta represa en el río Grijalva juega un papel importante para México, es la principal técnica de recolección de agua. Esta es parte de la central hidroeléctrica estatal más grande.

La ingeniería civil tiene también un fuerte componente organizativo que logra su aplicación en la administración del ambiente urbano principalmente, y frecuentemente rural; no solo en lo referente a la construcción, sino también, al mantenimiento, control y operación de lo construido, así como en la planificación de la vida humana en el ambiente diseñado desde la ingeniería civil.

Esto comprende planes de organización territorial tales como prevención de desastres, control de tráfico y transporte, manejo de recursos hídricos, servicios públicos, tratamiento de basuras y todas aquellas actividades que garantizan el bienestar de la humanidad que desarrolla su vida sobre las obras civiles construidas y operadas por ingenieros.

Ingeniería Estructural:

La ingeniería estructural se encarga de estimar la resistencia mínima de elementos sometidos a cargas vivas, cargas muertas y cargas eventuales (sismos, vientos, nieve, etc.), procurando un estado de servicio mínimo al menor costo posible.



FIG 4 Ingeniería Estructural

Los proyectos de ingeniería civil: incluyen puentes, edificios, estructuras inteligentes; plantas generadoras de energía termoeléctricas, hidráulicas y nucleares, puertos, muelles, canales de navegación, túneles, acueductos, autopistas, vías de ferrocarril, aeropuertos y varios otros sistemas de transporte, plantas de tratamientos de residuos sólidos, de aguas de desecho y otros tipos de residuos.



FIG 5 Puente San Cristóbal Chiapas



FIG 6 Presa Chicoasén

1.1

PROBLEMÁTICA:

Tuxtla Gutiérrez es una ciudad que ha experimentado un crecimiento importante de su población en los últimos años razón por lo cual, la mancha urbana se ha extendido haciendo cada vez más necesario la demanda de infraestructura que implica buscar soluciones al crecimiento desordenado de la vivienda que actualmente se presenta.

Desafortunadamente, aunado al crecimiento desordenado de la mancha urbana se tiene que agregar diversos elementos que complican el acceso a una vivienda digna y segura en la capital del estado de los cuales podemos mencionar los siguientes puntos:

Tuxtla se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico según la clasificación que hace la comisión federal de electricidad (CFE) en su manual de obras civiles (MDOC-2015).

Según el estudio de Infraestructura de la Universidad Autónoma de Chiapas la mayor parte de las viviendas están hechas a base de mampostería que no cumplen con los requerimientos mínimos ya que no hay un control de calidad ni pruebas que sustenten su resistencia.

Los puntos anteriores provocan que estas construcciones sean especialmente susceptibles a los efectos por sismo ocasionando con esto malos desempeños sísmicos que derivan en la poca seguridad estructural que puede llevar a pérdida de vidas humanas.

Según Autoridades del Sistema Estatal de Protección Civil, Chiapas es a nivel nacional el segundo estado con mayor número de actividad sísmica.



Informe: 69
Fecha: 09/Marzo/2020

Secretaría de Protección Civil

Instituto para la Gestión Integral de Riesgos de Desastres del Estado de Chiapas

Sismos registrados en la República Mexicana

En lo que va del año 2020 a nivel Nacional se han registrado **9,249** eventos sísmicos, de los cuales **702** han tenido epicentro a nivel Estado, lo que representa el **7.59%** de la actividad sísmica.



Fuente: Servicio Sismológico Nacional: Hora: 08:30 a.m.



EL ÚLTIMO REGISTRO NACIONAL:
FECHA Y HORA: 09/MARZO/2020, 04:59:03 HRS.
REGION DEL EPICENTRO: 37 KM AL SURESTE DE SALINA CRUZ, OAX.
LOCALIZACIÓN: 15.87° N, -95.07° W
PROFUNDIDA: 16.0 KM
MAGNITUD: 3.7

LUGAR	ESTADOS	SISMOS	%
1°	MICHOACAN	3,600	38,92%
2°	OAXACA	3,445	37,25%
3°	GUERRERO	824	8,91%
4°	CHIAPAS	702	7,59%
5°	JALISCO	171	1,85%
	OTROS	507	5,48%

FIGURA 7. SISMOS REGISTRADOS EN LA REPUBLICA MEXICANA

Esto se debe a que se encuentra en un sistema tectónico complejo por la interacción de tres placas:

1. Placa de cocos.
2. Placa norteamericana.
3. Placa del Caribe.

Esta última se desplaza en dirección contraria a las otras.



FIG 8. Placas tectónicas y sus correspondientes desplazamientos

Los sismos viajan en forma de ondas a través del terreno desde su fuente de origen. A mediados del siglo XIX ya se conocía que el movimiento producido por el paso de las ondas sísmicas después de un sismo, no produce el mismo efecto en todas las zonas por donde éstas pasan.

El documento de la microzonificación sísmica de Tuxtla Gutiérrez menciona que una de las ciudades importantes para el estado de Chiapas es su capital. Este municipio contiene 108 localidades que suman una población de 553,278 habitantes según los resultados preliminares del Censo General de Población y Vivienda 2010. En la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, se presenta la mayor concentración de población, infraestructura, equipamiento y servicios urbanos en el estado.

En lo que va del año 2020, en Chiapas se registran 702 eventos sísmicos, según la secretaría de Protección civil.

Durante el siglo pasado ocurrieron por lo menos diez sismos de magnitud mayor a 6.5 en la escala de Richter que causaron daños importantes en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, como es en viviendas, escuelas de educación básica, edificios públicos, edificios religiosos y daños estructurales en el edificio que ocupa el instituto del deporte tuxtleco.

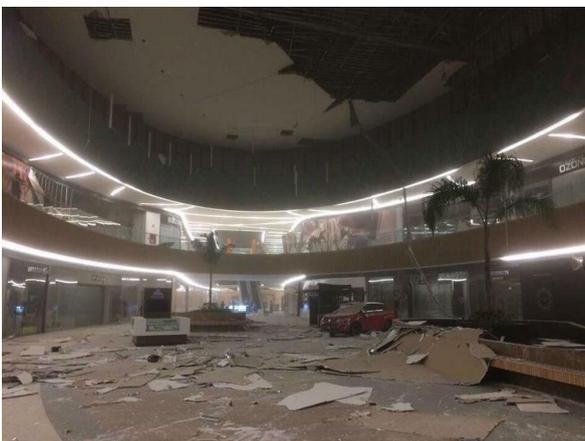


Fig. 9. Plaza Ámbar Tuxtla Gutiérrez



Fig. 10 Hospital Gilberto Gómez Maza "Tuxtla Gutiérrez"

1.2 JUSTIFICACION

El Ingeniero Edgar Tapia Hernández, doctor en Ingeniería Estructural e investigador académico de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), dice que las edificaciones construidas con estructura de acero, demostraron ser más eficientes y resistentes a fenómenos naturales de alta intensidad como los sismo del 17 y 19 de septiembre del 2017, lo cual se ha constatado en diversas investigaciones realizadas por el Ingeniero Edgar Tapia Hernández.

El Ingeniero Tapia estudio ingeniería en 1988 en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM- Azc). En el transcurso de los años ha continuado con sus estudios, gracias a ellos ha sido candidato a Investigador Nacional por el Sistema Nacional de Investigadores, sus estudios siempre han sido relacionados a los edificios construidos por acero. Actualmente el Doctor es el Presidente de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, A. C. (SMIS), para el periodo 2020-2021.

Hay evidencia de lo anterior, documentada en distintas instituciones durante los últimos 20 años. Las investigaciones más recientes se han encaminado a entender o mejorar el comportamiento de las estructuras de acero ante las innumerables rachas de viento que ocurren casi a diario, precisó Tapia Hernández.

Convencido de que una cimentación y construcción de edificaciones basadas en estructura de acero representan una alternativa viable en zonas de alto nivel de sismicidad, como la Ciudad de México, Tapia apuntó que su comportamiento en los fenómenos naturales ocurridos en septiembre 19 de 1985 y 2017 y el 17 de septiembre de 2017 evidenciaron “un buen comportamiento”. (VALDERRAMA, 2018)

El investigador añadió que entre 2% y 15% de las edificaciones de CDMX están registradas con estructura de acero: “Tenemos claro que fueron varias las que se sometieron a una alta demanda sísmica y todas ellas salieron con saldo blanco”.

Las estructuras de acero se elaboran con perfiles laminados en caliente, rolados en frío o con placas, y perfectamente soldados. Desde luego, “Si se siguen

los procedimientos y razonamientos de análisis apegados a los actuales reglamentos de construcción, resultan altamente confiables”, añadió Tapia Hernández.

Según el artículo de patologías constructivas de viviendas en Chiapas, las estructuras de mampostería han sido utilizadas por siglos para construir espacios habitacionales y otras estructuras. Su construcción empezó siendo empírica, pero con el paso del tiempo se han establecido lineamientos para darle seguridad, desafortunadamente el desarrollo tecnológico y la normatividad para este tipo de construcciones no han impactado en todas las regiones del país como es el caso de Chiapas, donde aún se siguen realizando prácticas constructivas que en sismos recientes se ha demostrado que son inadecuadas. (Raúl González Herrera, 2017)

Se entiende por patología a una deficiencia sistemática que se presenta en la mayoría de las construcciones y que resulta básicamente por cuatro causas:

- a) Mala calidad de los materiales empleados en la construcción de la vivienda.
- b) Errores constructivos que no son identificados como tal por los constructores, por falta de actualización que los lleva a repetir prácticas incorrectas.
- c) Falta de la cultura de la calidad en la supervisión.
- d) Falta de reglamentos y legislación en materia de construcción, que se base en estudios de los parámetros, índices específicos de los materiales locales y regionales.

En México a partir del año 2000 comenzó una preocupación fuerte para industrializar la vivienda de bajo costo (interés social), actividad económica de primera necesidad que estaba rezagada por la situación de los créditos e inestabilidad de los indicadores económicos. La competencia después de unos años se ha vuelto una descarnada lucha por vender viviendas; ha traído bonanza para algunos empresarios, pero la mayoría no se ha ocupado de manera decidida por incrementar la calidad del producto final. (Raúl González Herrera, 2017)

DESARROLLO URBANO:

La agenda estratégica de nuestra ciudad Tuxtla Gutiérrez dice que el municipio de Tuxtla Gutiérrez está conformado por 115 localidades, de las cuales únicamente 10 de ellas cuentan con más de 100 habitantes; las más

importantes son: Tuxtla Gutiérrez, El Jobo y Copoya, que en conjunto concentran el 99.37% de la población municipal.

El área urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez es de 13,958 hectáreas con una densidad promedio de 35.90 habitantes por hectárea; la estructura urbana se distribuye en 437 colonias, fraccionamientos o unidades habitacionales, en un área urbana con una intensidad de uso del suelo de 60.21%, que tiene una tendencia a disminuir, ya que en el año 2001 era de 67.73% y en el año 2007 se registró 63.40%, lo cual ha generado que cada vez se ocupe menos el suelo urbanizado y más la periferia de la ciudad.

Lo anterior denota que para hacer de Tuxtla Gutiérrez un modelo urbano ordenado y eficiente, es indispensable impulsar un ordenamiento territorial que replantee los lineamientos a seguir, partiendo de la identificación de la situación actual, para así proveer a la ciudad de una visión clara. Así, en aras de lograr lo anterior es imperante la observancia y consecuente aplicación de la Ley General de los Asentamientos Humanos, la cual establece definiciones, competencias y procesos para la planeación y la operación del desarrollo urbano y ordenamiento territorial, así como las atribuciones del Ayuntamiento en materia de planeación urbana y ordenamiento de los asentamientos humanos.

1.3 OBJETIVO:

Demostrar a través de un estudio comparativo el mejor desempeño sísmico de un edificio en Plan de Ayala, colonia de Tuxtla Gutiérrez, construido con estructura metálica a ese mismo edificio construido con marcos rígidos de concreto por medio de los desplazamientos permisibles para los casos críticos.

