

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DEL CEC BAJO CARGAS SÍSMICAS.

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
INGENIERÍA MECÁNICA

JEFFERSON PAUL LAINES YANGUISELA

jefferson.laines@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. GUACHAMÍN ACERO WILSON IVÁN, PhD.

wilson.guachamin@epn.edu.ec

DMQ, febrero del 2023

CERTIFICACIONES

Yo, **JEFFERSON PAUL LAINES YANGUISELA** declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



JEFFERSON PAUL LAINES YANGUISELA

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por **JEFFERSON PAUL LAINES YANGUISELA**, bajo mi supervisión.



Ing. Wilson Guachamín, Ph.D.
DIRECTOR DEL TRABAJO E INTEGRACION
CURRICULAR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

JEFFERSON PAUL LAINES YANGUISELA

WILSON IVAN GUACHAMIN ACERO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios mi querida madre María, mi amado hermano Jhonatan, mi tía Mercedes, mis tíos Juan y Ángel, y mi querido abuelito Pedro.

Este logro es en gran parte gracias a ustedes, mi familia. Su amor y apoyo han sido la base que me ha permitido superar los desafíos y llegar hasta aquí. No puedo expresar con palabras lo agradecido que estoy por tenerles a mi lado en este camino.

A mi madre, María, gracias por ser mi roca y por enseñarme el valor de la determinación y el trabajo duro. Eres mi ejemplo a seguir y el amor que me brindas es incondicional.

A mi hermano Jhonatan, gracias por ser mi amigo y compañero de aventuras. Tu apoyo y compañía han sido una fuente constante de motivación para mí.

A mi tía Mercedes, mis tíos Juan y Ángel, y mi abuelito Pedro, gracias por su amor y preocupación constante. Cada uno de ustedes ha dejado su huella en mi vida y en mi corazón.

Esta dedicatoria es un pequeño homenaje a mi familia, quienes han sido mi guía y mi luz en este camino hacia la consecución de mi título. Espero que esto les muestre cuánto los quiero y cuán importantes son para mí.

Con amor y agradecimiento, Paul Laines

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que han sido una parte vital en la realización de este trabajo.

En primer lugar, quiero agradecer a mi madre María, mi tía Mercedes, mis tíos Juan y Ángel y mi abuelito Pedro, por su amor incondicional y apoyo constante durante todo este proceso. Sin su motivación y ánimo, este trabajo no habría sido posible.

También quiero agradecer al Ing. Wilson Guachamin, mi tutor, por su guía experta y paciencia en ayudarme a completar esta tarea. Su conocimiento y experiencia han sido un recurso invaluable para la investigación y escritura de este trabajo.

Agradezco a mi amigo Andrés por su apoyo y motivación a lo largo de todo este proceso. Su amistad ha sido una bendición en mi vida.

No puedo olvidar agradecer a la Escuela Politécnica Nacional mi universidad por proporcionarme las herramientas y oportunidades para llevar a cabo esta investigación y completar este trabajo.

Finalmente, quiero expresar mi gratitud a Dios por bendecirme y guiarme en este camino. Sin Su amor y dirección, nada de esto sería posible.

De corazón, agradezco a todos ustedes por su apoyo incondicional y su contribución en la realización de este trabajo. Espero que esta dedicatoria les muestre cuán agradecido estoy por todo lo que han hecho.

Atentamente,

Paul Laines

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
1. INTRODUCCIÓN	XI
1.1. Objetivo general	XII
1.2. Objetivos específicos	XII
1.3. Alcance	XII
2. MARCO TEÓRICO	1
2.1. Modelado estructural	1
2.1.1. Elementos estructurales	1
2.2. Materiales estructurales	1
2.2.1. Acero	2
2.2.2. Concreto Armado	2
2.2.3. Mampostería	3
2.3. Estándares de diseño	3
2.4. Cargas en estructuras	4
2.4.1. Carga viva o variable (L)	4
2.4.2. Carga permanente (D)	5
2.4.3. Carga de Granizo	6
2.4.4. Cargas sísmicas	6
2.5. Combinaciones de cargas	10
2.6. Métodos de diseño ASD vs LRFD	11
2.6.1. Método (ASD)	11
2.6.2. Método (LRFD)	11
2.7. Ecuaciones de interacción	12
2.7.1. Diseño de columnas	12
2.7.2. Diseño de viga	13

2.7.3.	Factor de uso	14
2.8.	Elementos Finitos	15
3.	METODOLOGÍA.....	16
3.1.	Descripción arquitectónica del edificio del CEC.....	17
3.2.	Modelado 3D del edificio del CEC	17
3.2.1.	Geometría del modelo	18
3.2.2.	Definición de materiales	19
3.2.3.	Definición de secciones	20
3.2.4.	Definición de cargas	22
3.2.5.	Definición de los espectros sísmicos	24
3.2.6.	Definición de combinaciones de cargas	24
3.3.	Análisis del modelado en Sap2000.....	25
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1.	Resultados	26
4.1.1.	Análisis Estructural	26
4.1.2.	Diseño estructural	27
4.1.3.	Factor de Uso	28
4.1.4.	Identificación de elementos críticos	30
4.2.	Discusión	30
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
5.1.	Conclusiones.....	32
5.2.	Recomendaciones	32
6.	REFERENCIAS.....	33
7.	ANEXOS	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Perfiles laminados de acero.....	2
Figura 2. Áreas transversales en concreto armado.....	3
Figura 3. Áreas como se encuentra distribuido el factor Z en base a la Tabla 3.	6
Figura 4. Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.....	9
Figura 5. Diagrama de flujo de la metodología.....	16
Figura 6. Plano del primer nivel del edificio del CEC.....	17
Figura 7. Modelado 3D del edificio del CEC.	18
Figura 8. Elementos y nodos de modelo 3D del edificio del CEC.	19
Figura 9. Materiales utilizados para el modelado del edificio del CEC.	20
Figura 10. Viga tipo I.....	21
Figura 11. Viga de concreto área transversal rectangular.	21
Figura 12. Columna de concreto área transversal cuadrada.	22
Figura 13. Definición de carga viva.	22
Figura 14. Definición de carga muerta.	23
Figura 15. Definición de carga de granizo.....	23
Figura 16. Definición de espectros sísmicos basado en los datos del IG-EPN.....	24
Figura 17. Definición de combinación de carga.....	24
Figura 18. Deformación del Modelo 3D a partir del espectro sísmico.	25
Figura 19. Diagrama de fuerzas axiales para el modelo 3D ante un espectro sísmico.	26
Figura 20. Diagrama de fuerzas axiales en el plano xz.	27
Figura 21. Valores del factor de uso en el plano xy del primer nivel.....	28
Figura 22. Valores del factor de uso en el plano xz.	29
Figura 23. Valores del factor de uso en el plano yz.....	29
Figura 24. Identificación de la sección crítica en el modelo 3D.	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normas relevantes utilizadas para diseño estructural.....	4
Tabla 2. Consideraciones de carga viva para establecimientos educativos.....	5
Tabla 3. Pesos de materiales de construcción.....	5
Tabla 4. Valores del Factor Z en el Ecuador.....	6
Tabla 5. Clasificación de suelo.....	7
Tabla 6. Factor de sitio F_a	8
Tabla 7. Factor de sitio F_d	8
Tabla 8. Factores del comportamiento inelástico del subsuelo F_s	9
Tabla 9. Combinaciones de cargas estructurales básicas para diseño.....	10
Tabla 10. Codificación de colores para los elementos estructurales.....	18
Tabla 11. Codificación de colores para la designación de materiales.....	19
Tabla 12. Dimensiones de secciones estructurales.....	20

RESUMEN

El análisis estructural del edificio del Centro de Educación Continua (CEC) se realiza bajo cargas sísmicas modeladas en SAP2000 con la finalidad de evaluar la seguridad y la integridad de la estructura ante eventos naturales. El factor de uso es un indicador clave que se determina comparando la carga aplicada con su capacidad resistente, y se utiliza para evaluar el rendimiento de la estructura.

En el presente análisis, la estructura se modela en SAP2000, un programa de análisis de estructuras altamente sofisticado, para simular diferentes escenarios de carga, incluidas las cargas sísmicas. Esto permite identificar posibles debilidades en la estructura antes de que prevengan eventos naturales perjudiciales, y corregirlas con el fin de garantizar la seguridad de los ocupantes y proteger la estructura.

El proceso de análisis estructural también puede facilitar información relevante para la toma de decisiones sobre posibles mejoras y refuerzos futuros. En general, este análisis es un paso crítico que garantiza la seguridad y la integridad de la estructura ante eventos naturales.

Palabras clave: análisis estructural, edificio CEC, cargas sísmicas, SAP2000, factor de uso, seguridad, integridad, modelado, escenarios de carga, debilidades, mejoras, refuerzos, rendimiento.

ABSTRACT

The structural analysis of the Continuing Educational Center (CEC) building is carried out under seismic loads modeled in SAP2000 with the aim of assessing safety and integrity of the structure under action of seismic loads. The usage factor is a key indicator is determined by comparing the applied load with its bearing capacity, and is used to assess the performance of the structure.

In this analysis, the structure is modeled in SAP2000, a highly sophisticated finite element analysis program used to simulate different loading scenarios, including seismic loads. This makes it possible to identify critical members in the structure before the building is at risk, so that actions may be taken to correct it and guarantee safety of users and protect the structure.

The structural analysis process can also provide valuable information for decision making about possible future improvements and reinforcements. In general, this analysis is a critical step to ensure the safety and integrity of the structure under action of natural events.

Keywords: structural analysis, CEC building, seismic loads, SAP2000, use factor, security, integrity, modeling, load scenarios, weaknesses, improvements, reinforcements, performance.

1. INTRODUCCIÓN

Según Hennebique (1900), quien construyó el primer edificio, desde tiempos inmemoriales el estudio del análisis estructural fue imprescindible para la construcción de edificios buscando como objetivo garantizar la seguridad de la misma, este fue el motivo que impulsó a generar diferentes métodos de diseño y análisis que a lo largo del tiempo fueron mejorando.

Posteriormente Wegener (1912), se enfoca en el análisis sísmico debido a que en esa época se presentó un terremoto de gran magnitud, producto de esto destruyó centenares de construcciones, esto fue el detonante para encaminarse a la investigación de este fenómeno natural que cobraba muchas vidas humanas.

En base a la revisión bibliográfica anterior se observa que es esencial realizar un análisis estructural exhaustivo bajo cargas sísmicas con el fin de salvaguardar la integridad estructura y de los usuarios.

En este contexto, el presente trabajo se encamina en el análisis estructural del edificio del Centro de Educación Continua (CEC) bajo cargas sísmicas. El propósito de esta investigación consiste en determinar el factor de uso del edificio, lo que permitirá evaluar la capacidad del mismo para resistir cargas sísmicas.

En este sentido el análisis se llevará a cabo mediante el modelado del CEC en el software de elemento finitos Sap2000, fundamentado en los planos otorgados por EPN-TECH-EP. Se tomará en cuenta el método de diseño LRFD según la AISC, las cargas (muerta, vida, granizo y sísmica) de la norma NEC y los datos de los espectros sísmicos que nos provee IG-EPN con el fin de identificar los elementos críticos del edificio que son más vulnerables a daños durante un sismo y que, por lo tanto, requieren especial atención.

La relevancia de este radica en la importancia del CEC como un edificio que alberga una gran cantidad de personas. Un análisis estructural exhaustivo y preciso permitirá brindar seguridad a los ocupantes del edificio en caso de terremoto.

1.1. Objetivo general

Modelar numéricamente el edificio del CEC con el fin de analizar su comportamiento bajo cargas sísmicas, obteniendo como resultado la sollicitación mecánica de elementos estructurales críticos.

1.2. Objetivos específicos

- Realizar una investigación bibliográfica del estado del arte.
- Modelar el edificio del CEC con la ayuda de elementos finitos.
- Simular diferentes eventos sísmicos.
- Analizar las respuestas estructurales.
- Identificar elementos críticos

1.3. Alcance

Para este trabajo es necesario realizar una investigación profunda bibliográfica enfocado en el análisis estructural para edificaciones bajo cargas sísmicas debido a la importancia de brindar seguridad de los usuarios en caso de un sismo. El objetivo es determinar el factor de uso del edificio y encontrar el elemento crítico que pueda afectar la estabilidad y seguridad de este.

Para lograr este objetivo, se llevará a cabo un análisis estructural completo del edificio del CEC utilizando software de simulación por elementos finitos (Sap2000). Se evaluarán las características geométricas y materiales del edificio según ASCE, ACI y demás, así como las cargas sísmicas que pueden actuar sobre el edificio, para esto se apoya en la norma NEC. También se realizarán escenarios de simulaciones de diferentes sísmicos y se analizarán los resultados para determinar el factor de uso del edificio.

Para determinar el elemento crítico se analizarán los resultados del análisis de esfuerzos y deformaciones, se compararán con los valores límite de resistencia de los materiales que se utilizarán en la construcción del edificio y se identificarán los elementos que presentan fallas o deformaciones plásticas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Modelado estructural

Sap2000 (software de modelado estructural) es utilizado para simular y analizar la respuesta de los edificios ante diferentes tipos de cargas, incluidas cargas sísmicas. El software permite el modelado detallado y preciso de los edificios y su entorno, lo que es esencial para obtener respuestas de sollicitación mecánica de elementos estructurales críticos.

2.1.1. Elementos estructurales

Son los componentes que componen la estructura de un edificio y brindan la rigidez y resistencia necesaria para soportar las cargas a las que están sometidas. Estos elementos incluyen:

- Columnas: Elementos verticales los cuales transmiten cargas de la estructura a los cimientos.
- Vigas: Elementos horizontales que distribuyen las cargas a lo largo de la estructura.
- Muros: Son elementos que brindan resistencia a las cargas verticales y horizontales.
- Entrepisos: Son elementos horizontales que distribuyen las cargas entre las diferentes plantas de un edificio.
- Dinteles: Elementos que transmiten cargas a lo largo de la longitud de un muro.
- Cimientos: Son elementos que brindan soporte a la estructura y transmiten las cargas a la superficie del suelo.
- Anclajes: Son elementos que dependen de una conexión fija entre la estructura y los cimientos.
- Conectores: Son elementos que proporcionan una conexión mecánica entre diferentes elementos estructurales.

Cada uno de estos elementos estructurales realiza un papel crítico en la resistencia y rigidez de la estructura, y es importante considerarlos cuidadosamente al diseñar y construir un edificio. (Rodas, 2014)

2.2. Materiales estructurales

En la construcción de edificaciones, se utilizan diferentes materiales para lograr una estructura segura y resistente. Algunos de los materiales más comunes son:

2.2.1. Acero

Se utiliza en la construcción, como los clavos, barras de refuerzo para estructuras de concreto. Específicamente, este material estructural se utiliza en forma de perfiles laminados como presenta la Figura 1. El diseño para estructuras de acero involucra perfil estándar laminado en caliente, es la forma más común de acero estructural. Si el tamaño necesario no está disponible, se pueden fabricar perfiles a partir de las láminas de acero empernadas o soldadas.