1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar un estudio comparativo de desplazamientos en un edificio para departamentos con concreto vs estructura metálica.
- Describir las características de una zona sísmica tipo III(Plan de Ayala)
- Conocer los efectos de un sismo sobre la estructura de un edificio
- Conocer las propiedades del concreto local y del acero.
- Escoger un proyecto para analizarlo con estructura de concreto y estructura de acero.
- Conocer el funcionamiento del programa “ETABS”, que se utilizará para el estudio de comparación.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

Plan de Ayala

Plan de Ayala está situado exactamente a 6.25 km hacia el noroeste del centro geográfico del municipio de Tuxtla y a 5.82 Km del centro de la localidad, en conclusión Plan de Ayala está ubicado del lado Noroeste. Según la microzonificación de Tuxtla, corresponde a esto: Zona A. Resto del valle, arcillas de color gris oscuro a café claro, suelos expansivos, zona III MOC-CFE-1993

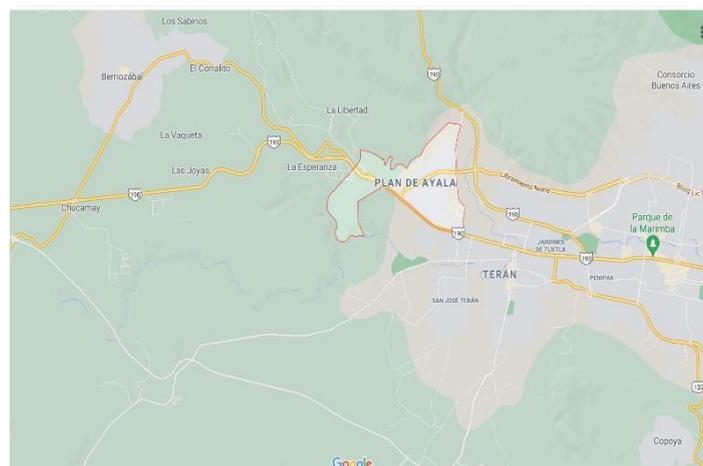


FIGURA 11. PLAN DE AYALA

2.1 DEFINICIÓN DE UNA ESTRUCTURA:

Una estructura es un mecanismo designado para soportar cargas y resistir fuerzas. (Echeverry, 2010). Una estructura puede concebirse como un sistema, es decir, como un conjunto de partes o componentes que se combinan en forma ordenada para cumplir una función dada. La función puede ser: salvar un claro, como en los puentes; encerrar un espacio, como sucede en los distintos tipos de edificios, o contener un empuje, como en los muros de contención, tanques o silos. (Cuevas, 2005).

La función principal de una estructura es absorber las solicitaciones que se derivan del funcionamiento de la construcción.

El subsistema estructural debe soportar una serie de acciones externas que le ocasionan deformaciones, desplazamientos y, ocasionalmente, daños; todos estos constituyen su respuesta a dichas acciones.

Por acciones se entiende lo que generalmente se denomina cargas. La



Fig. 12 Representación esquemática del mecanismo acción-respuesta.

Respuesta de la estructura está representada por el conjunto de parámetros físicos que describen su comportamiento ante las acciones que le son aplicadas. (Piralla, 2011)

La estructura debe cumplir la función a la que está destinada con un grado razonable de seguridad y de manera que tenga un comportamiento adecuado en las condiciones normales de servicio. Además, deben satisfacerse otros requisitos, tales como mantener el costo dentro de límites económicos y satisfacer determinadas exigencias estéticas.

El proceso de diseño de un sistema estructural da inicio con la formulación de los objetivos que se pretenden alcanzar y de las restricciones que deben tenerse en cuenta. El proceso es cíclico; se parte de consideraciones generales, que se afinan en aproximaciones sucesivas, a medida que se acumula la información sobre el problema.

Para poder realizar el diseño de estructuras, es necesario hacer pruebas para conocer las propiedades del material. En esta fase del diseño es donde la intuición y la experiencia del ingeniero desempeñan un papel primordial. (Cuevas, 2005).

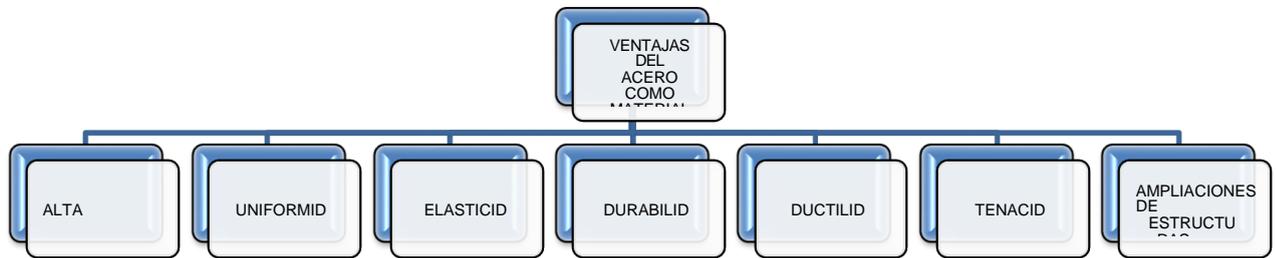
Un factor que afecta al costo del proyecto es la elección de estructura. Es por ello que debemos de conocer los tipos de estructuras, sus ventajas y desventajas así como sus propiedades estructurales.

2. 1.1 PROPIEDADES ESTRUCTURALES

Para un análisis estructural, cuatro tipos de propiedades deben tenerse en cuenta:

- (1) Propiedades geométricas: coordenadas, ángulos, segmentos, y secciones transversales de los elementos.
- (2) Propiedades estáticas: cargas, reacciones y esfuerzos.
- (3) Deformaciones: desplazamientos lineales y angulares del eje centroidal y los soportes.
- (4) Constantes de los materiales: módulos de elasticidad y de rigidez de los materiales, constantes de densidad y coeficientes de cambio de volumen. (Echeverry, 2010)

2.2 VENTAJAS DEL ACERO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL



1) Alta resistencia:

La alta resistencia del acero por unidad de peso implica que será relativamente bajo el peso de las estructuras; esto es de gran importancia en puentes de grandes claros, en edificios altos y en estructuras con condiciones deficientes en la cimentación.

2) Uniformidad

Las propiedades del acero no cambian apreciablemente en el tiempo como es el caso de las estructuras de concreto reforzado.

3) Elasticidad

El acero se acerca más en su comportamiento a las hipótesis de diseño que la mayoría de los materiales, gracias a que sigue la ley de Hooke hasta refuerzos bastante altos.

Los momentos de inercia de una estructura de acero pueden calcularse exactamente, en tanto que los valores obtenidos para una estructura de concreto reforzados son relativamente imprecisos.

4) Durabilidad

Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado durarán indefinidamente, investigaciones realizadas en los aceros modernos, indican que bajo ciertas condiciones no se requiere ningún mantenimiento a base de pintura.

5) Ductilidad

Es la propiedad que tiene un material de soportar grandes deformaciones sin fallar bajo altos esfuerzos de tensión.

6) Tenacidad

Los aceros estructurales son tenaces, es decir, poseen resistencia y ductilidad. Un miembro de acero cargado hasta que se presentan grandes deformaciones será aún capaz de resistir grandes fuerzas.

Es una característica muy importante porque implica que los miembros de acero pueden someterse a grandes deformaciones durante su formación y montaje, sin fracturarse, siendo posible doblarlos, martillarlos, cortarlos y taladrarlos sin daño aparente. La propiedad de un material para absorber energía en grandes cantidades se denomina **tenacidad**.

7) Ampliaciones de estructuras existentes

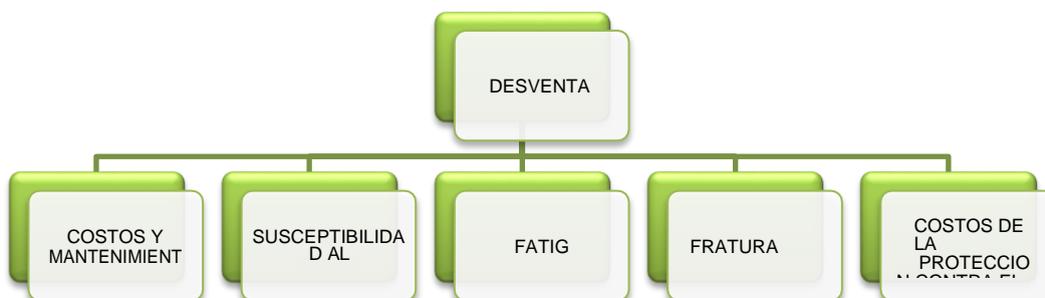
Las estructuras de acero se adaptan muy bien a posibles adiciones.

8) Propiedades diversas:

- a) Gran facilidad para unir diversos miembros por medio de varios tipos de conexión como son la soldadura, los tornillos y los remaches.
- b) Posibilidad de prefabricar los miembros.
- c) Rapidez de montaje.
- d) Gran capacidad para laminarse en gran cantidad de tamaños y formas.
- e) Resistencia de fatiga.
- f) Reuso posible después de desmontar una estructura.
- g) Posibilidad de venderlo como “chatarra” aunque no pueda utilizarse en su forma existente.

El acero es el material reutilizable por excelencia (McCormac, 2003).

2.1.1 DESVENTAJAS DEL ACERO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL



9) Costos y mantenimiento

La mayor parte de los aceros son susceptibles a la corrosión al estar expuestos al aire y al agua y, por consiguiente, deben pintarse periódicamente. El uso de aceros intemperizados para ciertas aplicaciones, tienden a eliminar este costo.

10) Costo de la protección contra el fuego

El acero es un excelente conductor de calor, de manera que los miembros de acero sin protección pueden transmitir suficiente calor de una sección o compartimiento incendiado de un edificio a secciones adyacentes del mismo edificio e incendiar el material presente.

La estructura de acero de una construcción debe protegerse mediante materiales con ciertas características aislantes o al edificio deberá acondicionarse con un sistema de rociadores para que cumpla con los requisitos de seguridad del código de construcción de la localidad en que se halle.

11) Susceptibilidad al pandeo

Cuando más largos y esbeltos son los miembros a compresión, tanto mayor es el peligro de pandeo. El acero tiene una alta resistencia por unidad de peso, pero al usarse como columnas no resulta muy económico ya que debe usarse bastante material, solo para hacer más rígida las columnas contra el posible pandeo.

12) Fatiga

Otra característica inconveniente del acero es que su resistencia puede reducirse si se somete a un gran número de inversiones del sentido del esfuerzo, o bien, a un gran número de cambios de la magnitud del esfuerzo de tensión.

13) Fractura frágil

El acero puede perder su ductilidad y la falla frágil puede ocurrir en lugares de concentración de esfuerzos. Las cargas que producen fatiga y muy bajas temperaturas agravan la situación. (Cormac, 2003)

2.3 RELACIONES ESFUERZO-DEFORMACION DEL ACERO ESTRUCTURAL

Para entender el comportamiento de las estructuras metálicas es absolutamente indispensable que el proyectista conozca las propiedades del acero. Los diagramas esfuerzo-deformación ofrecen parte de la información necesaria para entender cómo se comporta este material en una situación particular. No pueden desarrollarse métodos satisfactorios de diseño a menos que se disponga de información completa relativa a las relaciones esfuerzo-deformación del material que se usa.

Si una pieza de acero estructural dúctil se somete a una fuerza de tensión, esta comenzara a alargarse. Si se incrementa la fuerza a razón constante, la magnitud del alargamiento se duplicara cuando el esfuerzo pase de 6000 a 12000 psi (pounds per square inch; se usara psi o lb/pulg² indistintamente). Cuando el esfuerzo de tensión alcance un valor aproximadamente igual a un medio de la resistencia ultima del acero, el alargamiento comenzara a aumentar más y rápidamente sin un incremento correspondiente del esfuerzo.

El mayor esfuerzo para el que todavía es válida la ley de Hooke o el punto más alto de la porción recta del diagrama esfuerzo-deformación se denomina *limite proporcional*.