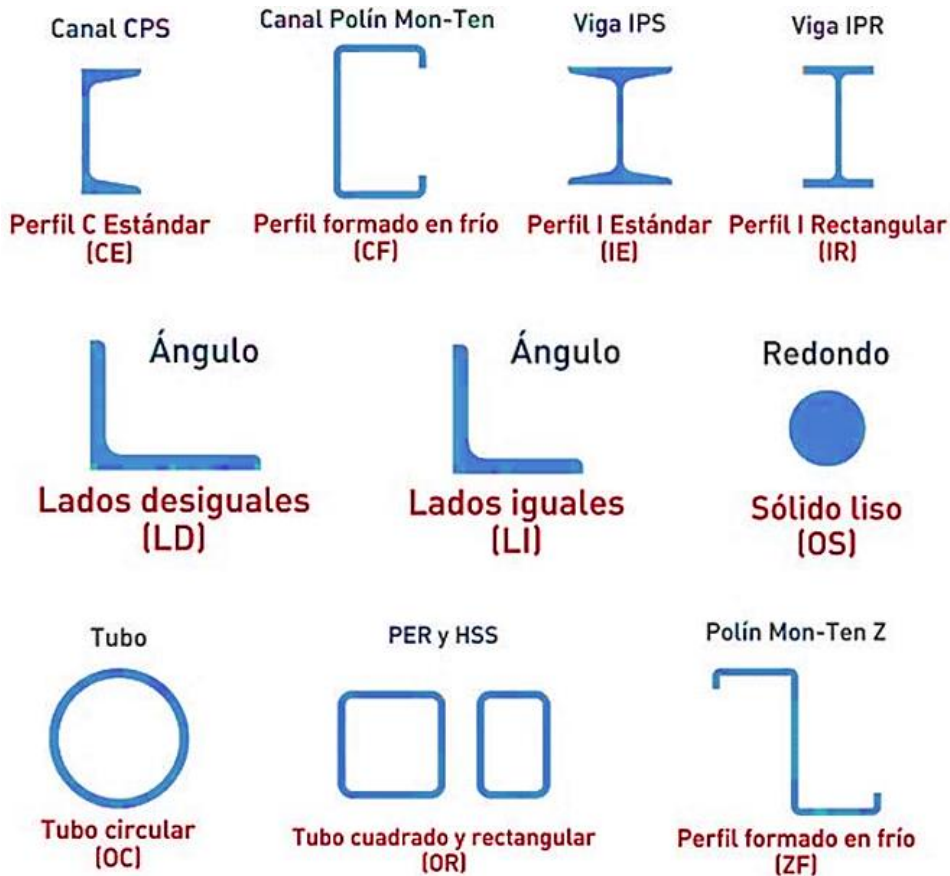


Figura 1. Perfiles laminados de acero

(Fuente: (Díaz, 2019))

2.2.2. Concreto Armado

El proceso de diseño de secciones en estructuras de concreto armado implica la selección la cantidad y ubicación adecuada del acero de refuerzo. La forma más utilizada para las secciones se presenta en la Figura 2. En cuanto a la estructura, el concreto armado es ampliamente utilizado en columnas, vigas, losas etc. Esta versatilidad demuestra la capacidad del material para adaptarse a la solución más económica para una estructura en particular. (Nilson, 2001)

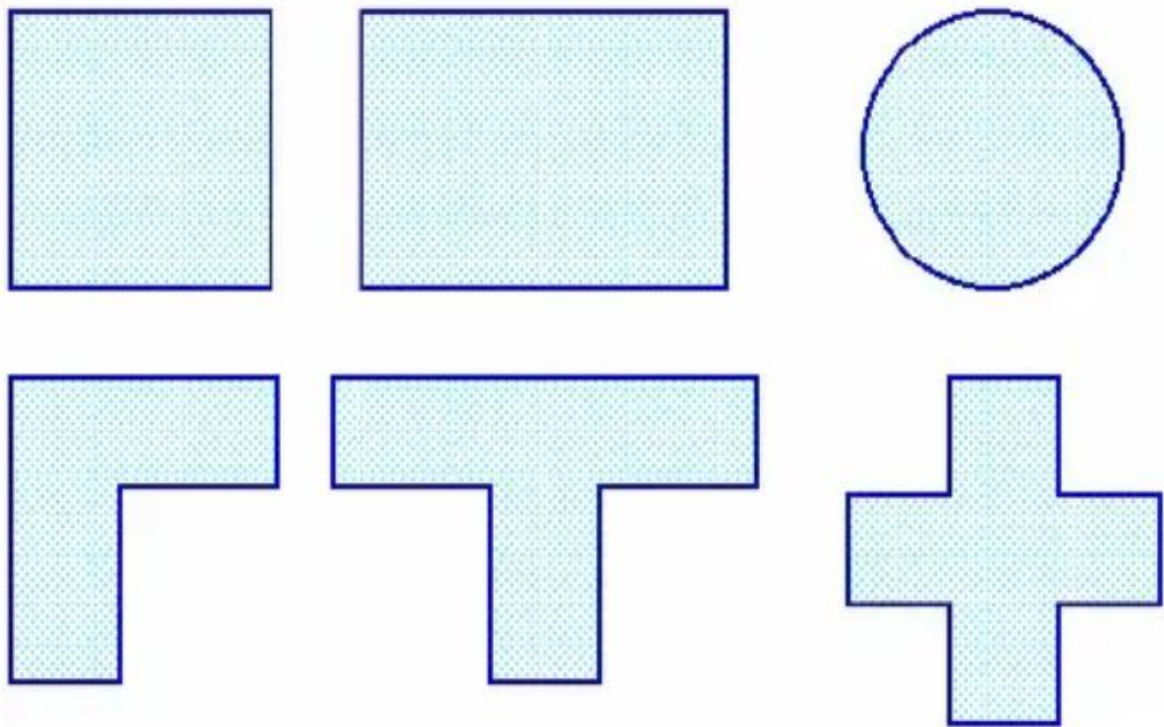


Figura 2. Áreas transversales en concreto armado.

(Fuente: (Constructivos, 2015))

2.2.3. Mampostería

La construcción con mampostería consiste en unir piezas sueltas utilizando el mortero como adhesivo. Estas piezas pueden ser ladrillos, bloques de concreto o rocas, actualmente existe una tendencia hacia su uso como soporte estructural en construcciones. (Nilson, 2001)

Es importante seleccionar cuidadosamente los materiales para la construcción de un edificio, teniendo en cuenta factores como la resistencia, durabilidad, costo y sostenibilidad.

2.3. Estándares de diseño

Las normas y los códigos utilizados son documentos de gran importancia que utilizan los diseñadores de estructuras, estas normas son utilizadas como guía para realizar diseños de edificaciones, puentes, etc, asegurando de esta manera, que cada elemento que constituye la estructura cumpla con los requisitos mínimos para que no llegue a colapsar. (Delgado y Delgado, 2014), (Ortega, 2009)

Para el modelado de edificaciones se debe apoyar en las normas como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Normas relevantes utilizadas para diseño estructural.

Estándares de diseño relevantes utilizadas para diseño estructural.	
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
ANSI/AISC 360-16	American Institute of Steel Construction
AWS D1.1	American Welding Society
ASTM	American Society for Testing and Materials
ACI 318	American Concrete Institute
IBC-2003	International Building Code
ASCE 7	American Society of Civil Engineers

(Fuente: (Delgado y Delgado, 2014) (Ortega, 2009))

2.4. Cargas en estructuras

Las cargas estructurales en edificaciones son fuerzas que actúan sobre una estructura de construcción, como un edificio, y que deben ser resistidas por los materiales estructurales que conforman la estructura. Estas cargas pueden ser permanentes o transitorias y pueden ser causadas por factores internos o externos.

Es importante considerar estas cargas estructurales en la planificación y diseño de un edificio para asegurar que la estructura sea segura y resistente. La evaluación y modelación de las cargas estructurales es un aspecto crítico de la ingeniería estructural y se realiza a menudo con herramientas de software especializadas, como SAP2000.

Algunos ejemplos de cargas estructurales incluyen:

2.4.1. Carga viva o variable (L)

La carga viva difiere dependiendo del uso que se le dará a la estructura, en el caso de un edificio que albergará aulas, oficinas, comedores, salas de conferencias, entre otros, las cargas vivas a tener en cuenta serán el peso de las personas, los muebles de las aulas, los equipos y los accesorios temporalmente colocados. (CPE INEN-NEC-SE-CG, 2014)

La Tabla 2 se enlista las consideraciones que se debe tomar al momento de realizar el diseño según el código NEC.

Tabla 2. Consideraciones de carga viva para establecimientos educativos.

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Balcones	4,80	-
Bibliotecas		
Salas de lectura	2,90	4,50
Estanterías	7,20	4,50
Corredores en pisos superiores a planta baja	4,00	4,50
Unidades educativas		
Aulas	2,0	4,5
Corredores segundo piso y superior	4,0	4,5
Corredores primer piso	4,8	4,5

(Fuente: (CPE INEN-NEC-SE-CG, 2014))

2.4.2. Carga permanente (D)

Son considerados como carga muerta el peso de los elementos como columnas, vigas, perfiles, etc. Además, también se incluyen elementos no estructurales que serán permanentes en la estructura, como paredes, muros, instalaciones de agua, electricidad, mecánica, maquinaria y otros objetos similares. (CPE INEN-NEC-SE-CG, 2014)

Se enlista la Tabla 3, los pesos de los materiales de construcción que se debe tomar en cuenta en el diseño según el código NEC.

Tabla 3. Pesos de materiales de construcción

Material	Peso Unitario kN/m ³
Piedras artificiales	
Baldosa cerámica	18,0
Hormigón armado	24,0
Ladrillo cerámico prensado (0 a 10% de huecos)	19,0
Bloque hueco de hormigón	12,0
Metales	
Acero	78,5
Cobre	89,0
Fundición gris	72,0
Zinc	72,0
Materiales diversos	
Libros y documentos	8,5
Papel	11,0
Vidrio plano	26,0

(Fuente: (CPE INEN-NEC-SE-CG, 2014))

2.4.3. Carga de Granizo

Quito, es una ciudad donde presenta una gran cantidad de lluvia y está a su vez viene acompañado de granizo, es importante tener en cuenta este tipo de carga las cubiertas deben tener una pendiente menor al 5%, la carga mínima requerida es de 1,0 kN/m². (CPE INEN-NEC-SE-CG, 2014)

2.4.4. Cargas sísmicas

Para los edificios destinados a usos corrientes, se aplica el factor (Z), simboliza la aceleración máxima esperada en roca durante el terremoto de diseño, declarada como un porcentaje de la aceleración de la gravedad. (INEN-NEC-SE-DS, 2015)

Existe 6 zonas sísmicas en el Ecuador como se presenta en la Figura 3, dependiendo donde se realice la construcción se asigna el factor Z como presenta la Tabla 4, cabe recalcar que la zona de estudio es Quito.

Tabla 4. Valores del Factor Z en el Ecuador

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	≥0,50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

(Fuente: (INEN-NEC-SE-DS, 2015))

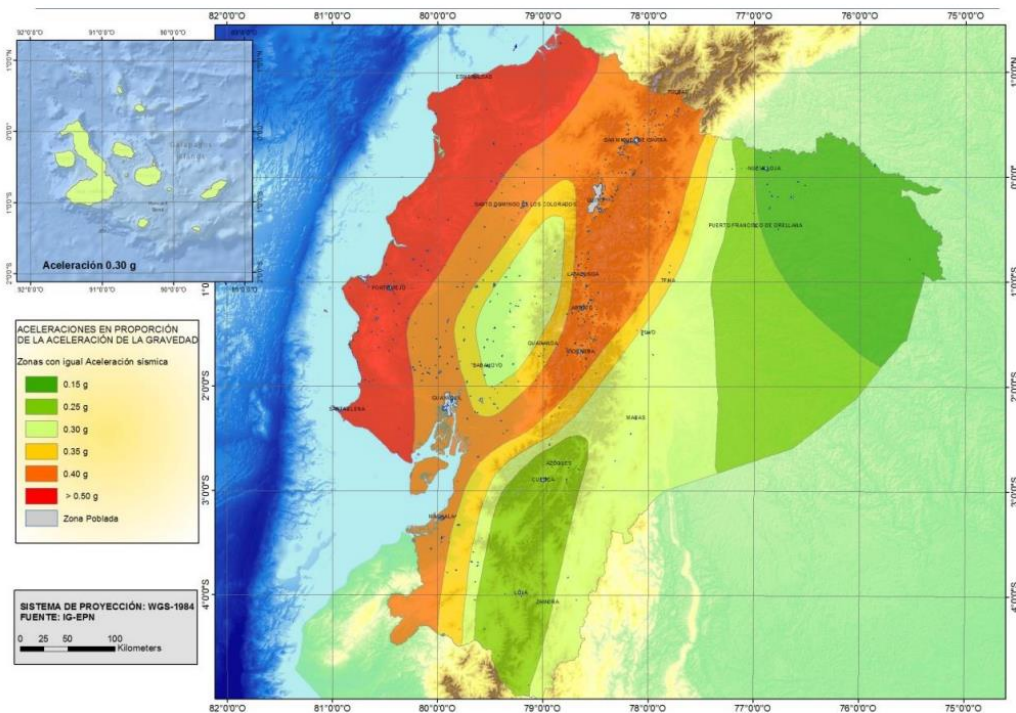


Figura 3. Áreas como se encuentra distribuido el factor Z en base a la Tabla 3.

(Fuente: (INEN-NEC-SE-DS, 2015))

2.4.4.1. Diseño sísmico tipos de suelo.

Se identifican 6 categorías, que se describen en la Tabla 5. Se basa en los parámetros presentes en los primeros 30 metros del perfil para los tipos A, B, C, D, E y F. (INEN-NEC-SE-DS, 2015)

Tabla 5. Clasificación de suelo.

Tipos de Perfiles	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente.	$V_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media.	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante.	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios.	$S_u \geq 100 \text{ KPa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante.	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones.	$100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante.	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas.	$S_u < 50 \text{ kPa}$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7,5 m con índice de Plasticidad IP > 75).	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m).	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.		

(Fuente: (INEN-NEC-SE-DS, 2015))

Donde:

V_s = Velocidad de onda cortante promedio del suelo que sobreyace al semiespacio.

S_u = Resistencia al corte no drenado.

H = Espesor total de los estratos de suelos cohesivos (m).

IP = Índice de Plasticidad. Se obtiene cumpliendo la norma ASTM D 4318.

2.4.4.2. Factores de perfil de suelo Fa, Fd y Fs

i. Factor de amplificación de suelo en la zona de período corto (Fa).

Los valores del factor Fa se presenta en la Tabla 6, aumentan las magnitudes del espectro de respuesta elástica de aceleraciones para el diseño en roca, teniendo en cuenta los efectos del sitio. (INEN-NEC-SE-DS, 2015)

Tabla 6. Factor de sitio Fa.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	≥0,5
A	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,40	1,30	1,25	1,23	1,20	1,18
D	1,60	1,40	1,30	1,25	1,20	1,12
E	1,80	1,40	1,25	1,10	1,00	0,85
F	...	...	...	...	...	...