El mayor esfuerzo que un material puede resistir sin deformarse permanentemente se llama *limite elástico*. Este valor rara vez se mide y para la mayoría de los materiales estructurales, incluido el acero, es sinónimo del límite proporcional. Por esta razón se usa a veces el término *límite proporcional elástico*. (Diseño de Estructuras de acero de Cormac, 2003)

2.2 ACEROS ESTRUCTURALES MODERNOS

Las propiedades del acero pueden cambiarse en gran medida variando las cantidades presentes de carbono y añadiendo otros elementos como silicio, níquel, manganeso y cobre. Un acero que tenga cantidades considerables de estos últimos elementos se denominara *acero aleado*. Aunque esos elementos tienen un gran efecto en las propiedades del acero, las cantidades de carbono en el acero es casi siempre menos que el 0.5 % en peso y es muy frecuente que sea de 0.2 a 0.3 %.

La composición química del acero es de suma importancia en sus efectos sobre sus propiedades tales como la soldabilidad, la resistencia a la corrosión, la resistencia a la fractura frágil, etc. La ASTM (American Society for Testing and Materials o ASTM International) especifica los porcentajes exactos máximos de carbono, manganeso, silicio, etc., que se permiten en los aceros estructurales. Aunque las propiedades físicas y mecánicas de los perfiles de acero las determina principalmente su composición química, también influyen ellas, hasta cierto punto, el proceso de laminado, la historia de sus esfuerzos y el tratamiento térmico aplicado.

En las décadas pasadas, un acero estructural al carbono designado como A36 y con un esfuerzo mínimo de fluencia $F_y=36$ klb/plg², era el acero estructural comúnmente usado.

Sin embargo, más recientemente, la mayoría del acero estructural usado en Estados Unidos se fabrica fundiendo acero chatarra en hornos eléctricos. Con este proceso puede producirse acero de 50 klb/plg², A992, y venderse a casi el mismo precio que el acero A36. (Cormac, 2003)

En décadas recientes los ingenieros y arquitectos han requerido aceros más fuertes, aceros con mayor resistencia a la corrosión, con mejores propiedades de soldabilidad y diversas características. Las investigaciones realizadas por la industria acerera durante este periodo han proporcionado varios grupos de nuevos aceros que satisfacen muchas de las demandas, de manera que actualmente existe una gran cantidad de aceros clasificados por la ASTM e incluidos en las especificaciones AISC(American Institute of Steel Construction)

Los aceros estructurales se agrupan generalmente según varias clasificaciones principales de la ASTM: los aceros de propósitos generales (A36), los aceros estructurales de carbono (A529), los aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación (A572), los aceros estructurales de alta resistencia, baja aleación y resistentes a la corrosión atmosférica (A242 y A588) y la placa de acero templada y revenida (A514 y 1582). (Cormac, 2003)

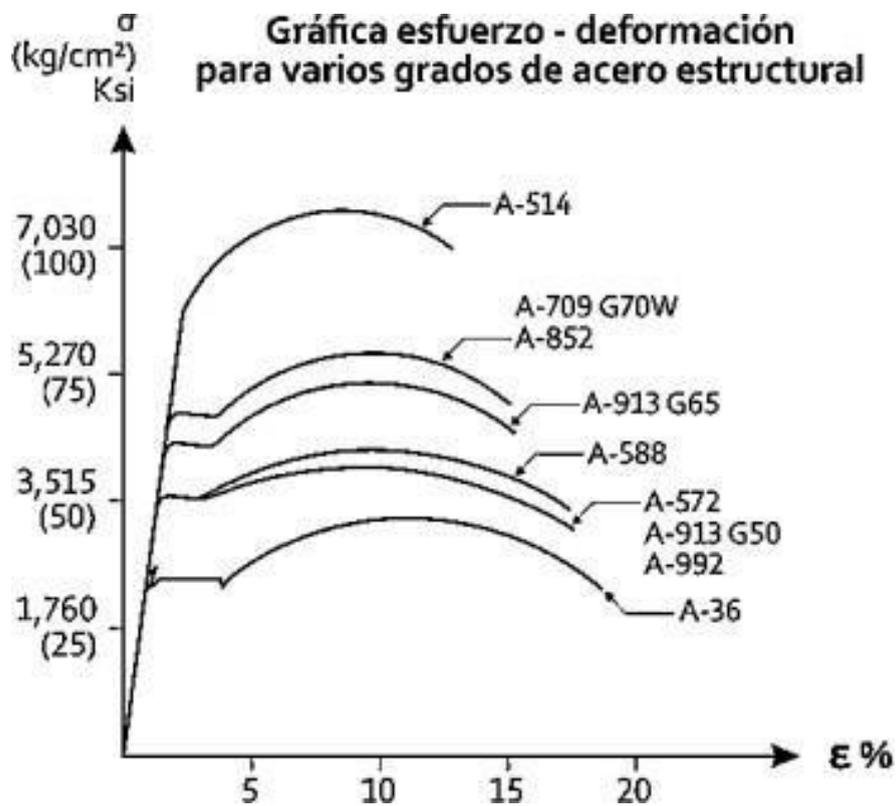


Fig13. Grafica esfuerzo-deformación

2.2.1 PROPIEDADES DE ACEROS ESTRUCTURALES

Designación de la ASTM	Tipo de Acero	Formas	Usos recomendados	Esfuerzo mínimo de fluencia Fy=en KSI	Resistencia mínima especificada a la tensión, Fu= en KSI
A36	Al carbono	Perfiles, barras y placas	Edificios, puentes y otras estructuras atornilladas o soldadas	36, pero 32 si el espesor es mayor de 8 pulg.	58-80
A529	Al carbono	Perfiles y placas hasta de ½ pulg.	Similar al A36	42-50	60-100
A572	Columbio- vanadio de alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas y barras hasta de 6 pulg.	Construcción soldada o atornillada. No para puentes soldados con Fy grado 55 o mayor	42-65	60-80
A242	De alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión	Perfiles, placas y barras hasta de 5 pulg.	Construcciones atornilladas, técnica de soldado muy importante	42-50	63-70
A588	De alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión atmosférica	Placas y barras hasta de 4 pulg.	Construcción atornillada	42-50	63-70
A852	Aleación templada y revenida	Placas solo hasta de 4 pulg.	Construcción soldada o atornillada, principalmente para puentes y edificios soldados. Proceso de soldadura de importancia fundamental	70	90-110
A514	Baja aleación templada y revenida	Placas solo de 2 ½ a 6 pulg.	Estructura soldada con gran atención a la técnica; no se recomienda si la ductilidad es importante	90-100	100-130

Tabla 1. Propiedades de aceros estructurales

El esfuerzo en el que se presenta un incremento brusco en el alargamiento o deformación sin un incremento en el esfuerzo, se denomina esfuerzo de fluencia; corresponde al primer punto del diagrama esfuerzo-deformación para el cual la tangente a 1:1 a curva es horizontal. El esfuerzo de fluencia es para el proyectista la propiedad más importante del acero, ya que muchos procedimientos de diseño se basan en este valor. Más allá del esfuerzo de fluencia hay un intervalo en el que ocurre un incremento considerable de la deformación sin incremento del esfuerzo. La deformación que se presenta antes del esfuerzo de fluencia se denomina *deformación elástica*. La deformación que ocurre después del esfuerzo de fluencia, sin incremento de esfuerzo, se denomina *deformación plástica*.

La fluencia del acero puede parecer una seria desventaja, pero en realidad es una característica muy útil; con frecuencia ha prevenido la falla de una estructura debida a omisiones o errores del proyectista. Si el esfuerzo en un punto de una estructura de acero dúctil alcanza el esfuerzo de fluencia, esa parte de la estructura cederá localmente sin incremento en el esfuerzo, impidiendo así una falla prematura. Esta ductilidad permite que se reajusten los esfuerzos en una estructura de acero.

Otra manera de describir este fenómeno es afirmar que los altos esfuerzos causados por la fabricación, el montaje o la carga tienden a igualarse entre sí. También puede decirse que una estructura de acero tiene una reserva de deformación plástica que le permite resistir sobrecargas y golpes repentinos. Si no tuviese esta capacidad se podría fracturar como el vidrio u otros materiales análogos.

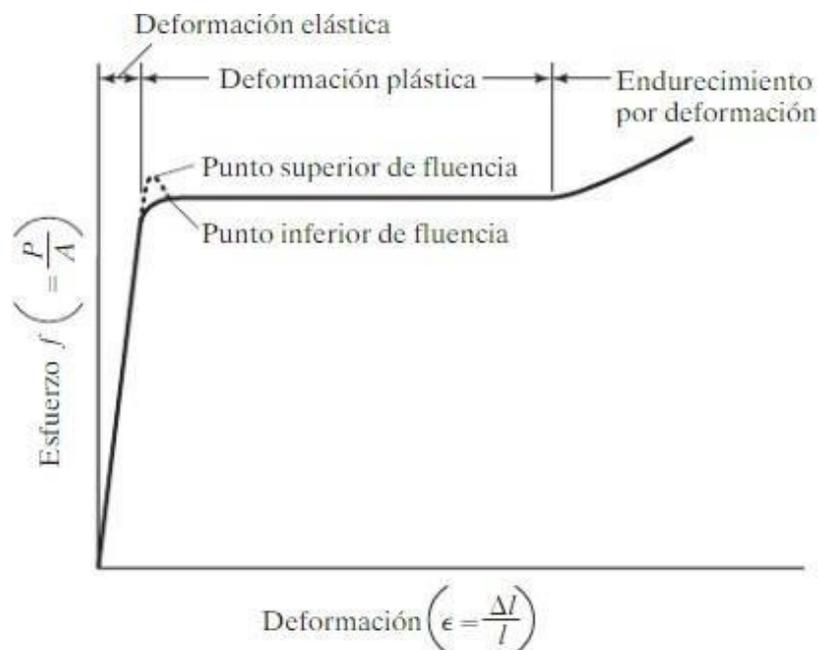


Fig. 14 esfuerzo-deformación

2.3 ORIGEN Y EFECTOS DE LAS CARGAS

Las cargas más importantes que debe soportar una estructura se clasifican en cargas muertas, vivas y accidentales (cargas sísmica y de viento).

Las cargas muertas y vivas ejercen, por lo general, una fuerza descendente de manera constante y acumulativa desde la parte más alta del edificio hasta su base. Las cargas de *sismo* y *viento* se consideran en el plano horizontal de la edificación y son aplicadas, respectivamente, en los nudos de cada nivel o a lo largo de la altura de la edificación.

Es conveniente tener en cuenta las siguientes consideraciones durante la determinación y efecto de las cargas de la estructura a considerar:

- (1) Se deben incluir todas las cargas probables que una estructura tendrá que soportar, incluyendo acciones potenciales que puedan suceder en tiempo futuro.
- (2) Las cargas permanentes son aquellas que varían muy poco en el tiempo y con pequeños intervalos de variación en magnitud.
- (3) Las estructuras deben dimensionarse con objeto de que no fallen ni se deformen excesivamente bajo la acción de cargas.
- (4) Un sistema de cargas actuando en una estructura tiene tres tipos diferentes de efectos: reacciones, esfuerzos y deformaciones. Todas estas cantidades son función de las cargas y de la forma de la estructura

Las diversas fuentes de cargas para los tipos de estructuras mencionadas son principalmente las causadas por *las cargas muertas, las cargas vivas, cargas de sismo, cargas de viento y cargas producidas por la variación de la temperatura.* (Echeverry, 2010)

2.3.1 CARGAS MUERTAS

Las cargas muertas son aquellas están basadas en el cálculo del peso volumétrico y las dimensiones del material utilizado para la construcción del sistema estructural. Es el peso permanente de la estructura y cubre las cargas de los elementos tales como: muros, pisos, cubiertas cielorrasos, escaleras y equipos fijos.

Se llama carga muerta al conjunto de acciones que se producen por el peso propio de la construcción; incluye el peso de la estructura misma y el de los elementos no estructurales, como los muros divisores, los revestimientos de pisos, muros y fachadas, la ventanería, las instalaciones y todos aquellos elementos que conservan una posición fija en la construcción, de manera que gravitan en forma constante sobre la estructura. La carga muerta es, por tanto la principal acción permanente. (Piralla, 2011)

En general, se pueden considerar como cargas muertas todas aquellas cargas que no son causadas por la ocupación y uso de la edificación. (Echeverry, 2010)

2.3.2 CARGAS VIVAS

La carga viva es la que se debe a la operación y uso de la construcción. Incluye, por tanto, todo aquello que no tiene una posición fija y definitiva dentro de la misma y no puede considerarse como carga muerta. Entran así en la carga viva el peso y las cargas debidos a muebles, mercancías, equipo y personas. La carga viva es la principal acción variable que debe considerarse el diseño. (Piralla, 2011)

Son cargas con magnitud y localización variables. Dentro de este grupo se encuentran los siguientes tipos de carga:

(1) Cargas Vivas Verticales: tales como cargas determinadas por la ocupación de una edificación o cargas vehiculares dinámicas.

(2) Cargas Vivas Laterales: tales como las producidas por la acumulación de tierra o materiales.

En general, dentro de las cargas vivas en un edificio se incluye: el peso de la gente, los muebles y maquinaria, así como otros equipos. Este tipo de cargas varían a lo largo del tiempo y, especialmente, si la función para acopio de cargas del edificio cambia. Las cargas vivas no deben ser incluidas en las:

Cargas ambientales tales como el viento, sismo, o en la misma carga muerta. Otras fuentes de carga viva están definidas por la presencia de:

(1) Materiales, equipos y trabajadores utilizados en el mantenimiento de la cubierta.

(2) Objetos móviles y personas que tengan acceso a la estructura durante la vida útil la misma. (Echeverry, 2010)

Los valores de las cargas vivas especificados por los reglamentos de construcción se consideran como cargas estáticas fijas. Pero si las cargas se aplican rápidamente, crean fuerzas de impacto adicionales, como en el caso de un cuerpo en movimiento que ejerce una carga sobre una estructura: la estructura se deforma y absorbe energía cinética del objeto en movimiento. (Echeverry, 2010)

2.4 SISMOS

La palabra sismo viene del griego Seiein que significa mover. Se le llama temblor a un sismo pequeño, generalmente local, mientras que a un sismo grande se le da el nombre de terremoto. Los sismos son vibraciones de la corteza terrestre, generadas por distintos fenómenos, como la actividad volcánica, la caída de techos de cavernas subterráneas y hasta por explosivos. Sin embargo los sismos más severos y los más importantes desde el punto de vista de la ingeniería, son los de origen tectónico, que se deben a desplazamientos bruscos de las grandes placas en que esta subdividida la corteza terrestre.

La energía se libera principalmente en forma de ondas vibratorias que se propagan a grandes distancias a través de la roca de la corteza (MELI, 1985)

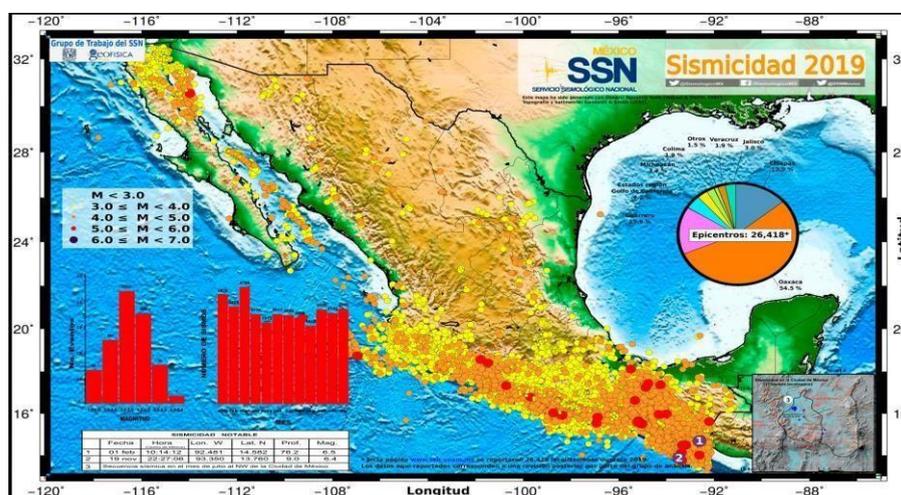


Fig. 15 Epicentros de sismos ocurridos en México en el 2019 Servicio Sismológico Nacional

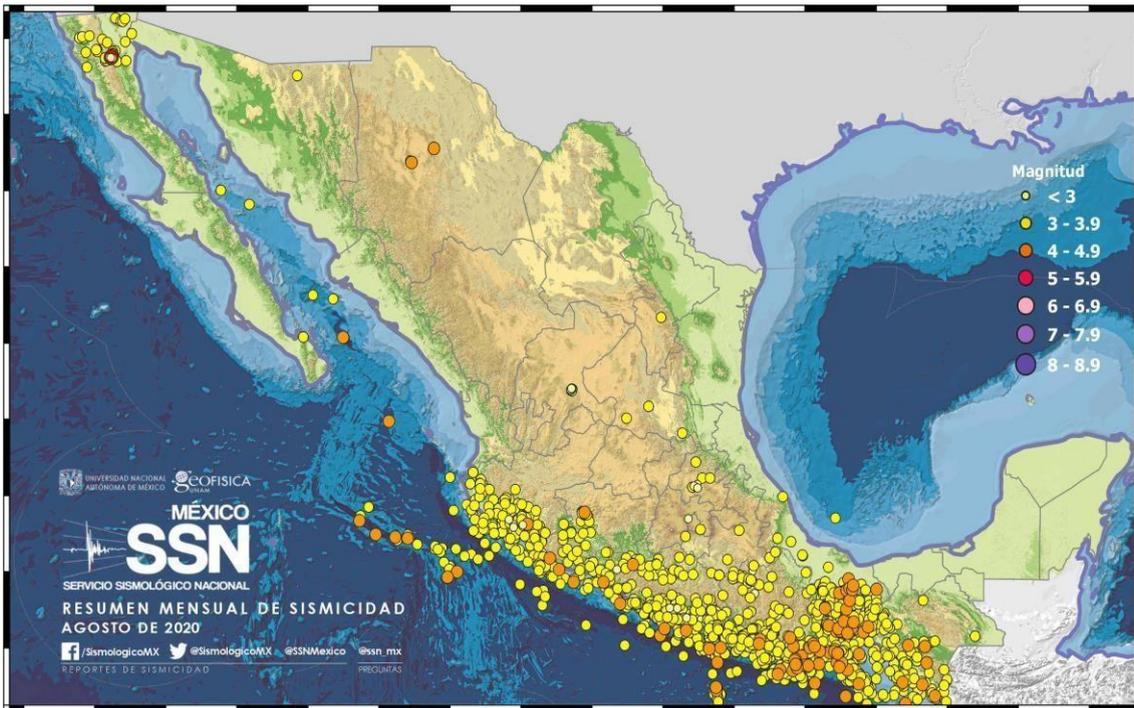


Fig. 16 Resumen de Epicentros de sismos ocurridos en México en el 2020 (Enero-Agosto)
Servicio Sismológico Nacional

2.4.1 TIPOS DE ONDAS SÍSMICAS:

Existen tres tipos de ondas que son las más importantes. La primera de ellas es la onda primaria o también llamada onda P, que consiste en un movimiento longitudinal que provoca la dilatación y compresión en el sentido que viaja. La onda P es la onda más rápida, y viaja a más de 5 km/s en las rocas profundas (en el agua viaja a 1.5 km/s).

El segundo tipo de onda es la onda S (de la palabra shear, que significa cortante), es decir, son ondas de corte o de cizalla. Esta onda viaja más lentamente, cuando viaja se deforma transversalmente en la roca por lo que no puede viajar a través de los líquidos, por tanto no viaja a través de los océanos.

En una gran cantidad de rocas la velocidad de las ondas S es igual a la velocidad de las ondas P dividida entre 1.732. Generalmente la onda S tiene más amplitud que la onda P, y por tanto se siente más fuerte que esta.

El tercer tipo de ondas sísmicas son las ondas superficiales, las cuales viajan en la superficie de la corteza terrestre. Existen dos tipos de ondas superficiales: la primera de ellas es la onda Love u onda L, que es similar a las ondas S pero sin desplazamiento vertical, por tanto estas ondas mueven el suelo lateralmente en un plano horizontal, y producen sacudidas en los cimientos de las estructuras lo que causa daños. El segundo tipo de ondas superficiales son las ondas Rayleigh u ondas R, que semejan las olas del mar, sus partículas se mueven verticalmente y horizontalmente; en un plano vertical forman un movimiento elíptico. Las ondas superficiales viajan más despacio que las internas. La velocidad de las R varia de 1 a 4 km/s y la de las ondas L de 1 a 4.5 km/s. (chavez, 2014).

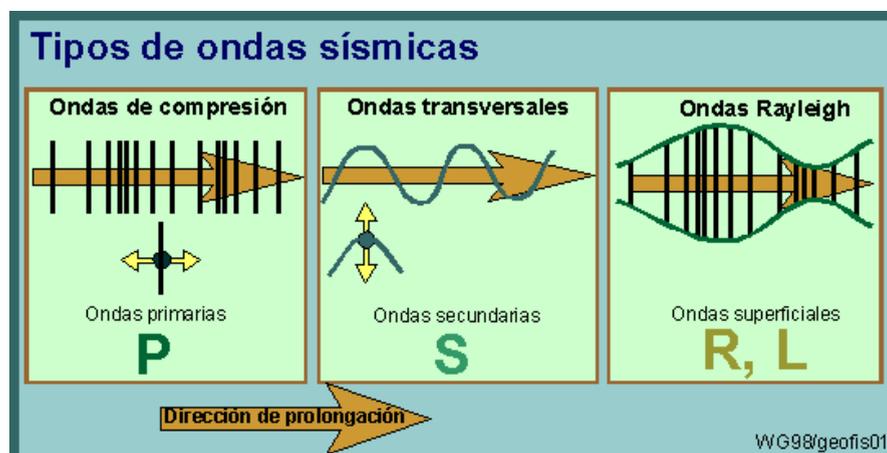


Fig 17:
Tipos de ondas

2.4.2 CARGAS DE SISMO

De las acciones accidentales, la más importante para el diseño de casa habitación es el sismo. El efecto de los sismos en una construcción, a diferencia de las cargas vivas y las cargas muertas, no puede ser estudiado como una acción permanente o semipermanente. El objetivo del diseño sísmico de las estructuras es lograr las tres características que rigen el buen comportamiento sísmico: **resistencia, rigidez y ductibilidad**. (E., 2005)

Las cargas de sismo son debidas al movimiento acelerado del suelo en las direcciones tanto horizontal como vertical, y son expresadas en función de la gravedad G . Cuando la base de una estructura está sujeta a una aceleración súbita del suelo, las fuerzas de inercia que siguen la segunda ley de Newton ($F=m \cdot a$) se desarrollan y un análisis dinámico basado en las ecuaciones de movimiento de Newton para estructuras localizadas en regiones de cierto riesgo sísmico, debe ser seguido.

Los movimientos del terreno generados por las fuerzas de terremotos provocan oscilaciones en los edificios. Suponiendo que el edificio esta fijo en la base, el desplazamiento de los niveles varían desde cero en la base hasta un máximo en la azotea.

Las fuerzas horizontales de sismo son cargas dinámicas que se aproximan a cargas estáticas equivalentes. Para el cálculo de edificios se puede utilizar un procedimiento cuasi-estático o también se utiliza un análisis modal o dinámico. En el análisis cuasi-estático se concentra una carga puntual de sismo por cada piso de la estructura y esta carga se subdivide para cada nudo de la losa donde se interceptan las columnas con las vigas principales. La subdivisión de la carga de sismo de cada piso se puede realizar de acuerdo a la rigidez equivalente de cada nudo en el piso considerado. (Echeverry, 2010)

2.5 PROPIEDADES PARA UN ANALISIS ESTRUCTURAL:

Para un análisis estructural, cuatro tipos de propiedades deben de tenerse en cuenta:

- a) Propiedades geométricas: coordenadas, ángulos, segmentos, y secciones transversales de los elementos
- b) Propiedades estáticas: cargas, reacciones y refuerzos
- c) Deformaciones: desplazamientos lineales y angulares del eje centroidal y los soportes.
- d) Constantes de los materiales: módulos de elasticidad y de rigidez de los materiales, constantes de densidad y coeficientes de cambio de volumen.