(Fuente: (INEN-NEC-SE-DS, 2015))

ii. Desplazamientos para diseño en roca (Fd).

Los valores del factor Fd se presenta en la Tabla 7, que aumentan las magnitudes del espectro elástico de solución de desplazamientos para el diseño en roca, teniendo en cuenta los efectos del sitio. (INEN-NEC-SE-DS, 2015)

Tabla 7. Factor de sitio Fd.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	≥0,5
A	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C	1,36	1,28	1,19	1,15	1,11	1,06
D	1,62	1,45	1,36	1,28	1,19	1,11
E	2,10	1,75	1,70	1,65	1,60	1,50
F	...	...	...	...	...	...

(Fuente: (INEN-NEC-SE-DS, 2015))

iii. **Comportamiento no lineal de los suelos (Fs).**

Los valores que toma el factor Fs se presenta en la Tabla 8, tienen en cuenta la no linealidad de los suelos, la disminución del período del sitio que se sujeta a la frecuencia e intensidad de la excitación sísmica, y también los diferentes desplazamientos relativos al suelo. (INEN-NEC-SE-DS, 2015)

Tabla 8. Factores del comportamiento inelástico del subsuelo Fs.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	≥0,5
A	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
B	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
C	0,85	0,94	1,02	1,06	1,11	1,23
D	1,02	1,06	1,11	1,19	1,28	1,4
E	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
F	...	...	...	...	...	...

(Fuente: (INEN-NEC-SE-DS, 2015))

2.4.4.3. Espectro elástico horizontal de diseño en aceleración

El espectro de respuesta sísmico se determina considerando tres zonas definidas y se representa en términos de aceleración de la gravedad. La Figura 4 muestra las expresiones que definen cada zona del espectro, utilizando los factores previamente establecidos.

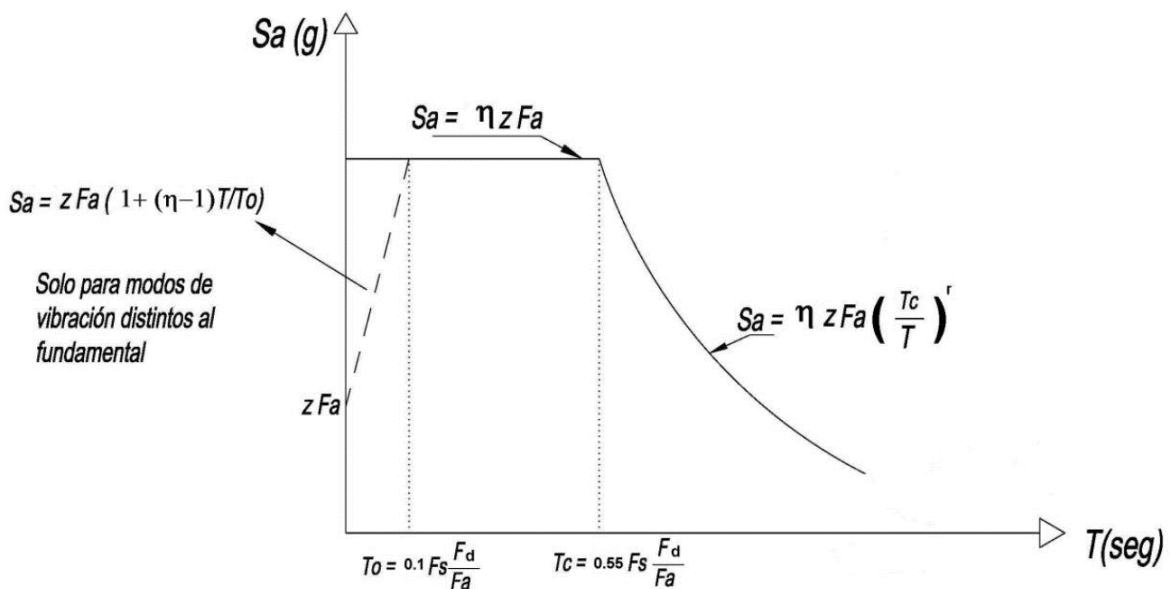


Figura 4. Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

(Fuente: (INEN-NEC-SE-DS, 2015))

Donde:

η = Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0,1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.

F_a = Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto.

F_d = Desplazamientos para diseño en roca.

F_s = Comportamiento no lineal de los suelos.

S_a = Espectro de respuesta elástico de aceleraciones. Depende del período o modo de vibración de la estructura.

T = Período fundamental de vibración de la estructura

T_o = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

T_c = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

Z = Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño.

2.5. Combinaciones de cargas

El análisis sismorresistente de edificios requiere una evaluación cuidadosa de la combinación de cargas, ya que los terremotos pueden generar fuerzas y esfuerzos extremos en la estructura. Es importante considerar no solo la dirección y la magnitud de la carga sísmica, sino también la forma en que la estructura responderá a la carga sísmica, ya que esto puede afectar la seguridad de la estructura.

La Tabla 9 señala la combinación que se utilizará, la notación que se le otorga a las diferentes combinaciones básicas. (INEN-NEC-SE-DS, 2015)

Tabla 9. Combinaciones de cargas estructurales básicas para diseño.

Combinaciones de cargas	
1	1,4 D
2	1,2 D + 1,6 L + 0,5 max [Lr; S; R]
3	1,2 D + 1,6 max [Lr; S; R] + max [L; 0,5W]
4	1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 max [Lr; S; R]
5	1,2 D + 1,0 E + L + 0,2 S
6	0,9 D + 1,0 W
7	0,9 D + 1,0 E

(Fuente: (CPE INEN-NEC-SE-CG, 2014))

Donde:

D = Carga permanente

E = Carga de sismo

L = Carga viva

L_r = Sobrecarga cubierta (carga viva)

S = Carga de granizo

W = Carga de viento

2.6. Métodos de diseño ASD vs LRFD

El diseño ASD (Método de esfuerzos permisibles) y LRFD (Método de factores de carga y resistencia) son dos métodos diferentes utilizados para diseñar estructuras de edificios, el método con cual se trabajará para este trabajo es el LRFD, por tener un margen de seguridad confiable y uniforme bajo condiciones de carga.

2.6.1. Método (ASD)

Según AISC (2016), se basa en la idea de utilizar un valor límite para los esfuerzos permitidos en la estructura, y el diseño se realiza asegurándose de que los esfuerzos en la estructura no superen ese valor. Representación del método dada la inecuación:

$$R_a \leq \frac{R_n}{\Omega}$$

Ecuación 1. Inecuación método ASD.

Donde:

R_a = Resistencia requerida (ASD)

$\frac{R_n}{\Omega}$ = Resistencia admisible.

R_n = Resistencia nominal.

Ω = Factor de seguridad

2.6.2. Método (LRFD)

Según AISC (2016), debe cumplir la especificación como se presenta en la siguiente inecuación, la resistencia requerida debe ser menor o igual a la resistencia de diseño.

$$R_u \leq \phi R_n$$

Ecuación 2. Inecuación método LRFD.

Donde:

ϕR_n = Resistencia de diseño

R_u = Resistencia Requerida (LRFD)

ϕ = Factor de resistencia

2.7. Ecuaciones de interacción

Para este punto del diseño de las columnas y vigas, se apoyará en el manual de la (AISC, 2016) en el Anexo II.

2.7.1. Diseño de columnas

Para determinar la capacidad de carga de una columna estructural en un edificio se lo realiza similar a las columnas de acero. Esta ecuación toma en cuenta diversos factores, como la sección transversal de la columna, la longitud, el material utilizado, la forma, las cargas axiales y laterales, entre otros. A continuación, se define la simbología a utilizar.

P_n = Fuerza axial nominal.

A_g = Área total

F_{cr} = Resistencia crítica de pandeo

F_y = Resistencia de fluencia (Anexo)

F_{yr} = Resistencia de fluencia de la barra de refuerzo

F_{my} = Resistencia de fluencia modificado

λ_c = Parámetro de esbeltez

r = Radio de giro (Acero)

r_m = Radio de giro (Concreto)

E_s = Modulo elástico (Acero)

E_c = Modulo elástico (Concreto)

A_c = Área de concreto

A_s = Área de sección de acero

A_r = Área de barra de refuerzo

w = Peso unitario de concreto

f'c = Resistencia de compresión del concreto 210 kg/cm²

c₂, c₃ = Coeficientes numéricos para:

$$c_1 = 0.7, c_2 = 0.6, c_3 = 0.2$$

$$P_n = A_g F_{cr}$$

Ecuación 3. Miembro comprimido con carga concéntrica.

Se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Si $\lambda_c \leq 1.5$ (pandeo inelástico)

$$F_{cr} = 0.658^{\lambda_c^2} \cdot F_y$$

Ecuación 4. Resistencia crítica (pandeo inelástico)

- Si $\lambda_c > 1.5$ (pandeo elástico)

$$F_{cr} = \frac{0.877}{\lambda c^2} \cdot F_y$$

Ecuación 5. Resistencia critica (pandeo elástico)

Determinación de la variable λc :

$$\lambda c = \frac{KL}{r\pi} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E_s}}$$

Ecuación 6. Parámetro de esbeltez

Para el cálculo de columnas de concreto se realiza la siguiente modificación:

- Se cambia A_g por A_s
- Se cambia r por r_m
- Se cambia F_y por F_{m_y} y E_s por E_m

Obtenido como resultado:

$$F_{m_y} = F_y + c_1 F_y r \left(\frac{A_r}{A_s} \right) + c_2 f' c \left(\frac{A_c}{A_s} \right)$$

Ecuación 7. Ecuación de diseño de columnas general.

$$E_m = E_s + c_3 E_c \left(\frac{A_c}{A_s} \right)$$

Ecuación 8. Ecuación de diseño de columnas realizado modificación.

Para determinar E_c :

$$E_c = w c^{1.5} \cdot 4142.835 \sqrt{f' c}$$

Ecuación 9. Módulo de elasticidad.

2.7.2. Diseño de viga

Para diseñar la viga se apoya en las tablas del Anexo II, se debe seguir pasos y ecuaciones que se detallara a continuación. Las ecuaciones que se presentan para el diseño de la viga son las siguientes:

$$M_u = \frac{w l^2}{8}$$

Ecuación 10. Momento requerido para la viga.

Donde:

Mu = Momento requerido

w = Carga distribuida uniformemente factorizada

l = longitud de la viga

Como se está utilizando el método LRFD, el factor de resistencia es de $\phi = 0.9$, luego se procede a encontrar Mn.

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x$$

Ecuación 11. Momento nominal de la viga.

Donde:

Mn = Momento nominal

Mp = Momento Plástico

Zx = Factor de resistencia de elemento a flexión

Se debe cumplir ciertas características:

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

Finalmente, se sustituye Mp por Mn y se obtiene la ecuación de define si es aceptable o no el diseño de la viga.

$$\phi \cdot F_y \cdot Z_x \geq M_u$$

Ecuación 12. Ecuación de diseño para vigas tipo I.

2.7.3. Factor de uso

Es un parámetro importante en el análisis estructural de edificaciones, ya que permite evaluar la capacidad real de la estructura para soportar cargas sísmicas. Este factor se calcula en base al comportamiento esperado de la estructura ante un sismo, considerando el nivel de demanda sísmica y la capacidad de resistencia.

Es la relación entre la resistencia sísmica disponible de la estructura y la demanda sísmica que se espera que actúe sobre ella. Es decir, es la capacidad que tiene la estructura para resistir las cargas sísmicas divididas por la carga sísmica que debe soportar.

El cálculo del factor de uso implica la realización de análisis de respuesta sísmica de la estructura, utilizando el método de los elementos finitos. Se determina las fuerzas sísmicas que actúan sobre la estructura y se evalúa la capacidad de la misma para resistir esas fuerzas.

Una vez que se ha calculado el factor de uso, se puede determinar si la estructura está diseñada adecuadamente para soportar las cargas sísmicas a las que se espera que

esté expuesta. Si el factor de uso es mayor que 1, se denota que la estructura no tiene la capacidad suficiente para resistir las cargas sísmicas, y se puede reforzar o modificar la estructura para aumentar su resistencia. (Cabrera, 2003)

2.8. Elementos Finitos

Es el análisis numérico utilizada en ingeniería para simular el comportamiento de estructuras bajo diferentes tipos de cargas. Se trata de un método matemático que divide la estructura en elementos finitos, cada uno de los cuales se analiza individualmente para determinar las fuerzas, desplazamientos y deformaciones que ocurren en la estructura bajo cargas aplicadas.

El proceso de análisis estructural utilizando el método de los elementos finitos se puede resumir en los siguientes pasos:

- Modelado: se crea un modelo geométrico 3D de la estructura que se va a analizar utilizando un software de análisis por elementos finitos (Sap2000). Se descompone la estructura en elementos finitos y se asignan las propiedades mecánicas de cada uno de ellos, como la rigidez, el peso, la densidad, el coeficiente de Poisson, entre otros.
- Definición de carga: se define las cargas que actúan sobre la estructura, como carga muerta, viva, sísmicas, entre otras.
- Resolución de las ecuaciones: se resuelven las ecuaciones matemáticas que describen el comportamiento de la estructura bajo las cargas que se definen en el paso anterior. Este proceso implica calcular las fuerzas internas, desplazamientos y deformaciones en cada uno de los elementos finitos de la estructura.
- Evaluación de resultados: una vez resuelto las ecuaciones, se evalúan los resultados para determinar la respuesta de la estructura bajo las cargas definidas. Se pueden evaluar diferentes escenarios de cargas para entender el comportamiento de la estructura bajo diferentes condiciones.

El método de los elementos finitos se utiliza en el análisis estructural de una amplia variedad de estructuras, como edificios, puentes, torres, entre otros. Permite obtener información detallada sobre el comportamiento de la estructura y puede ser utilizado para optimizar el diseño de la misma. Además, es una herramienta útil para el análisis de estructuras existentes, ya que permite evaluar su capacidad de carga y determinar posibles áreas críticas que necesitan ser reparadas o reforzadas. (Celigueta, 2011)

3. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos del trabajo, se ha presentado un enfoque esquemático ilustrado en la Figura 5.