2.5.1 PROPIEDADES ESTRUCTURALES:

Cinco suposiciones básicas se hacen para el presente curso de análisis estructural:

- 1) Los materiales estructurales serán homogéneos, isotópicos, continuos y siguen la ley de Hooke.
- 2) Todas las deformaciones son pequeñas y no alteran significativamente la geometría inicial de la estructura. (Echeverry, 2010)
- 3) Todas las cargas son aplicadas gradualmente y el principio de superposición es valido
- 4) Las constantes de los materiales son conocidas a partir de experimentación y son independientes del tiempo
- 5) Los sistemas se encuentran en un estado de equilibrio estático.

CAPITULO 3

3.0 MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCION:

La siguiente memoria de cálculo presenta el análisis y diseño estructural desarrollado para una estructura de acero y una estructura de concreto para Departamentos en 3 niveles, con un área aproximada de 972.49 m² de construcción, en la colonia Plan de Ayala ubicada en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

OBJETIVO

Demostrar que un mismo modelo construido con acero en vez de concreto nos ayuda a tener un mejor desempeño sísmico.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Tomando en cuenta el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias 2017 (Diseño por Sismo, Cimentaciones, Mampostería y Concreto), el manual de diseño de obras civiles de Comisión Federal de Electricidad (Diseño por Sismo 1993), se procedió a elaborar el cálculo estructural correspondiente a los elementos descritos.

La estructura del edificio consta de un sistema de marcos rígidos con vigas y columnas unidas mediante conexiones rígidas (nodos rígidos) y muros de cortante en donde sea necesario para lograr tener un comportamiento dúctil ante cargas de servicio, eventos sísmicos y asentamientos instantáneos. Se considera que el cubo de escaleras y ascensores está dentro de la estructura y que el área de sótano será utilizada para estacionamiento.

CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura conforme a su uso según el RCDF-2017 (Art. 139), se clasifica dentro del Grupo B, construcciones que requieren un grado de seguridad intermedio, cuya falla estructural ocasionaría pérdidas de magnitud intermedia o que pondrían en peligro otras construcciones de este grupo o del A, tales como edificaciones destinadas a viviendas, oficinas y locales comerciales, hoteles y construcciones comerciales. Por la zona sísmica donde se encuentra se clasifica como C, de alto riesgo sísmico.

CRITERIOS DE DISEÑO

Toda estructura y cada una de sus partes son diseñadas para cumplir los siguientes lineamientos básicos:

- I. Tener la seguridad adecuada contra la aparición de todo estado límite de falla posible ante las combinaciones de acciones más desfavorables que puedan presentarse durante su vida esperada.
- II. No rebasar ningún estado límite de servicio ante combinaciones de acciones que corresponden a condiciones normales de operación.

CARACTERÍSTICAS Y METODOLOGÍA DE DISEÑO

El sistema de losas de entrepiso y azotea conformaran un diafragma horizontal que restringen a las trabes lateralmente, las cuales se revisaron ante esfuerzos de flexión y cortante, las columnas tendrán un comportamiento dúctil para los esfuerzos de flexo-compresión, no se permitirá cambios de aceros de un piso a otro en columnas, los estribos serán cerrados formando un ángulo de 135° garantizando un buen confinamiento en las uniones viga-columna y el pandeo lateral de las barras longitudinales.

Los muros divisorios son a base de mampostería confinada por cadenas y castillos, se calcularon con tabique rojo común de 14 cm de espesor, estos están desvinculados lateralmente mediante juntas de polietileno de 1" de espesor y se desplantaran de la cimentación y de las losas de entrepisos mediante castillos.

En la determinación de las propiedades elásticas de los muros se obtiene una resistencia a la tensión nula de la mampostería y las propiedades de las secciones agrietadas transformadas cuando las grietas aparezcan.

ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

Las propiedades de los materiales bajo los cuales se diseñó el proyecto son los siguientes:

➤ CIMENTACION

1. Todas las zapatas deberán desplantarse sobre material mejorado que garantice una presión de contacto mínima de 15.60 ton/m², se colocaran dos capas de mejoramiento para la estabilización del suelo, la primera será una capa de pedraplen de 30 cm de espesor, la segunda capa será de 70 cm de espesor con material calidad subrasante, esta puede ser base hidráulica o polvo de grava, debiéndose compactar en capas no mayores de 20 cm con equipo mecánico que garantice un grado de compactación del 95% de su p.v.s.m (Peso Volumétrico Seco Máximo). El desplante de las zapatas debido a estabilidad por volteo no deberán ser menor de 2.00 mts a partir del nivel de terreno natural.
2. La cimentación irá desplantada como se indica en detalles.
3. En todos los elementos de cimentación se colocara una plantilla de concreto pobre de $f'c=100$ kg/cm² y 0.05mts de espesor.
4. Las capas con material calidad subrasante deberá tener la humedad óptima para garantizar el grado de compactación requerido y distribuir las presiones al suelo de manera uniforme.
5. La humedad de terreno deberá ser óptima para alcanzar 95% prueba Proctor standard.

➤ CONCRETO

1. El cemento que se utilice en las mezclas será portland normal (tipo i) de marca de reconocido prestigio.
2. el concreto de todos los elementos estructurales colados en el lugar, deberán tener como resistencia mínima a la compresión ($f'c$) la especificada para cada elemento.

3. $f'c$ = resistencia a la compresión a los 28 días en kg/cm^2 .

4. $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ en cimentación, losas, trabes, columnas y nervaduras.
5. $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ en cadenas y castillos.
6. $f'c = 100\text{kg/cm}^2$ en plantillas en cimentación.

Todos los concretos deberán ser premezclado con las resistencias requeridas o hecho en obra con un laboratorio que lleve el control de calidad.

7. el agregado para la fabricación del concreto será de primera calidad: el agregado fino será arena de granos duros y no deberá tener arcilla o materia orgánica y la parte más fina que pase la malla 200, no será del 3 % el agregado grueso será de piedra triturada con tamaño máximo de 3/4" y el agua deberá ser potable.
8. deberá procurarse que el revenimiento medido al iniciar su colocación sea lo más bajo posible, se recomienda usar revenimientos menores de 8 cms.
9. llevar control de calidad para el $f'c$ =(laboratorio) bajo las normas del ACI 318-19 .
10. indispensable curar el concreto por cualquier método (por 7 días) en forma continua.
11. antes de colar cualquier elemento estructural verificar que:
 - a) Tenga los recubrimientos necesarios.
 - b) El armado este correctamente.
 - c) Este debidamente limpio (basura y oxidación excesiva).
12. los recubrimientos libres en los elementos son los siguientes: cimentación 5 cms; trabes 3 cm., columnas 4 cm, nervaduras y losas 2 cms., debiendo usar silletas metálicas.
13. recomendable:
 - a) Usar revolvedora y vibradora.
 - b) Seguir un adecuado método de vibración.
 - c) Evitar la segregación.
14. En los colados de muros de contención o muros de carga de concreto se deberán colar en alturas no mayores de 1.50 m con aplicación de aditivos (sikadur-32) para garantizar la adherencia entre concretos

➤ ACERO

1. El acero de refuerzo deberá de ser $f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, resistencia a la tensión o fatiga de fluencia en kg/cm^2 , se usará en todo elemento estructural con $\varnothing 3/8"$ en adelante.
2. $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$, en varilla lisa alambroón ($\varnothing 1/4"$).
3. Todos los dobleces de varillas se harán en frío a 90° salvo los indicados en planos, cuya longitud se indica en tabla.
4. Traslapes de varillas:
 - a) En zona de compresión de 25 veces el \varnothing .
 - b) En zona de tensión de 40 veces el \varnothing , 0 $\varnothing 3/8" = 40 \text{ cms}$ $\varnothing 1/2" = 50 \text{ cms}$ $5/8" = 60 \text{ cms}$
 - c) En castillos y cadenas 40 cms de traslape.
5. No se deberá traslapar más del 50% de acero en la misma dirección
6. Se podrán hacer paquetes de varillas 2 \varnothing por paquete en una sola cama.
7. La separación de estribos verticales se empezaran a contar a partir del paño de apoyo colocando el primero (poner 2 estribos juntos) a la mitad de la separación indicada (en extremos).
8. La separación de estribos verticales para columnas y castillos en sus extremos será según se indica en este plano y en memoria de cálculo.
9. Todos los estribos superiores e inferiores de columnas se cerraran a la mitad de la separación en una longitud $h/6$.
10. Todas las intersecciones de columnas con elemento horizontal deberán existir estribos horizontales a la mitad de la separación.
11. Excepto cuando explícitamente se indique lo contrario en los planos estructurales, en todo los casos de intersección entre elementos horizontal con columna, el refuerzo longitudinal del elemento horizontal, deberá siempre pasar por el interior espacio que delimita los aceros verticales colocados en las esquinas de las columnas esto es, por ningún motivo se colocara el acero horizontal por fuera del armado de la columna.
12. La longitud de bastones en nervaduras y contra trabes se indican en planos estructurales.
13. Los traslapes (la) y las escuadras (lg) del refuerzo se especifican en la tabla de varillas.

14. En todas las juntas de colado de elementos estructurales, se dispondrá acero de refuerzo longitudinal adicional al refuerzo indicado en los planos, este acero será cuando menos el 0.5% área total de la sección transversal distribuyéndose este en las dos caras verticales del elemento, la longitud de anclaje está dada en la tabla de varillas.

➤ Muros divisorios de mampostería.

1. Los muros con espesores de 14 cm interiores serán a base de piezas macizas aligeradas confinadas con dalas y castillos.

2. Los muros deberán de estar desligados del sistema de marcos estructurales mediante juntas sísmicas de 3 cm de espesor para garantizar que no aporten rigidez lateral.

3. El mortero para pegue de piezas en muros estructurales deberá ser de tipo 1, mortero cemento: arena 1:3.

4. Para el caso de muros de colindancia, estos deberán ser con tabique rojo común confinado con dalas y castillos, debidamente desligados de los marcos estructurales.

Se realizaran 2 pruebas a través del software llamado Etabs, las pruebas a realizar consisten en hacer el análisis estructural en 2 diferentes tipos de materiales los cuales son, el acero y la mampostería.

ANALISIS ESTRUCTURAL:

El **análisis estructural** se refiere al uso de las ecuaciones de la resistencia de materiales para encontrar los esfuerzos internos, deformaciones y tensiones que actúan sobre una estructura resistente, como edificaciones o esqueletos resistentes de maquinaria.

MUCHO ANTES:

La historia del Análisis Estructural comienza mucho antes de la era antigua de los egipcios, romanos y griegos. Arquímedes (287-212 A.C.) introdujo el concepto de centro de gravedad y llevo a su más simple expresión los principios fundamentales de la estática y el equilibrio.

ANTES DE LOS GRIEGOS (3400 – 600 AC)

Los pueblos de Egipto, Asiria y Persia fueron los más destacados de éste período. Las pirámides egipcias son un ejemplo de estas extraordinarias estructuras antiguas. Son de destacar los templos construidos con columnas, muros y vigas en piedra y barro cocido (mampostería).



PIRAMIDE DE GUIZA. (2570 AC)

Fig18. Pirámide de Guiza

GRIEGOS Y ROMANOS (600 AC – 476 DC)

Los templos griegos como el Partenón y algunas construcciones romanas como puentes, acueductos, coliseos y templos, son ejemplos notorios de este período. Como elementos estructurales los romanos introdujeron la bóveda y el arco para la construcción de techos y puentes respectivamente.



PARTENÓN, EL GRAN TEMPLO DE ATENEA (449 AC)

Fig19. Partenón

PERIODO PERÍODO MEDIEVAL (477 - 1492)

En este período, los árabes introdujeron la notación decimal la cual permitió un desarrollo importante en las matemáticas.

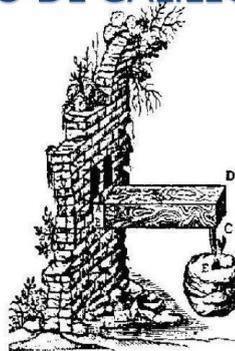
PERIODO TEMPRANO (1493- 1687)

Francis Bacon (1561-1626), fue uno de los creadores del método experimental.