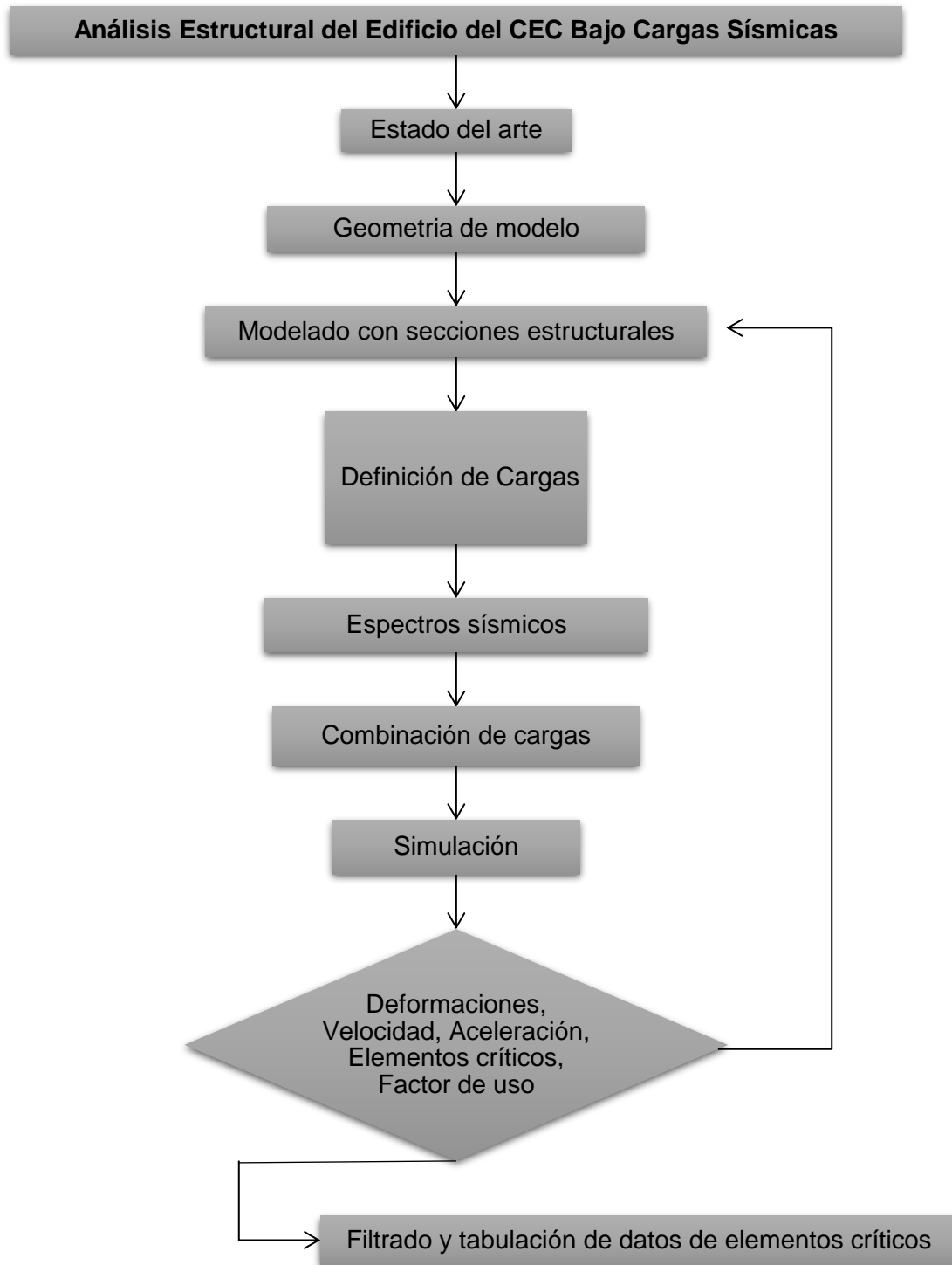


Figura 5. Diagrama de flujo de la metodología.

(Fuente: Propia)

3.1. Descripción arquitectónica del edificio del CEC

El edificio modelado numéricamente en este trabajo se ubica en la Ciudad de Quito, su nombre es CEC (Centro de Estudios Continuos). Según los planos otorgados por EPN-TECH-EP la edificación cuenta con 9 niveles como se muestra en el Anexo I, cada nivel estará destinado para diferentes propósitos académicos, es decir su uso será para aulas, bibliotecas, oficinas, etc.

Las secciones importantes con las cuales se trabajará son las columnas, vigas de concreto y viga tipo I, las cuales serán tomadas en consideración para el modelado 3D, además los planos cuentan con los detalles de los materiales que se utilizarán para su construcción.

En la Figura 6 se observa en plano del primer nivel del edificio del CEC.

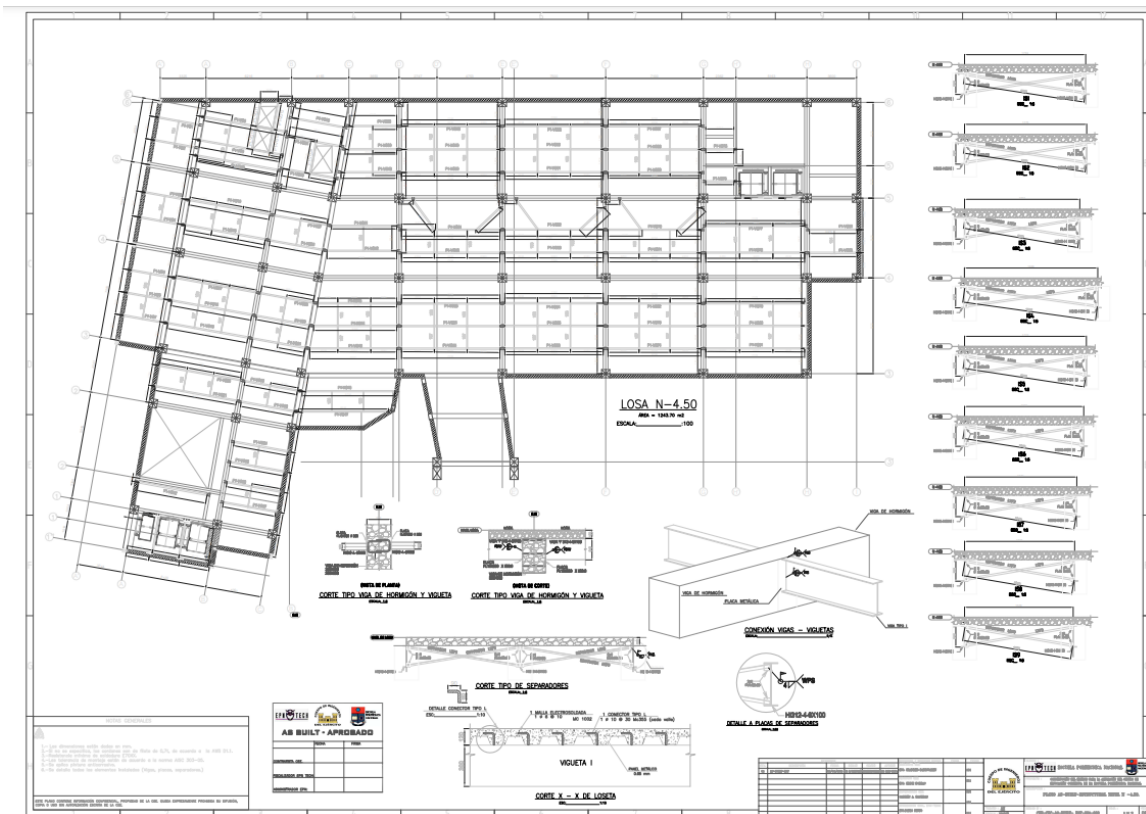


Figura 6. Plano del primer nivel del edificio del CEC.

(Fuente: EPN-TECH-EP)

3.2. Modelado 3D del edificio del CEC

El modelado 3D se lo realizo con el software Sap2000, en base a los planos otorgados por EPN-TECH-EP, siguiendo un esquema de trabajo; dibujar, definir, asignar, analizar y visualizar resultados.

Como se presenta en la Figura 7 el modelo 3D está terminado, pero para llegar a este punto fue imprescindible seguir una secuencia de pasos que se trataran a continuación.

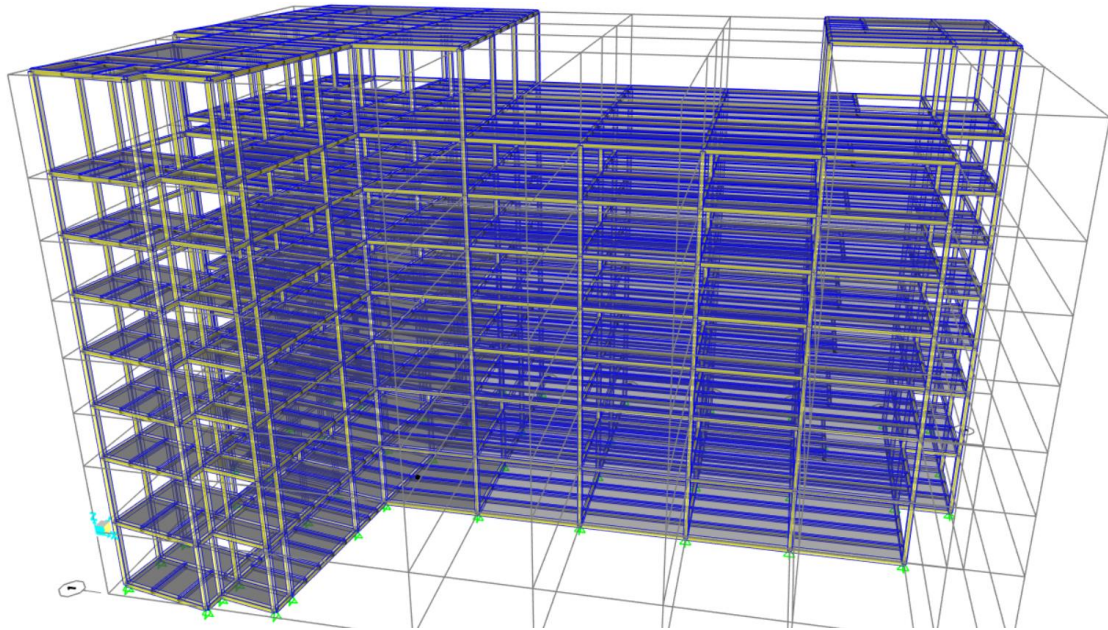


Figura 7. Modelado 3D del edificio del CEC.

(Fuente: Propia)

3.2.1. Geometría del modelo

Se toma en cuenta las unidades que se va a trabajar por defecto, para este caso se trabajará en (KN,m,C).

Se coloca los nodos de la geometría de la edificación basándose en los planos facilitados por EPN-TECH-EP, de esa manera se obtiene la malla que posteriormente servirá como base para colocar los elementos que conforma el edificio del CEC como se observa en la Figura 8.

Se manejará una codificación de colores para identificar los elementos principales como se detalla en la Tabla 10.

Tabla 10. Codificación de colores para los elementos estructurales.

Codificación de colores	
Celeste	Columna de concreto.
Rosado	Viga de concreto.
Verde	Viga tipo I

(Fuente: Propia)

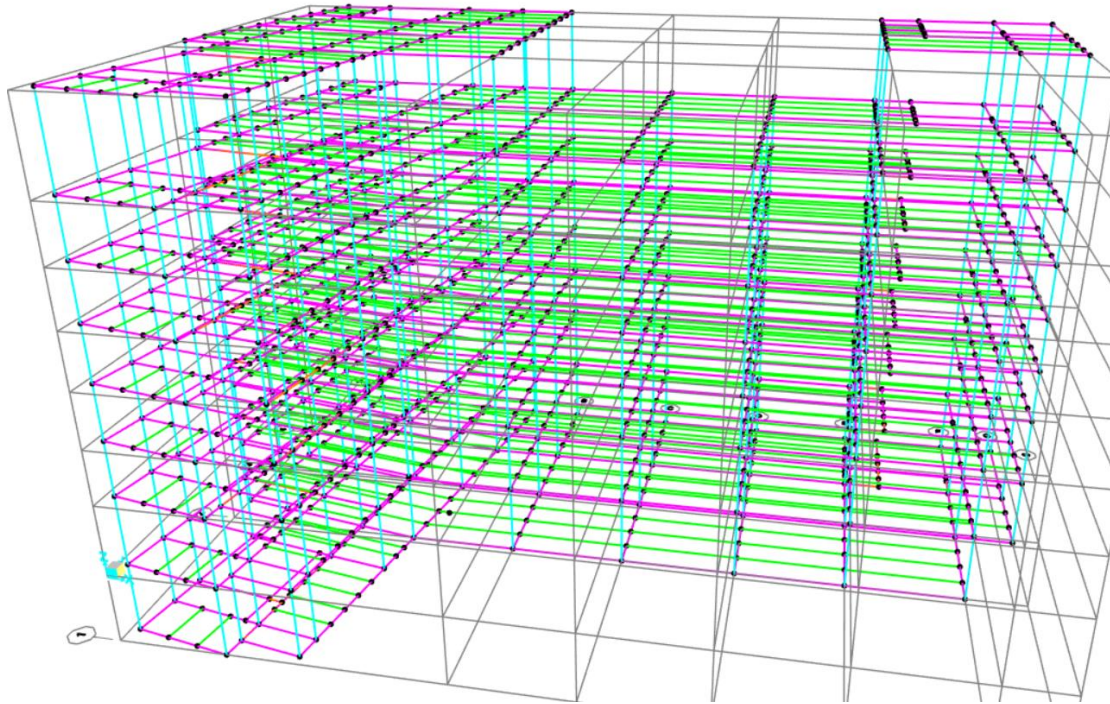


Figura 8. Elementos y nodos de modelo 3D del edificio del CEC.

(Fuente: Propia)

3.2.2. Definición de materiales

Apoyado en los planos otorgados por EPN-TECH-EP, la edificación cuenta con materiales de acero y concreto, es decir, es una estructura mixta. Para lo cual se deben elegir e ingresar en el software las propiedades mecánicas y demás, cabe recalcar que las columnas y vigas son de concreto y la viga tipo I de acero.

En la Figura 9 se muestra los materiales que se utilizó para el análisis del edificio del CEC, en la Tabla 11 la codificación de colores que se otorga a cada material.

Tabla 11. Codificación de colores para la designación de materiales.

Codificación de colores	
Amarillo	Acero A-36
Gris	Concreto (Resistencia del concreto 20684,27 kN/m ²)

(Fuente: Propia)

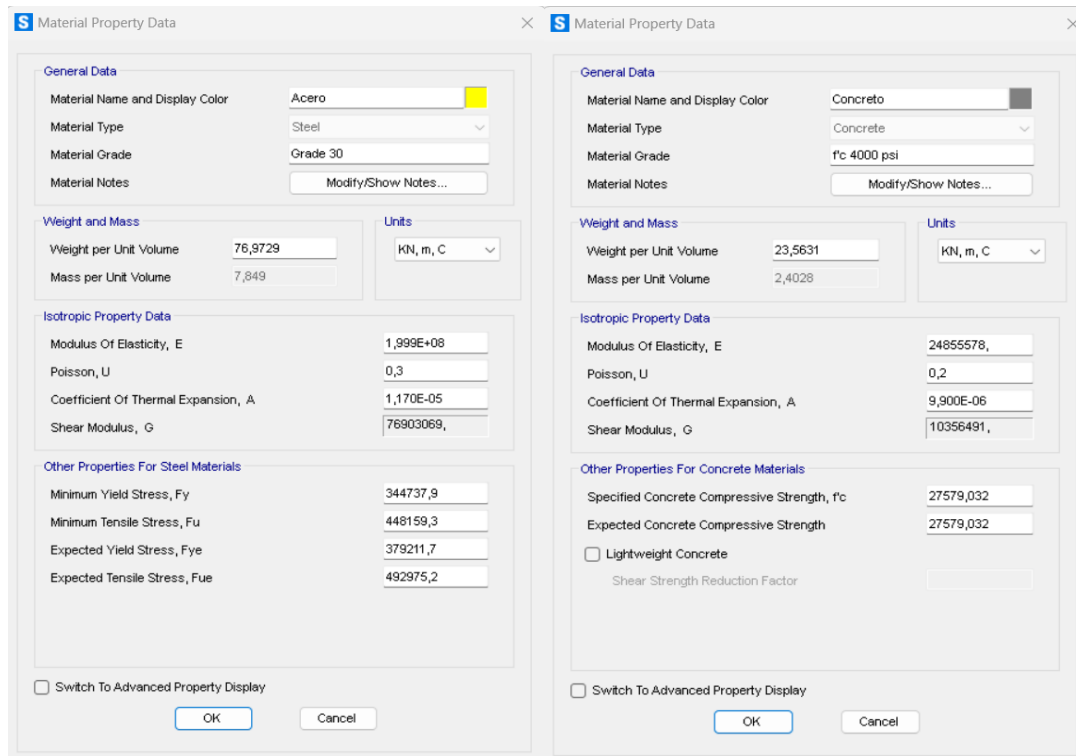


Figura 9. Materiales utilizados para el modelado del edificio del CEC.