Galileo Galilei (1564-1642). Fundador de la teoría de las Estructuras. En su libro *Dos Nuevas Ciencias* (1638), analizó la falla de algunas estructuras simples como la viga en voladizo.

Aunque sus resultados fueron corregidos, puso los cimientos para desarrollos analíticos posteriores especialmente en la Resistencia de Materiales.

EXPERIMENTO DE GALILEO GALILEI



VIGA EN VOLADIZO (1564-1642)

Fig20. Viga en voladizo

ETABS HISTORIA:

Computers and Structures, Inc. (CSI) es la compañía de software estructural y de ingeniería sísmica fundada en 1975 y con sede en Walnut Creek, California, además de una oficina en Nueva York. Algunos de sus programas de análisis estructural y diseño producidos por CSI son: SAP2000, CSiBridge, **ETABS**, SAFE, PERFORM-3D, y CSiCOL.

El innovador y revolucionario ETABS es un paquete de Software para el análisis y diseño estructural de edificios, ofrece un modelado basado en objetos 3D y herramientas de visualización, posee un poder de análisis lineal y no lineal extraordinariamente rápido, capacidad de diseño para una amplia gama de materiales, informes y dibujos esquemáticos que permiten a los usuarios comprender los resultados de análisis y diseño de forma rápida y fácil.

La creación de modelos es extremadamente fácil, integra comandos de dibujo intuitivos que permiten la rápida generación plantas. Dibujos formato CAD se pueden importar y convertir rápidamente en modelos ETABS.

Posee la capacidad de diseñar estructuras de acero y concreto donde se incluye vigas y columnas compuestas, vigas y columnas de acero y concreto, muros de corte de concreto y mampostería, así como la comprobación de la capacidad de las conexiones de acero y placas de base. Los resultados se pueden mostrar directamente en la estructura.

Además de lo antes mencionado presenta la función:

- Aplicación automática de cargas de viento y sismo para varias normativas

Pasos:

- 1) Se dará inicio a las pruebas, dichas pruebas consisten en la obtención del desplazamiento que nuestras estructuras tendrá ante un fenómeno sísmico.

ANÁLISIS DE CARGAS

Conforme a los pesos volumétricos recomendados por el reglamento de construcciones y los usos y costumbre constructivas del estado de Chiapas y avalados por el RCDF se consideró el análisis de cargas, considerando acciones variables, permanentes y accidentales.

Acciones permanentes: Las que actúan todo el tiempo en la vida de la estructura y su intensidad varía poco con el tiempo; las conocemos como carga muerta.

Acciones variables: Las que actúan con una intensidad que varía constantemente, la conocemos como carga viva.

Acciones accidentales: Las que ocurren esporádicamente en las construcciones, las conocemos como fuerzas horizontales y puede ser el sismo, viento, explosiones, etc.

CAPITULO 4

RESULTADOS

Se revisó que la rigidez de la estructura sea suficiente para cumplir con la siguiente tabla (NTC complementarias para Diseño por Sismo- Apéndice A).

Tabla A.1 Distorsiones permisibles de entrepiso

Sistema estructural	Distorsión
Marcos dúctiles de concreto reforzado (Q = 3 ó 4)	0.030
Marcos dúctiles de acero (Q = 3 ó 4)	0.030
Marcos de acero o concreto con ductilidad limitada (Q = 1 ó 2)	0.015
Losas planas sin muros o contravientos	0.015
Marcos de acero con contravientos excéntricos	0.020
Marcos de acero o concreto con contravientos concéntricos	0.015
Muros combinados con marcos dúctiles de concreto (Q = 3)	0.015
Muros combinados con marcos de concreto con ductilidad limitada (Q = 1 ó 2)	0.010
Muros diafragma	0.006
Muros de carga de mampostería confinada de piezas macizas con refuerzo horizontal o malla	0.005
Muros de carga de mampostería confinada de piezas macizas; mampostería de piezas huecas confinada y reforzada horizontalmente; o mampostería de piezas huecas confinada y reforzada con malla	0.004
Muros de carga de mampostería de piezas huecas con refuerzo interior	0.002
Muros de carga de mampostería que no cumplan las especificaciones para mampostería confinada ni para mampostería reforzada interiormente	0.0015

Tabla 2. Distorsiones permisibles

4.3 CONCRETO Y ACERO

Referente al Apendice A de las NTC-CDMX-2017 las distorsiones de entrepisos para marcos de acero o concreto con ductilidad limitada ($Q= 1$ ó 2) no deberá de exceder a 0.0015.

DIAGRAMA DE DISTORSIONES SISMO EN X

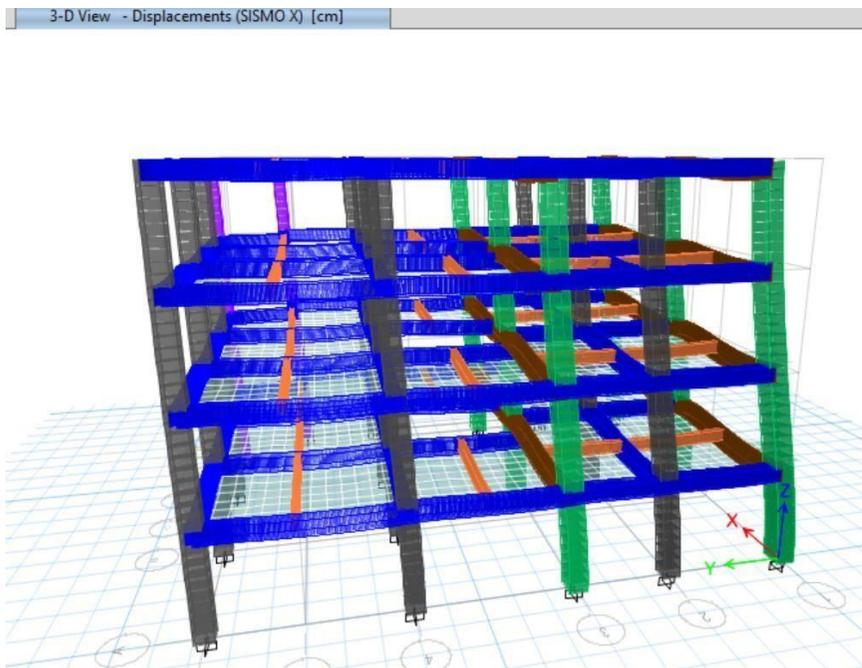


Fig21.Desplzamiento (sismo x)

CONCRETO

VS

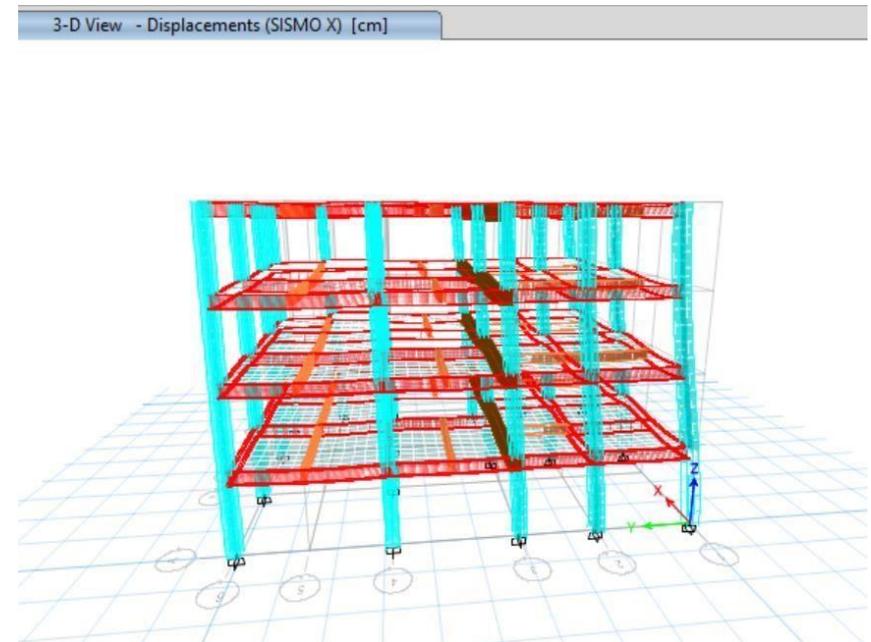


Fig22.Desplzamiento (sismo x)

ACERO

DIAGRAMA DE DISTORSIONES SISMO EN Y

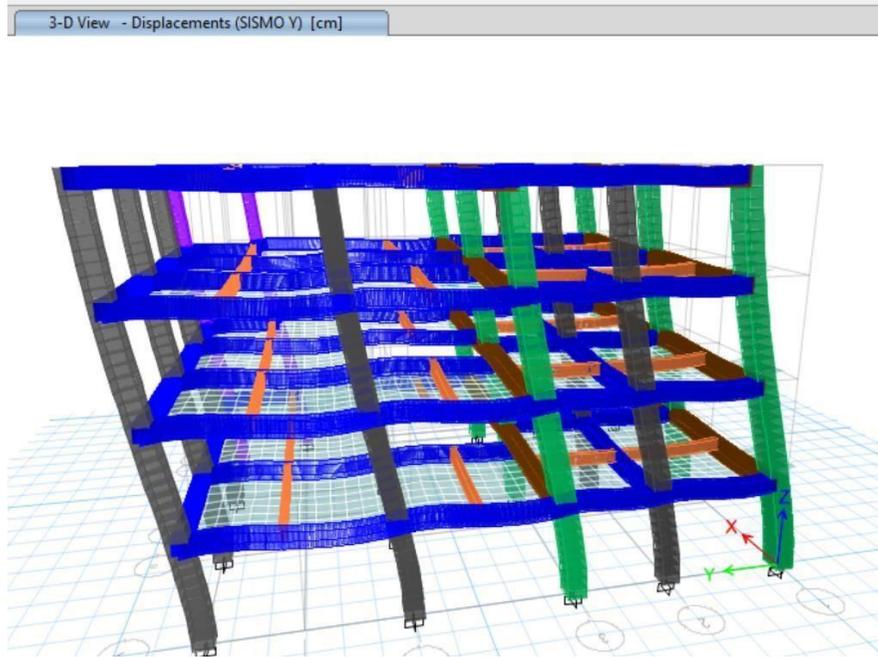


Fig23.Desplzamiento (sismo Y)

CONCRE
TO

VS

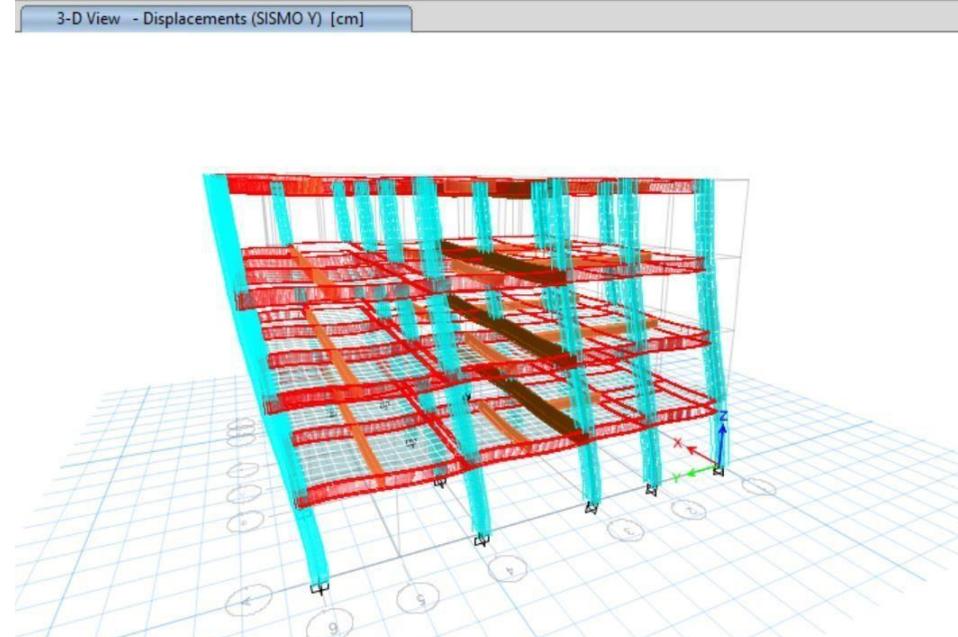


Fig24.Desplzamiento (sismo Y)