(Fuente: Propia)

3.2.3. Definición de secciones

Fundamentado en los planos facilitados por EPN-TECH-EP, se define las secciones estructurales de los elementos creados de la malla, como se presenta en la Figura 10 viga tipo I, la Figura 11 viga de concreto área transversal rectangular, la Figura 12 columna de concreto área transversal cuadrada. Las medidas de cada sección se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12. Dimensiones de secciones estructurales.

Dimensiones de secciones estructurales	
Columna	Columna de área transversal cuadrada (600x600) mm.
Viga	Viga de área trasversal rectangular (350x500) mm.
Viga tipo I	Viga tipo I (IPE) HI312-4-6x100.

(Fuente: Propia)

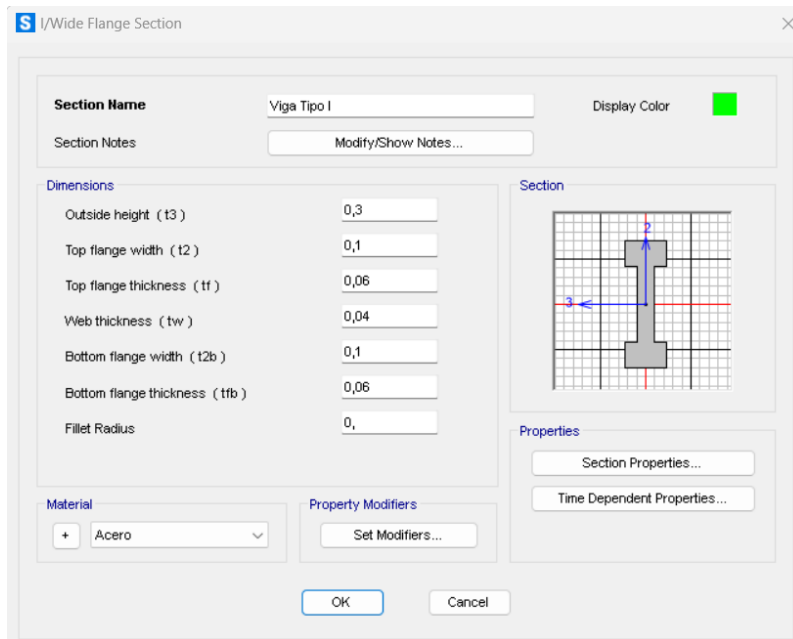


Figura 10. Viga tipo I.

(Fuente: Propia)

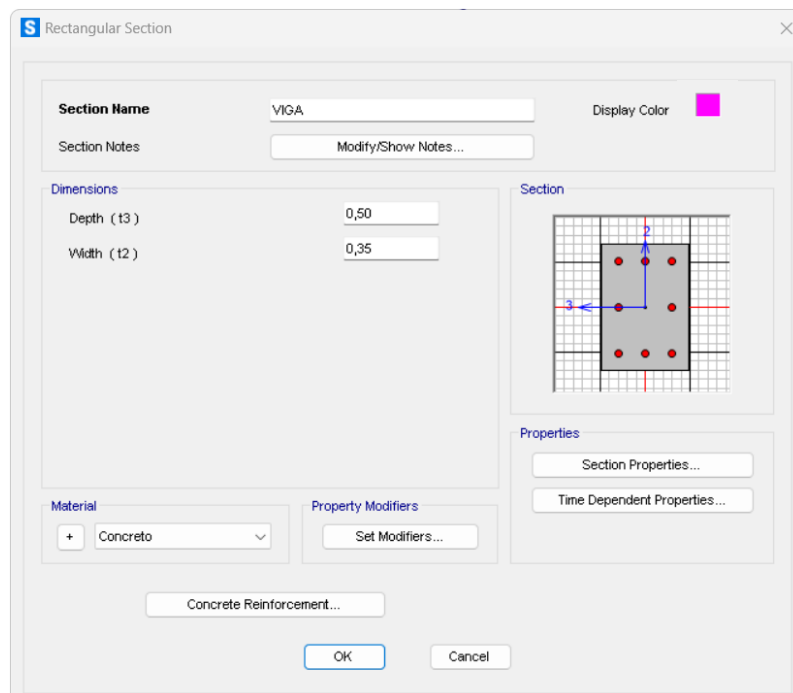


Figura 11. Viga de concreto área transversal rectangular.

(Fuente: Propia)

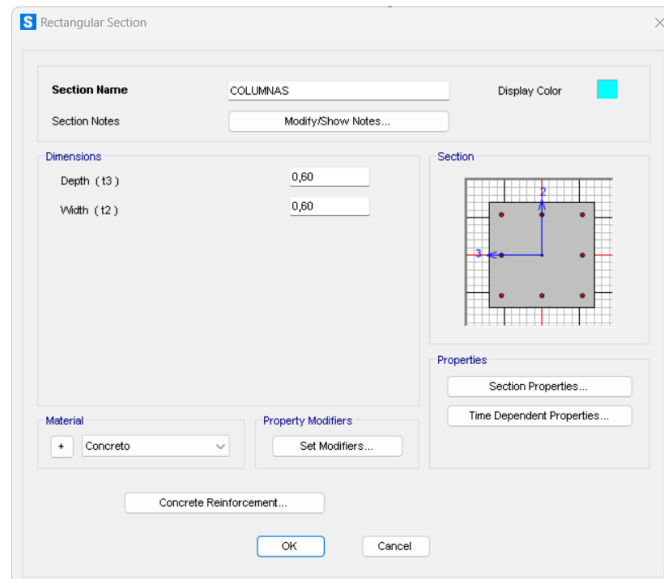


Figura 12.Columna de concreto área transversal cuadrada.

(Fuente: Propia)

3.2.4. Definición de cargas

Se define las cargas (viva, muerta, granizo y sísmica) apoyándose en las consideraciones de la norma NEC y el uso que tendrá a la edificación.

3.2.4.1. Carga viva o variable (L)

Se toma en cuenta el uso que se dará a la edificación para definir la carga como se muestra en la Tabla 1, el edificio se construye con fines de educación por lo tanto se define una carga uniforme de 4.8 kN/m^2 como se observa en la Figura 13.

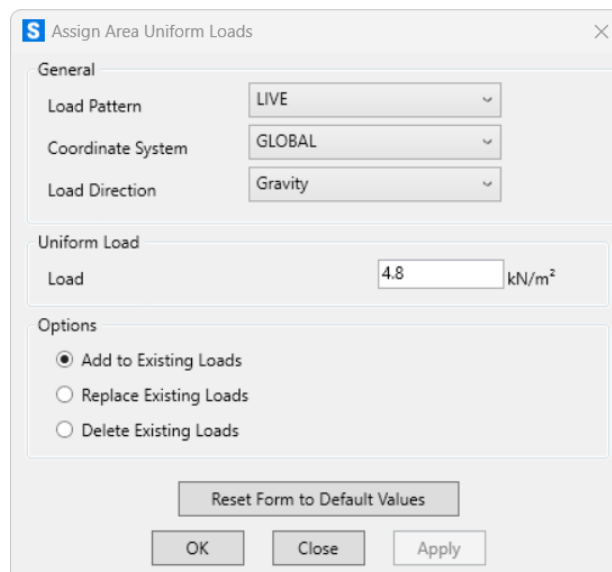


Figura 13.Definición de carga viva.

(Fuente: Propia)

3.2.4.2. Carga muerta o permanente (D)

Se tomo por defecto el peso propio del modelo, tomando en cuenta el peso de los materiales que define EPN-TECH-EP y el peso de los elementos que contiene el edificio como se indica en la Tabla 3.

Para considerar el peso propio de la edificación en Sap2000, se trabaja con un factor de escala de 1 como se presenta en la Figura 14.

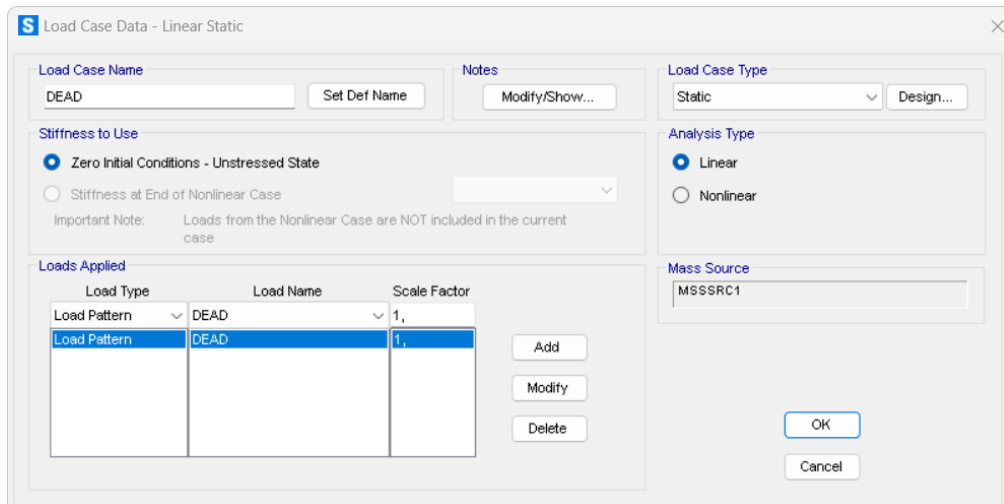


Figura 14. Definición de carga muerta.

(Fuente: Propia)

3.2.4.3. Carga de Granizo

Según la NEC, se debe tener en cuenta una carga mínima de granizo de 1 kN/m², y se incluye una carga distribuida en el modelo como se presenta en la Figura 15.

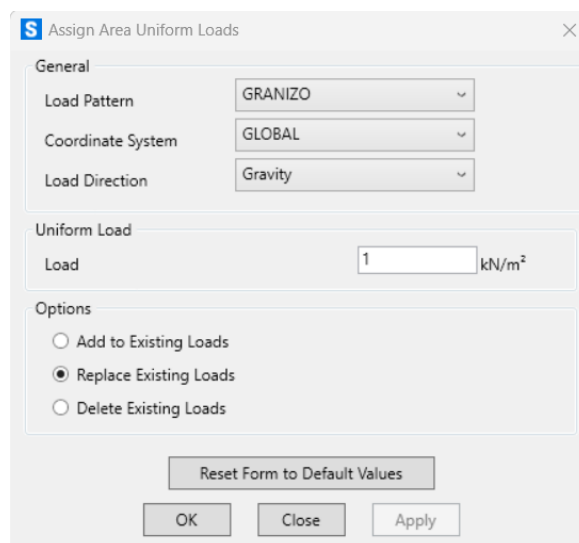


Figura 15. Definición de carga de granizo.

(Fuente: Propia)

3.2.5. Definición de los espectros sísmicos

Para este punto como se observa en la Figura 16 se introdujo un espectro sísmico el cual fue tomado de los datos del IG-EPN como se muestra en el Anexo III y de la Norma NEC (peligros sísmicos) como describe las Tablas 4, 5, 6, 7, y 8, estas tablas son basadas en la norma NEC que especifica las variables a utilizar como por ejemplo el factor Z, Fa, Fd, etc.

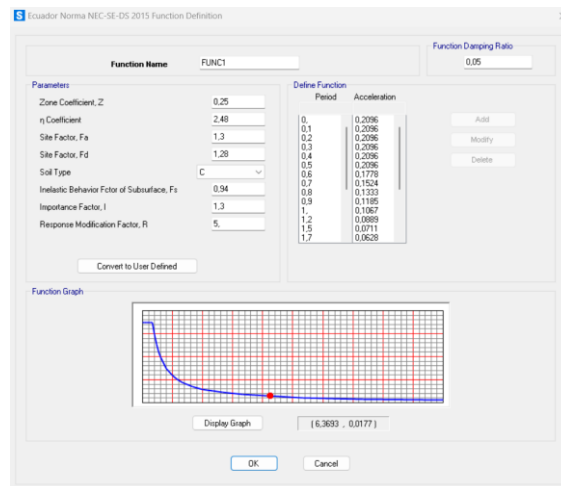


Figura 16. Definición de espectros sísmicos basado en los datos del IG-EPN.

(Fuente: (IG-EPN, 2022))

3.2.6. Definición de combinaciones de cargas

Se define el combo a utilizar en base a la Tabla 9, se toma en cuenta la combinación 5, porque asemeja un caso propio en la vida real que presentaría la edificación esta combinación cuenta con carga sísmica, carga viva, carga muerta y la de granizo como se presenta en la Figura 17.

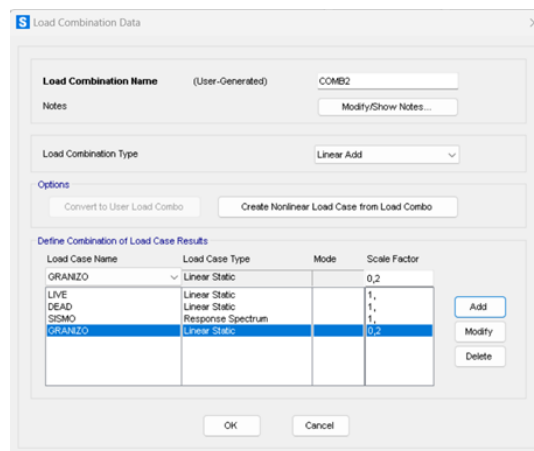


Figura 17. Definición de combinación de carga.

(Fuente: Propia)

3.3. Análisis del modelado en Sap2000

Para llegar a este punto fue necesario tomar varias consideraciones las cuales fueron fundamentadas por los planos que nos facilitó EPN-TECH-EP, las normas NEC (Cargas no sísmicas y peligros sísmicos) y más, obteniendo como resultado la deformación que se produce a partir de un espectro sísmico como presenta la Figura 18 del modelo 3D del edificio del CEC, se puede decir y observar en caso de un terremoto con el espectro sísmico más alto registrado por el Instituto Geofísico la deformación que se produce en mínima y por lo tanto es segura.