DIAGRAMA DE DISTORSIONES GRAVITACIONAL

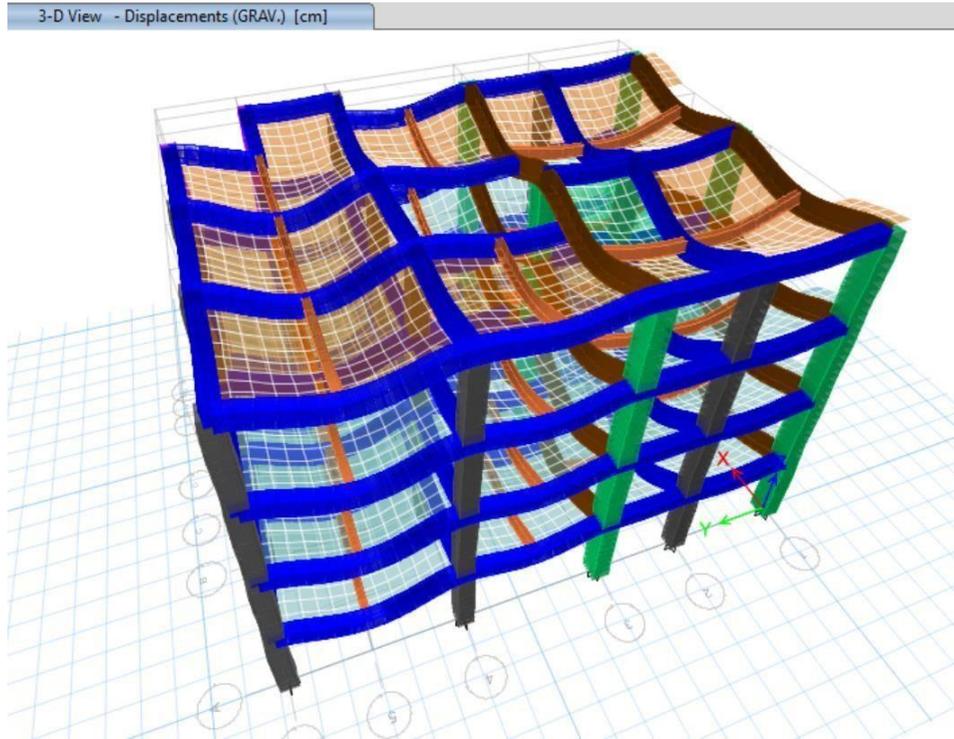


Fig25.Desplazamiento (Gravitacional)

CONCRETO

VS

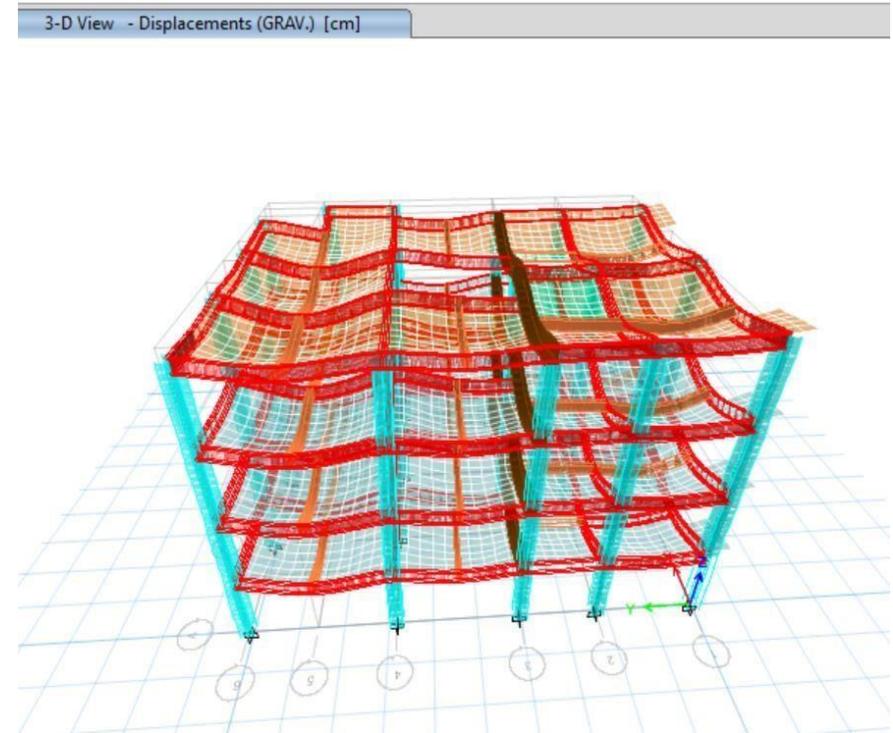


Fig26.Desplazamiento (Gravitacional)

ACERO

5.3 DISTORSIONES

SISMO EN X

4 NIVELES DISTORSIONES CONCRETO Q=2 (SISMO EN X)			
DISTORSIONE S X	DISTORSIONES Y	DPER M	OBSERVACIO NES
0.00284	0.00933	0.015	CUMPLE
0.00487	0.00161	0.015	CUMPLE
0.00442	0.00145	0.015	CUMPLE
0.0031	0.001	0.015	CUMPLE

4 NIVELES DISTORSIONES ACERO Q=2 (SISMO EN X)			
DISTORSIONE S X	DISTORSIONES Y	DPER M	OBSERVACIO NES
0.0032	0.0072	0.015	CUMPLE
0.0059	0.0093	0.015	CUMPLE
0.004	0.0063	0.015	CUMPLE
0.0029	0.0018	0.015	CUMPLE

Tabla n°3 Distorsiones sismo en x

SISMO EN Y

4 NIVELES DISTORSIONES CONCRETO Q=2 (SISMO EN Y)			
DISTORSIONE S X	DISTORSIONES Y	DPER M	OBSERVACIO NES
0.0009	0.0027	0.015	CUMPLE
0.00151	0.0042	0.015	CUMPLE
0.00135	0.0036	0.015	CUMPLE
0.0093	0.0023	0.015	CUMPLE

4 NIVELES DISTORSIONES ACERO Q=2 (SISMO EN Y)			
DISTORSIONE S X	DISTORSIONES Y	DPER M	OBSERVACIO NES
0.00067	0.00028	0.015	CUMPLE
0.001	0.0004	0.015	CUMPLE
0.0087	0.00031	0.015	CUMPLE
0.0056	0.00017	0.015	CUMPLE

Tabla n°4 Distorsiones sismo en Y

GRAVITACIONAL

4 NIVELES DISTORSIONES CONCRETO Q=2 (GRAVITACIONAL)			
DISTORSIONE S X	DISTORSIONES Y	DPER M	OBSERVACIO NES

4 NIVELES DISTORSIONES ACERO Q=2 (GRAVITACIONAL)			
DISTORSIONE S X	DISTORSIONES Y	DPER M	OBSERVACIO NES

0.0006	0.00083	0.015	CUMPLE
0.0013	0.0019	0.015	CUMPLE
0.0016	0.0025	0.015	CUMPLE
0.0016	0.0025	0.015	CUMPLE

0.00044	0.00066	0.015	CUMPLE
0.0093	0.0013	0.015	CUMPLE
0.0011	0.0014	0.015	CUMPLE
0.0015	0.0014	0.015	CUMPLE

Tabla n°5 Distorsiones Gravitacional

5.4 RESULTADOS

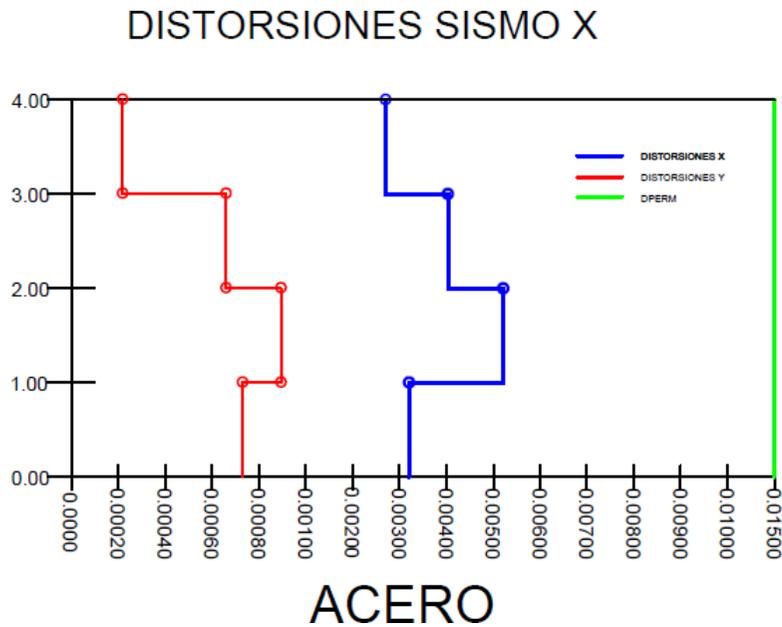


Fig27. Grafica de desplazamientos

Sismo X

VS

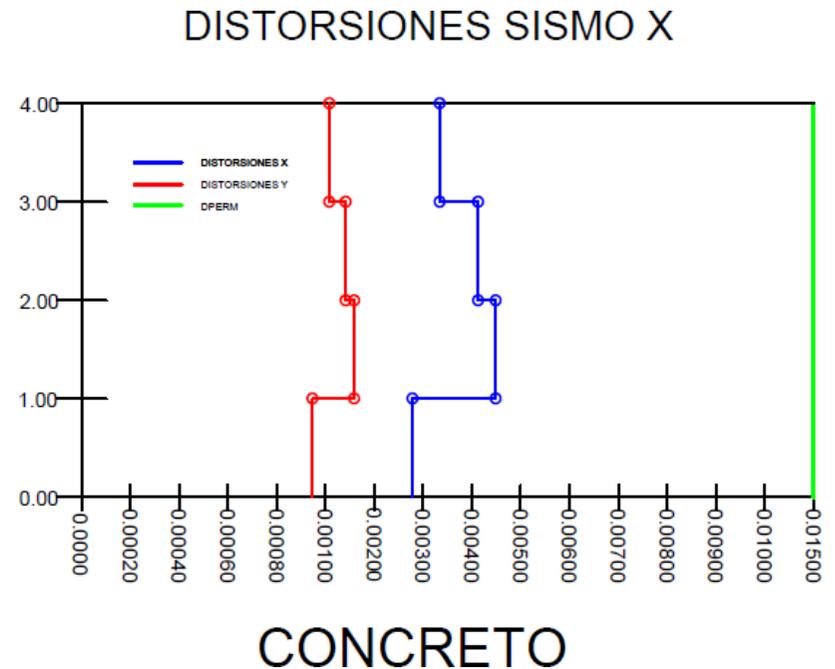


Fig28. Grafica de desplazamientos

Sismo X

1°Prueba: podemos observar que los dos elementos cumplen con la normatividad, pero al observarlas detenidamente, podemos darnos cuenta que el acero, en el último piso que es el punto más crítico, este está más próximo a regresar a punto de origen. En cambio el concreto los desplazamientos son de mayor grado.