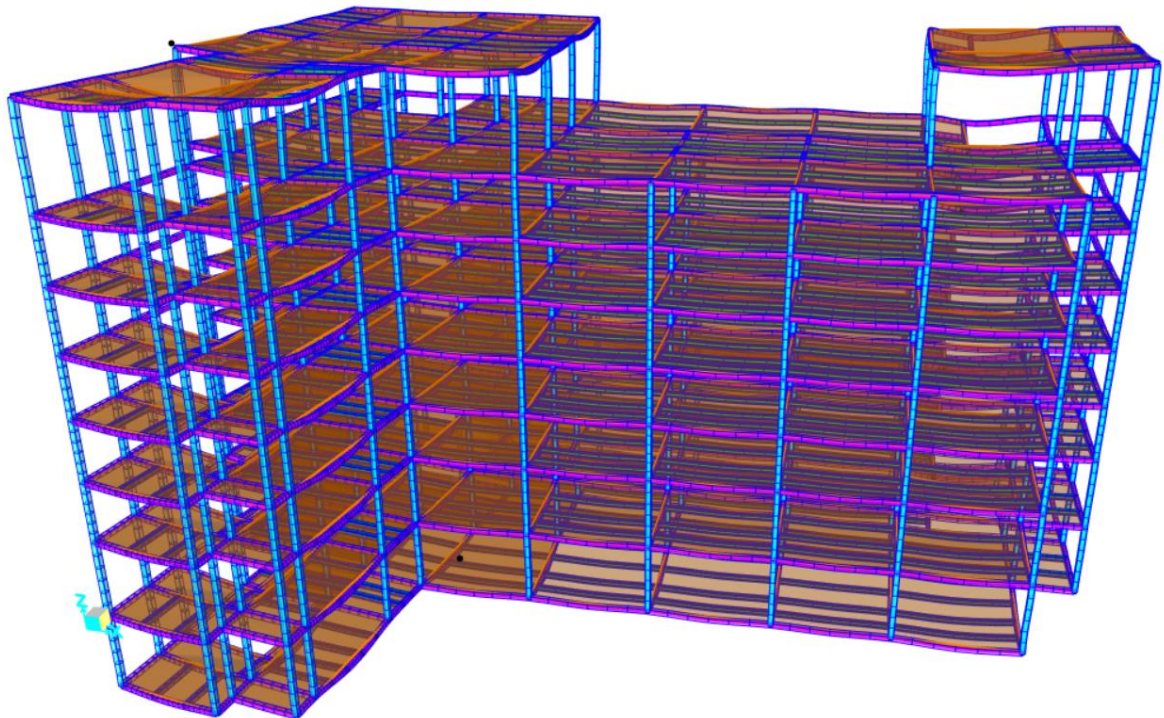


Figura 18. Deformación del Modelo 3D a partir del espectro sísmico.

(Fuente: Propia)

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Análisis Estructural

Tiene como objetivo determinar la respuesta y capacidad de una estructura ante diferentes cargas y eventos, como sismos, vientos y cargas muertas y vivas. Los resultados que presenta el análisis estructural para la edificación se utilizan para verificar la seguridad y estabilidad de la estructura. Como se presenta en la Figura 19, se aprecia el diagrama de fuerzas axiales ante un espectro sísmico.

4.1.1.1. Diagrama de fuerzas internas

Estas fuerzas que actúan en el modelo tienen un comportamiento adecuado y lógico, se observa que en la planta baja las fuerzas axiales que actúan sobre las columnas son de mayor magnitud en comparación a la parte superior de la edificación bajo un espectro sísmico.

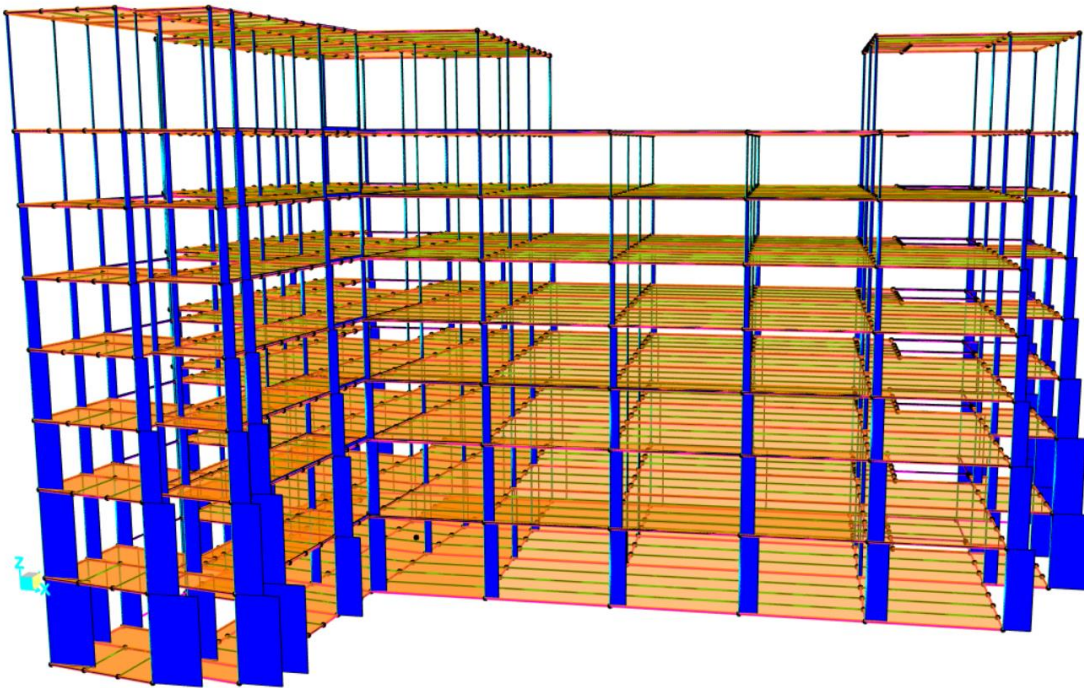


Figura 19. Diagrama de fuerzas axiales para el modelo 3D ante un espectro sísmico.

(Fuente: Fuente)

Para este caso de estudio, se enfoca todo el análisis de resultado en el plano xz esto se debe porque en este plano se encuentra el elemento crítico, luego se realizará un estudio a fondo.

Retomando al análisis del diagrama de fuerzas axiales, como se nota en la Figura 20, está enfocado en el elemento crítico del plano xz, se observa el resultado de la fuerza que actúa sobre el elemento crítico (Columna interna planta baja) tiene un valor elevado en comparación a las demás columnas que se encuentra en la edificación, por ende, ya se tiene en conocimiento con exactitud que elemento se debe reforzar para garantizar la seguridad de los ocupantes.

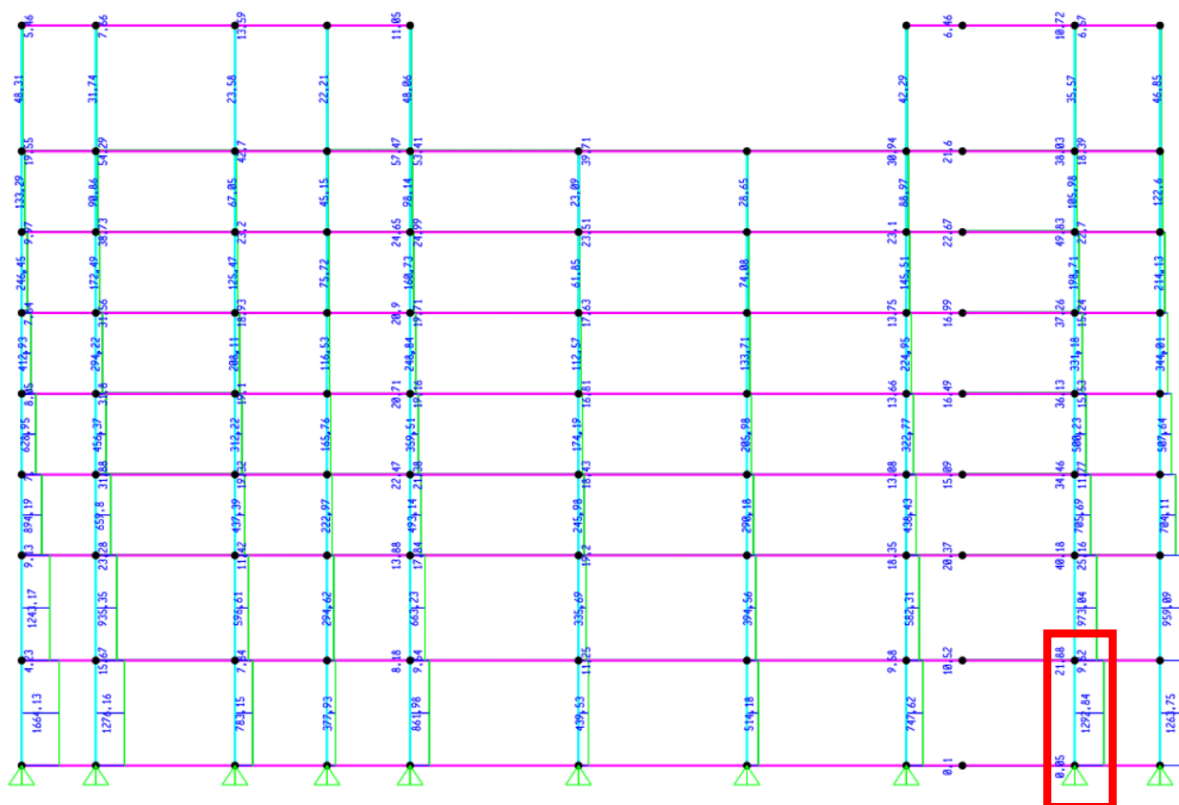


Figura 20. Diagrama de fuerzas axiales en el plano xz.

(Fuente: Propia)

4.1.2. Diseño estructural

El diseño que presenta según los planos de EPN-TECH-EP es adecuado, es decir las áreas transversales para la columna y viga son aceptables logrando como resultado una estructura rígida y segura ante un espectro sísmico.

Cabe recalcar que existe elementos críticos pero con un espectro que no es usual en el Ecuador según IG-EPN, pero se lo toma en cuenta con fines de estudio, a pesar de la utilización de este espectro el elemento está trabajando al 70% de su capacidad.

El método de diseño LRFD utilizado para este trabajo se considera el más adecuado por que toma en consideración todos los parámetros de carga que se utilizó para el modelado del edificio obteniendo un sólido y fiable resultado.

4.1.3. Factor de Uso

El valor del factor de uso puede variar según las características de la estructura y las cargas que se consideren. En general, se busca que este valor sea lo más bajo posible, para garantizar la seguridad de la estructura.

Se toma en cuenta que el factor de uso es solo uno de los muchos parámetros que se debe tomar en cuenta en el diseño y análisis estructural de edificios. Otros aspectos importantes incluyen la resistencia de los materiales utilizados, la capacidad de la estructura para resistir cargas sísmicas, y la estabilidad global de la estructura en diferentes escenarios de carga.

A continuación, se presenta en la Figura 21, la Figura 22, la Figura 23, los valores del factor de uso para los diferentes elementos que conforma el edificio en los diferentes planos xy, xz y yz respectivamente.

Cabe destacar que en este punto ya se puede apreciar los elementos críticos en los diferentes planos según el valor del factor de uso.

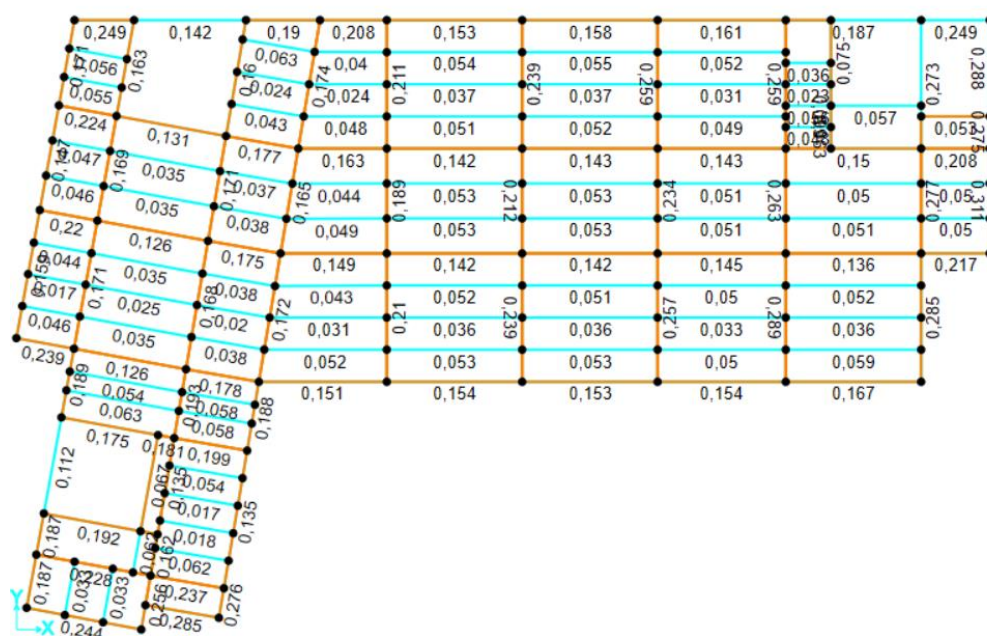


Figura 21. Valores del factor de uso en el plano xy del primer nivel.

(Fuente: Propia)



Figura 22. Valores del factor de uso en el plano xz.

(Fuente: Propia)

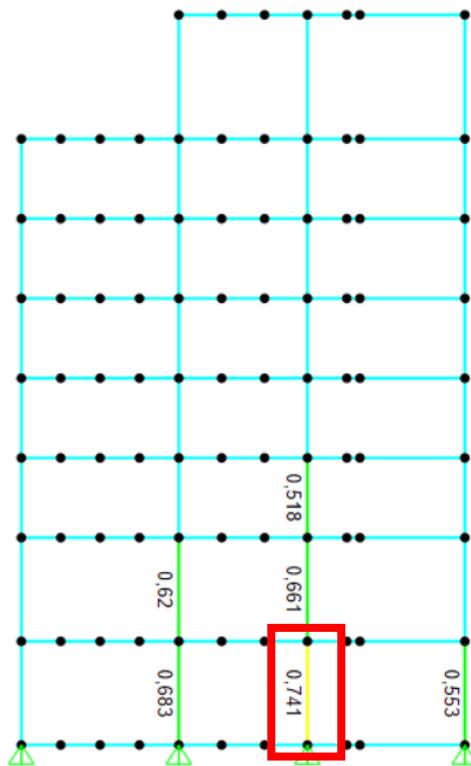


Figura 23. Valores del factor de uso en el plano yz.

(Fuente: Propia)

4.1.4. Identificación de elementos críticos

El elemento crítico se encuentra en nivel bajo de la edificación como se muestra en la Figura 24, lo cual es lógico, esto se debe porque las columnas de los niveles bajos soportan la carga de los siguientes niveles.

Una vez identificados los elementos críticos, estos pueden ser utilizados para generar una base de datos cumpliendo con el objetivo del trabajo, y estos a su vez pueden ser reforzados o reparados con el fin de mejorar la seguridad y estabilidad de la estructura. Es importante realizar inspecciones regulares y evaluaciones de la estructura para detectar cualquier cambio o daño potencial que pueda afectar la integridad de la estructura.

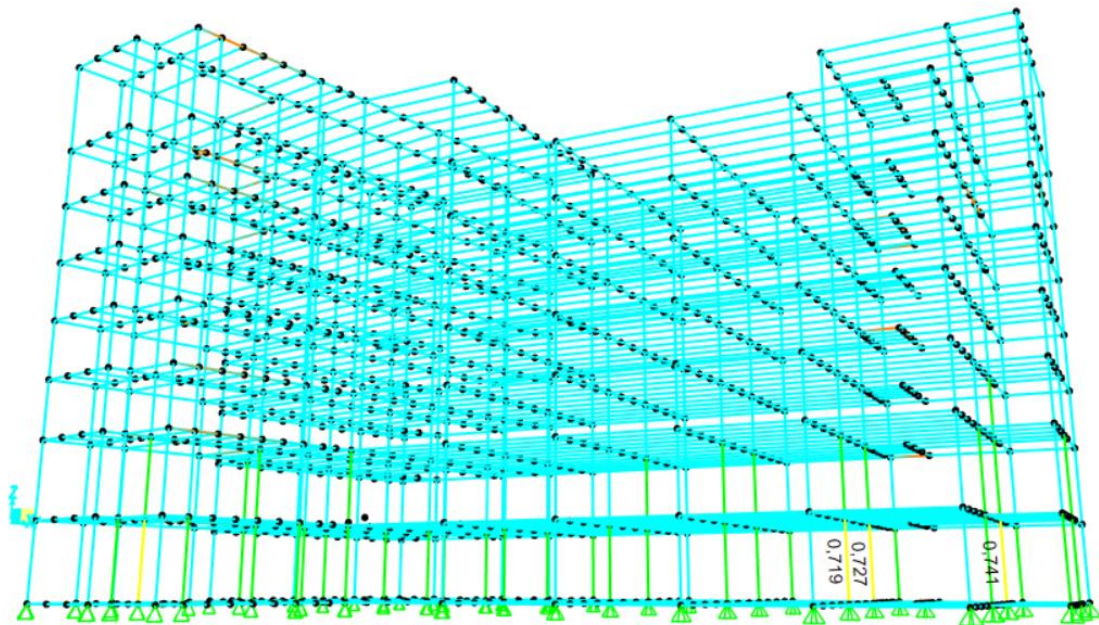


Figura 24. Identificación de la sección crítica en el modelo 3D.

(Fuente: Propia)

4.2. Discusión

El análisis estructural del edificio del CEC bajo cargas sísmicas, modelado en SAP2000 busca como resultado el factor de uso para determinar el elemento crítico, el cual es esencial para garantizar la integridad y la seguridad de la estructura en caso de eventos naturales.

En el proceso de análisis, se simulan diferentes escenarios de carga, incluyendo las cargas sísmicas, lo que permite identificar posibles debilidades en la estructura. Estas

debilidades se pueden corregir para garantizar la seguridad de los ocupantes y proteger la estructura.

La determinación del factor de uso es un indicador clave en este análisis, ya que es utilizado para evaluar el rendimiento de la estructura. Al comparar la carga aplicada con su capacidad resistente, se puede determinar si la estructura está funcionando de manera segura y eficiente. Si el factor de uso es mayor a 1, esto significa que la estructura está sobrecargada y no es segura.

El análisis estructural también puede proporcionar información valiosa para la toma de decisiones sobre posibles mejoras y refuerzos futuros. Esto es particularmente importante en áreas sísmicas, donde la seguridad estructural es crítica para proteger a las personas y las propiedades.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Mediante la ayuda del software Sap2000 se modeló el edificio del CEC, facilitando de esa manera la obtención de resultados como el factor de uso que luego se tabulara con diferentes espectros sísmicos de manera fácil y sencilla.

Se observó que los elementos críticos encontrados gracias a los resultados obtenidos tienen una relación directa con las fuerzas axiales, esto se debe por que la carga que soporta los elemento (columnas de la planta baja) eran de una gran magnitud.

Se apreció que los elementos críticos solo se presentan verticalmente y no horizontalmente.

Se identificó el valor máximo del factor de uso de 0.7, es decir el elemento trabaja al 70% de su capacidad este porcentaje es aceptable para decir que no colapsa.

Fue crucial determinar la combinación de carga a utilizar tomando en cuenta los efectos desfavorables que presenta el sitio donde se encuentra la edificación a analizar.

Se observo el resultado de las deformaciones con diferentes espectros sísmicos y se puede decir que fue mínima y para todos los casos el nivel nueve presenta mayor deformación con respecto a los otros niveles.

Fue relevante realizar el análisis estructural del edificio con la finalidad de saber lo que podría suceder (colapsa o no colapsa) cuando se presente un sismo de gran magnitud.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda apoyarnos en las normas y manuales AISC para asegurar la fiabilidad de los resultados facilitando hallar el elemento crítico.

Es recomendable tener en cuenta el método y la combinación de carga que se utilizara para el diseño de las columnas y las vigas.

Es recomendable tabular los datos obtenidos en Excel para mayor facilidad de dar un formato adecuado para seleccionar los elementos críticos.

Se recomiendo trabajar en un solo sistema de unidades predeterminándolo en Sap2000.

6. REFERENCIAS

- AISC. (2016). *Especificación para Construcciones de acero*. Asociación Latinoamericana de Acero.
- Cabrera, E. (2003). *Diseño Estructural en Concreto Armado de un Edificio de Nueve Pisos en la Ciudad de Piura*. Piura: Universidad de Piura .
- Celigueta, J. T. (2011). *Metodo de los Elementos Finitos para Análisis Estructural*. España: Unicopia C.B.
- Constructivos, D. (2015). *Detallesconstructivos.net*. Obtenido de <https://www.detallesconstructivos.net/detalle/secciones-tipo-de-pilares-de-hormig%C3%B3n-armado>
- CPE INEN-NEC-SE-CG. (2014). *Cargas (No sismicas)*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Delgado y Delgado. (2014). *Plataforma de Reciclaje en le Estación de Transferencia de Residuos Sólidos Norte-ET2*. Quito: INGENIEROS Y ARQUITECTOS CIA. LTDA.
- Díaz, F. (2019). *Perfiles estructurales* . Cuautitlán Izcalli: Universidad Nacional Autonoma de México.
- EPN-TECH-EP. (s.f.). *Construcción del edificio para la ampliación del Centro de Educación Continua de la Escuela Politécnica Nacional*. Quito: Cuerpo de Ingenieros del Ejercito.
- IG-EPN. (2022). *Informes de los últimos sismos*. Quito: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional .
- INEN-NEC-SE-DS, C. (2015). *Peligro Sísmico. Diseño Sismo Resistente*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- NEC. (2014). *Estructuras de acero*. Quito: Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- Nilson, A. (2001). *Diseño de Estructuras de Concreto*. Bogotá: McGRAW-HILL INTERAMERICANA.
- Ortega, D. A. (2009). *Diseño del sistema estructural para la ampliación de la edificación del Hospital Militar de Quito, en el área de quirófanos*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Rodas, H. (2014). *Estructuras 1*. Cuenca: Universidad de Cuenca .

7. ANEXOS

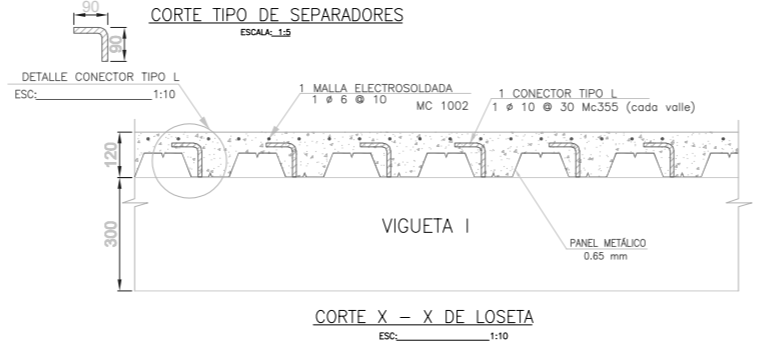
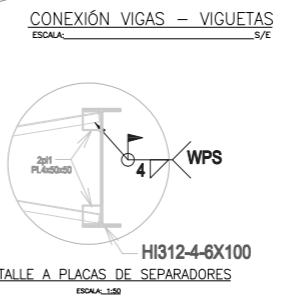
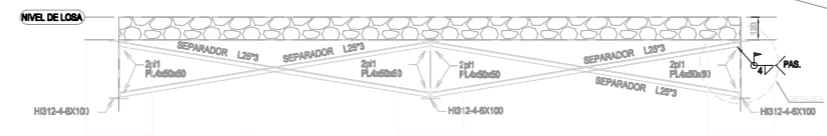
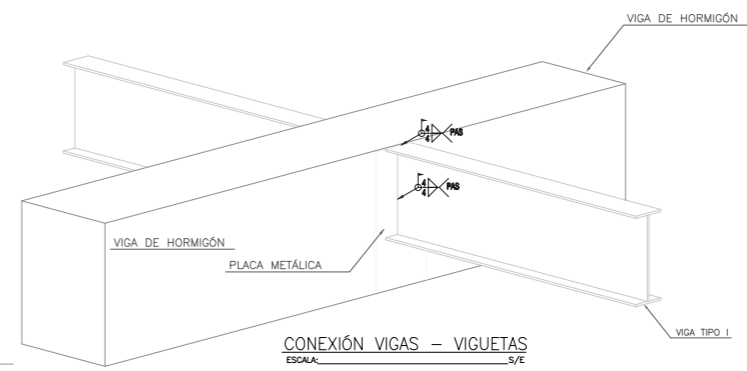
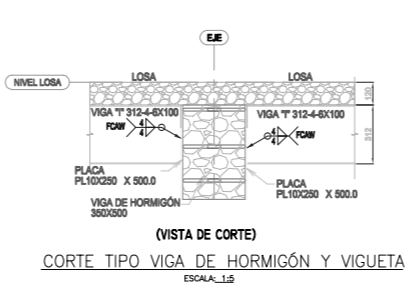
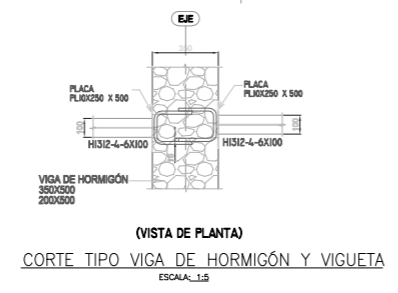
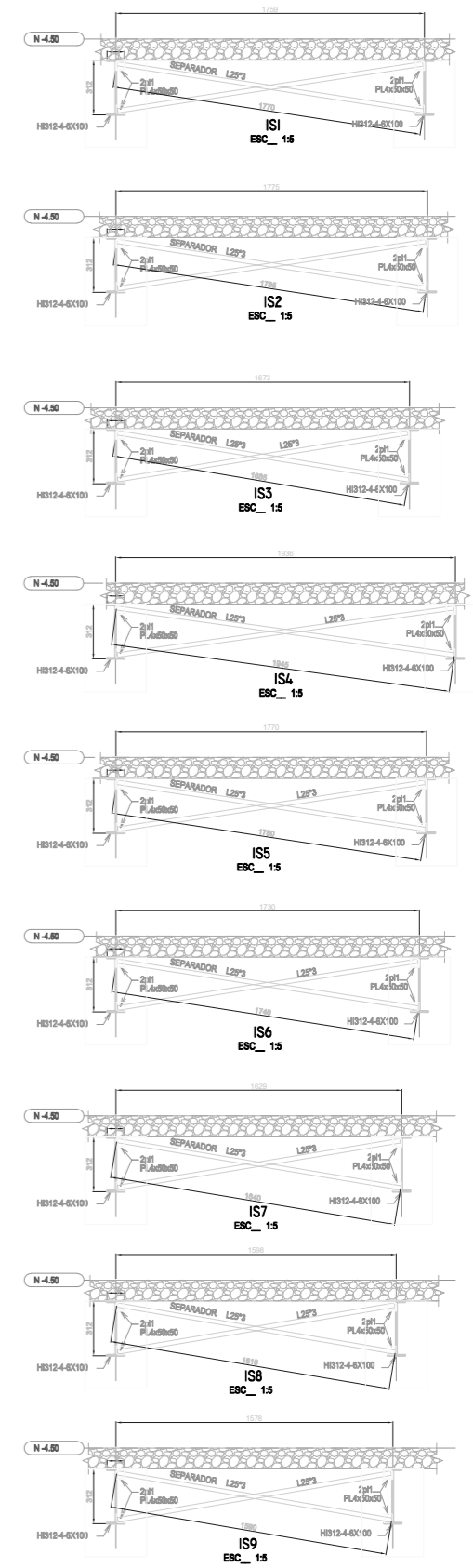
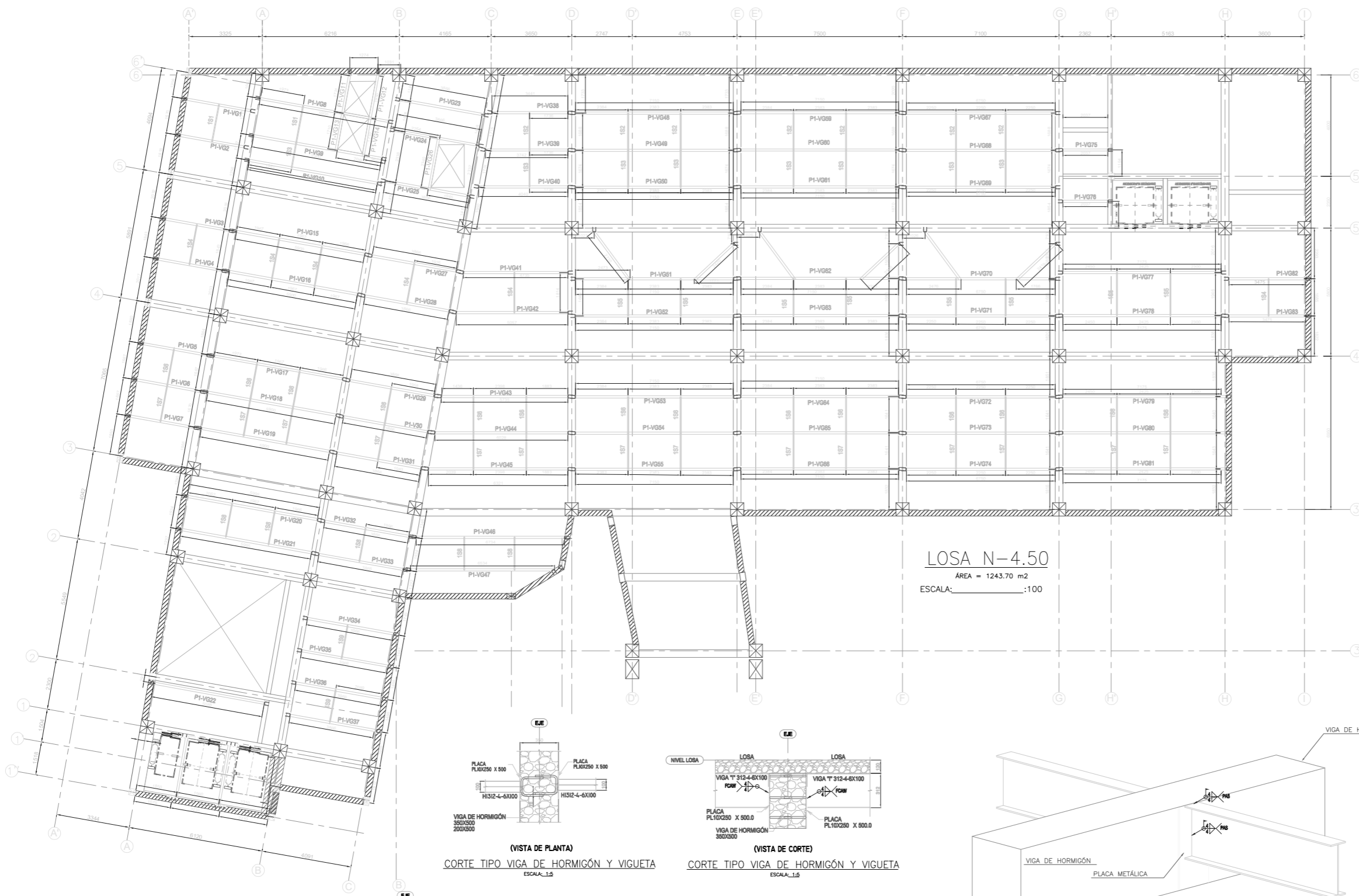
ANEXO I. Planos otorgados por EPN-TECH-EP.