5.5 RESULTADOS

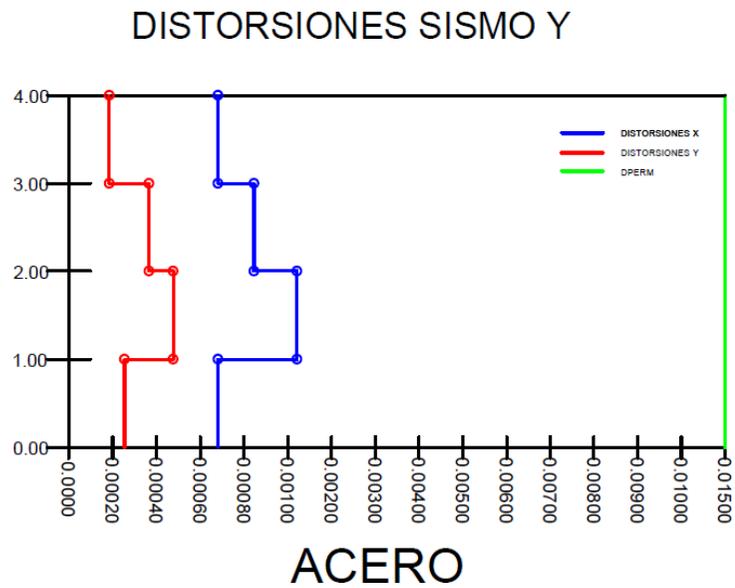


Fig29. Grafica de desplazamientos

Sismo Y

VS

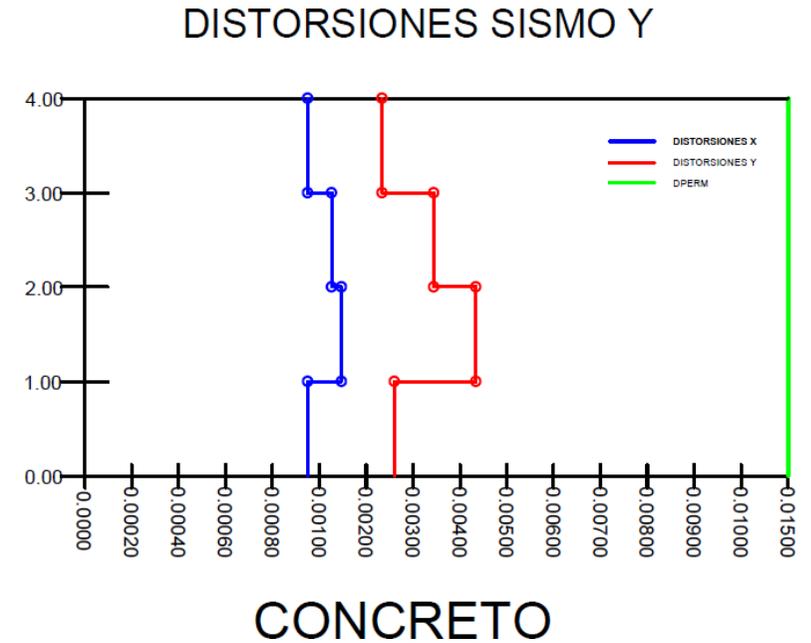


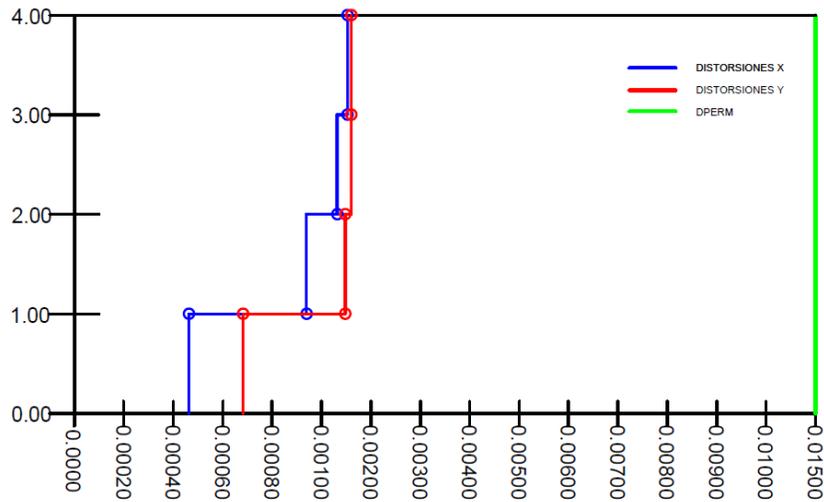
Fig30. Grafica de desplazamientos

Sismo Y

2° PRUEBA: El desplazamiento en el acero es menor al desplazamiento que vemos en la gráfica del concreto, los dos cumplen, pero la idea es buscar el modelo con menos desplazamiento.

5.6 RESULTADOS

DISTORSIONES DE PISO GRAVITACIONAL



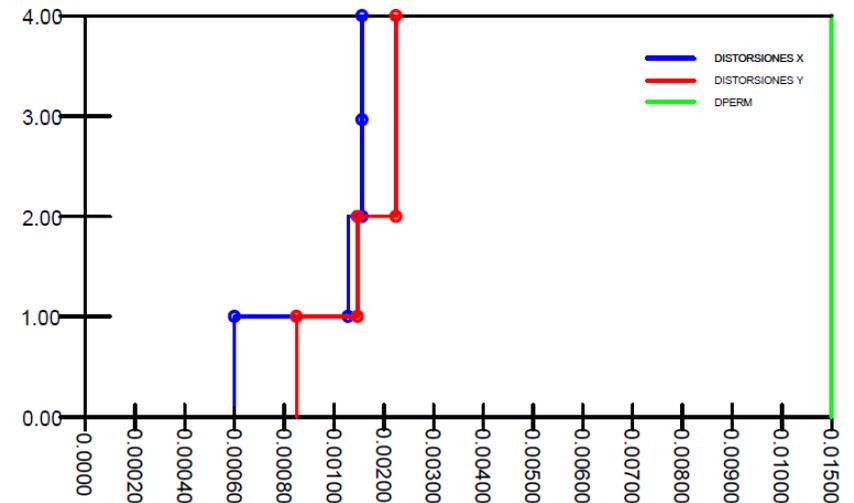
ACERO

Fig31. Grafica de desplazamientos

Gravitacional

VS

DISTORSIONES DE PISO GRAVITACIONAL



CONCRETO

Fig32. Grafica de desplazamientos

Gravitacional

3° prueba, esta tercera prueba era una de las más importantes, ya que en esta nuestro modelo de mueve de forma gravitacional, con esto quiero decir que hay un movimiento giratorio, acá podemos observar que el acero tiene menos desplazamiento giratorio, y que en los últimos dos pisos el movimiento va en una misma secuencia.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES:

Al realizar las pruebas, llegamos a la conclusión que las estructuras de acero son más flexibles, el acero tiene 50 % más de permisibilidad que el concreto, con permisibilidad nos referimos con que el acero permite tener un mayor desplazamiento sin que la estructura se dañe.

Las ventajas que tendríamos al construir edificios con acero, es la rapidez con la que podemos terminar una obra, logramos una mayor ductilidad, sobre todo en conexiones(VIGA-COLUMNA), cabe mencionar que las conexiones requieren de estudios específicos y sobre todo precisión en el acomodo del acero de refuerzo entre la viga y la columna, es de fácil ensamblaje, el periodo fundamental es un parámetro clave para el diseño sísmico de una estructura, este nos ayuda a determinar las condiciones actuales de seguridad estructural. A lo largo del trabajo mencionábamos que Tuxtla Gutiérrez es a nivel nacional el segundo estado con mayor número de actividad sísmica, es por ello que analizamos dos estructuras, una de acero y otra de concreto.

Para que nosotros pudiéramos analizar las estructuras revisamos la tabla A.1 (Normas técnicas de la Construcción) de Distorsiones permisibles de entre piso.

- Marcos de acero o concreto con ductilidad limitada ($Q= 1 \text{ ó } 2$)= .015

Si nuestras estructuras pasaban este límite quiere decir que son resistentes, las dos pasaron pero observamos que las columnas del concreto son más grandes, eso nos dice que el costo de la obra se elevaría, también vimos la diferencia de los resultados que hay entre el acero y el concreto, si pasaron los dos, pero el acero está más alejado al límite que tenemos permitido.

Las ventajas de construir con acero, es la alta resistencia que este tiene, la durabilidad, la tenacidad es decir que absorbe energía en grandes cantidades, facilidad para unir los miembros, gran capacidad de laminarse en gran cantidad de tamaños y fuerte, en este punto quisiera mencionar, que como sabemos la tecnología va avanzando y los diseños estructurales cada día son más sofisticados, y el acero no por ser un material duro, quiere decir que no sea manejable, si es un poco más complicado pero a este se le puede dar diferentes formas.

El tema principal que queríamos abordar es la resistencia que el acero tiene ante los sismos que se nos presentan día a día en el estado, en el sismo del 07 de septiembre, que es el de mayor intensidad que hemos presentado en casi cien años, pudimos ver como muchos edificios de concreto se colapsaron. Es por ello que decidí analizar estas estructuras, esperando que en un futuro no muy lejano nuestras construcciones sean a base de acero.

5.1

BIBLIOGRAFÍA

1. Cormac, J. C. (2003). *Diseño de estructuras de acero (Metodo RFD)*.
2. Cuevas, O. M. (2005). *Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado (4ta. Edición)*. Mexico:Limusa.
3. E., G. O. (2005). *Diseño Estructural de Casa Habitacion*. Mexico: McGraw-HILL.
4. Echeverry, J. J. (2010). *Análisis Básico de Estructuras*. Santiago de Cali, Valle del Cauca:departamento de Ciencias de la Ingenieria y la Produccion.
5. McCormac, J. C. (2003). *Diseños de estructuras de acero (método LRFD)*. Mexico: ALFAOMEGA.Piralla, R. M. (2011). *Diseño Estructural*. Mexico: Limusa Noriega.
6. Raúl González Herrera, J. A. (18 de febrero de 2017). *Patologías constructivas de viviendas en Chiapas*. Recuperado el 10 de septiembre de 2019, de Patologías constructivas de viviendas enChiapas: PDF
7. UNKNOWN 16.40. (06 de ENERO de 2017). *ORIGEN Y EVOLUCION DE LA INGENIERIA CIVIL*. Recuperado el 13 de SEPTIEMBRE de 2019, de ORIGEN Y EVOLUCION DE LA INGENIERIA CIVIL:
8. <http://origendelaingenieriacivil.blogspot.com/>
9. VALDERRAMA, R. B. (01 de OCTUBRE de 2018). *EXPANSION EN ALIANZA*. Recuperado el 12 de
10. SEPTIEMBRE de 2019, de EXPANSION EN ALIANZA: <https://expansion.mx/bespoke-ad/2018/10/01/estructuras-de-acero- mejor-desempeno-en-sismos>

5.2 INDICE DE IMÁGENES:

Fig1. <http://lavegainforma.com>

Fig2.

<http://origendelaingenieriacivil.blogspot.com>

Fig3. <http://www.orangesmile.com>

Fig4: <http://www.orangesmile.com>

Fig5. Tomada

de:<http://www.diariodechiapas.com> Fig6.

<https://www.mexicoenfotos.com>

Fig7.

https://www.poderjudicialcdmx.gob.mx/proteccion_civil/15461-2/

Fig8. Fuente: <https://proteccioncivil.tuxtla.gob.mx>

Fig9. Fuente: <https://www.proceso.com.mx>

Fig10. <http://tiempoyforma.com/publicacion/sismo-en-chiapas-deja-varias-afectaciones/>

Fig11. <https://www.google.com/maps/place/Plan+de+Ayala>

Fig12. Representación esquemática del mecanismo acción-respuesta.

Fig13. *Grafica esfuerzo-deformación* <http://gruponuevastecnicas.blogspot.com/2010/11/diagramas-esfuerzo-deformacion-para.html> Fig14. *esfuerzo-deformación*

Fig15. <http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/resumen-mensual/> Fig16.

<http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/resumen-mensual/>

Fig17.

<https://www.medellin.unal.edu.co/~rrodriguez/geologia/sismica.htm>

Fig18. https://es.wikipedia.org/wiki/Necr%C3%B3polis_de_Guiza

Fig19. <https://es.wikipedia.org/wiki/Parten%C3%B3n>

Fig20.

file:///C:/Users/vane_/Downloads/Dialnet-

file:///C:/Users/vane_/Downloads/Dialnet- UnAnálisisDeLaResistenciaDeMaterialesAPartirDeLosP-3662038%20(1).pdf

Fig21. Etab

s Fig22.

Etab

Fig23.

Etab

Fig24.

Etab

Fig25.

Etab

Fig26.

Etab

Fig27.

Etab

Fig28.

Etab

Fig29.

Etab

Fig30.

Etab

Fig31.

Etab

Fig32.

Etabs