ANEXO II. Tablas utilizadas para interacción de ecuación.

ANEXO II. Espectros sísmicos (IG-EPN) tabulados.

ANEXO IV. Resultados de Sap2000.

ANEXO I



AS BUILT - APROBADO	
FECHA	FIRMA
CONTRATISTA: CEE	
FISCALIZADOR: EPN TECH	
ADMINISTRADOR: EPN	

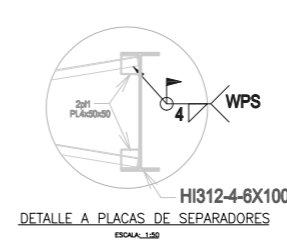
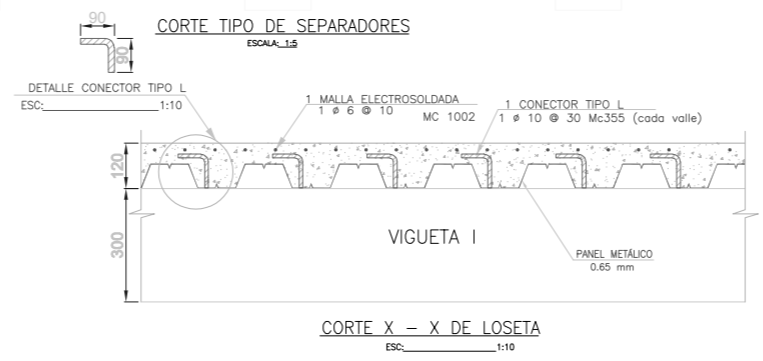
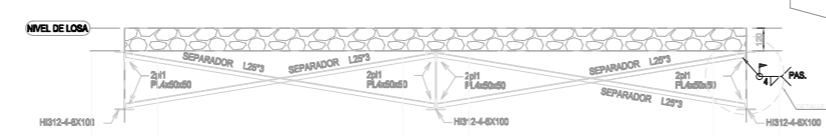
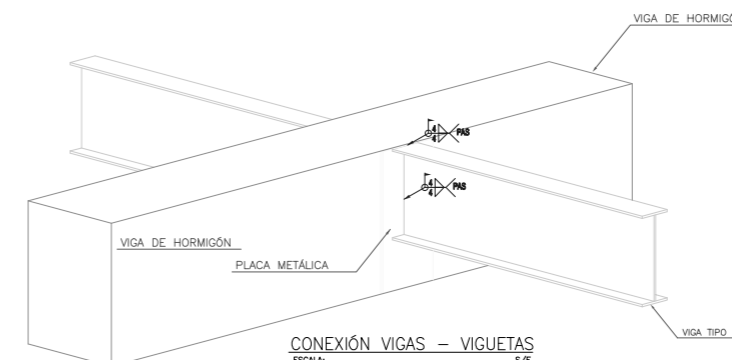
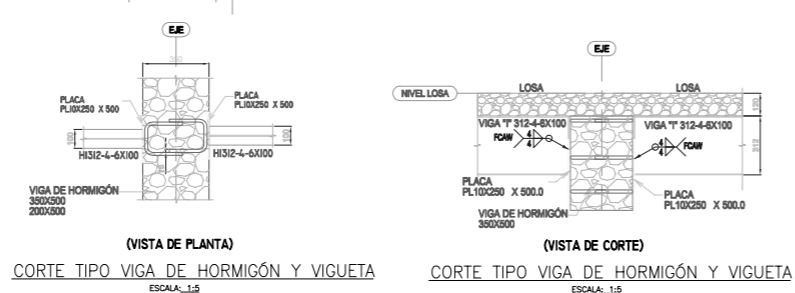
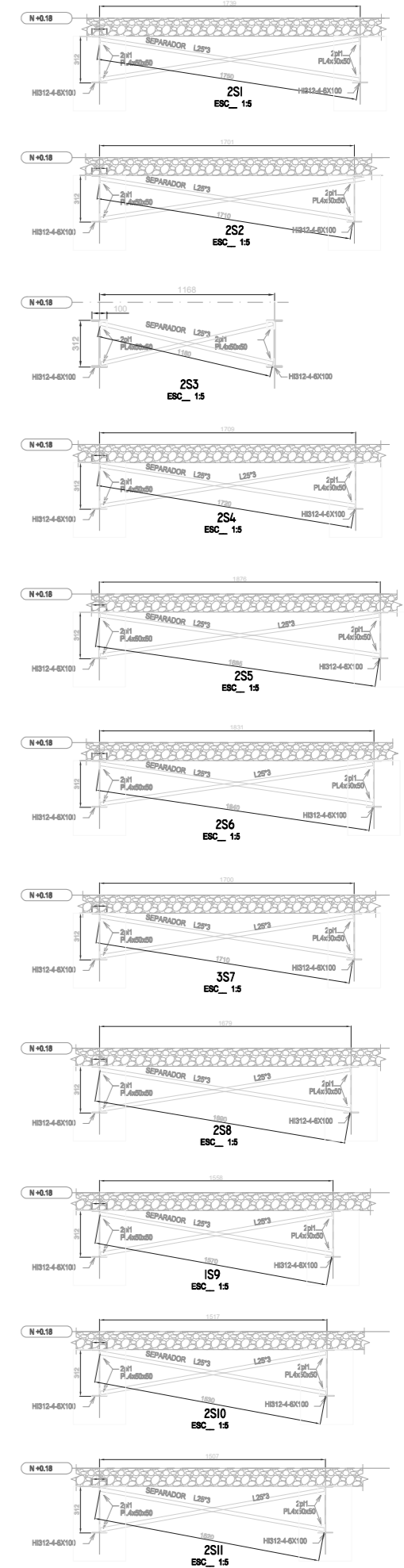
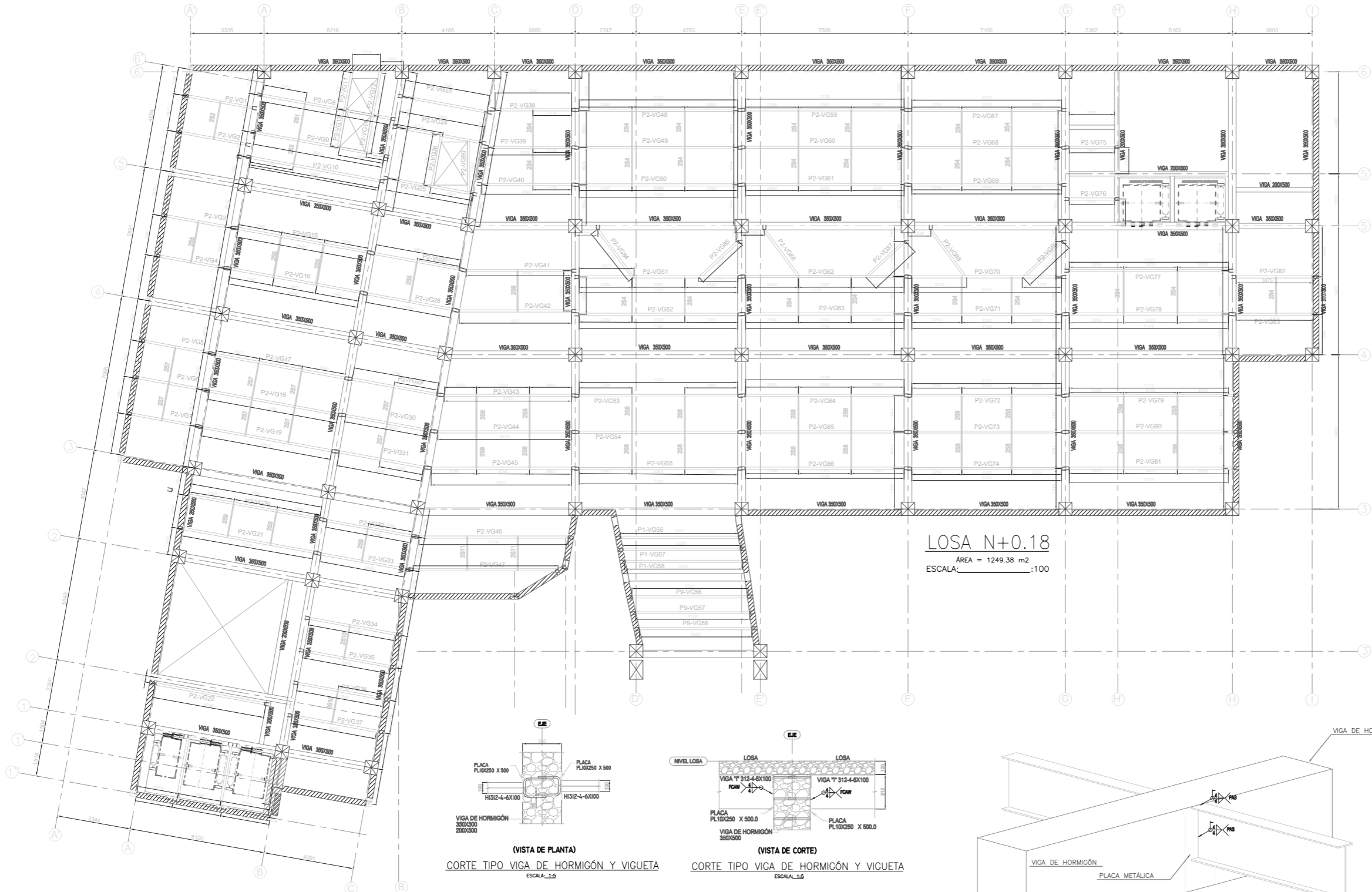
NOTAS GENERALES

- Las dimensiones están dadas en mm.
- Si no se especifica, los cordones son de filete de 0,7l, de acuerdo a la AWS D1.1.
- Resistencia mínima de soldadura E70XX.
- Las tolerancias de montaje están de acuerdo a la norma AISC 303-05.
- Se aplica pintura anticorrosiva.
- Se detalla todos los elementos instalados (Vigas, placas, separadores.)

ESTE PLANO CONTIENE INFORMACIÓN CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA CEE. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSIÓN, COPIA O USO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE LA CEE.

NO.	DESCRIPCION	FECHA	DEBIDO	REVISADO	APROBADO	REVISADO / REVISADO (OBSERVACIONES)	FECHA
01	AS-BUILT-REV	28/04/2021	ING. B. FERRERAS	ING. B. FERRERAS	ING. B. FERRERAS	ING. B. FERRERAS	11/11
							11/11
							11/11
							11/11
							11/11
							11/11

	ESCUOLA POLITÉCNICA NACIONAL
AS BUILT - APROBADO	CONSTRUCCIÓN DEL SERVIDOR PARA LA AMPLIACIÓN DEL CENTRO DE EDUCACIÓN CONTINUA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
PLANO AS-BUILT-ESTRUCTURAL NIVEL N -4.50.	ESCALA: NONE



NOTAS GENERALES

- Las dimensiones están dadas en mm.
- Si no se especifica, los cordones son de filete de 0,71, de acuerdo a la AWS D1.1.
- Resistencia mínima de soldadura E70XX.
- Las tolerancias de montaje están de acuerdo a la norma AISC 303-05.
- Se aplica pintura anticorrosiva.
- Se detalla todos los elementos instalados (Vigas, placas, separadores.)

ESTE PLANO CONTIENE INFORMACIÓN CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA CEE. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSIÓN, COPIA O USO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE LA CEE.

EPI TECH CENTRO DE INGENIERÍA DEL EJÉRCITO ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

AS BUILT - APROBADO

CONTRATISTA CEE	FECHA	FIRMA
FISCALIZADOR EPI TECH		
ADMINISTRADOR EPN		

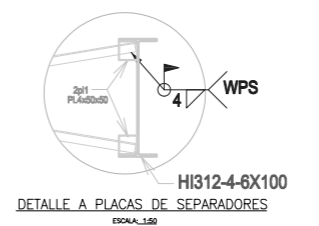
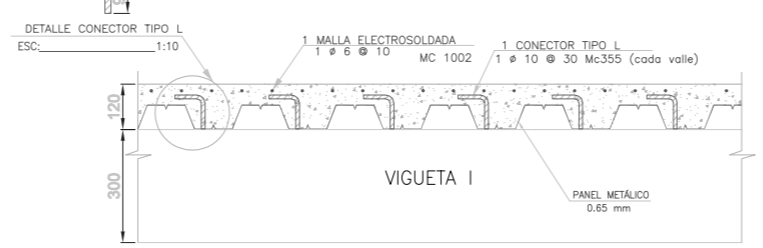
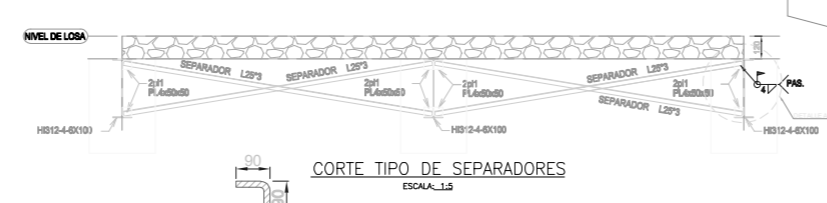
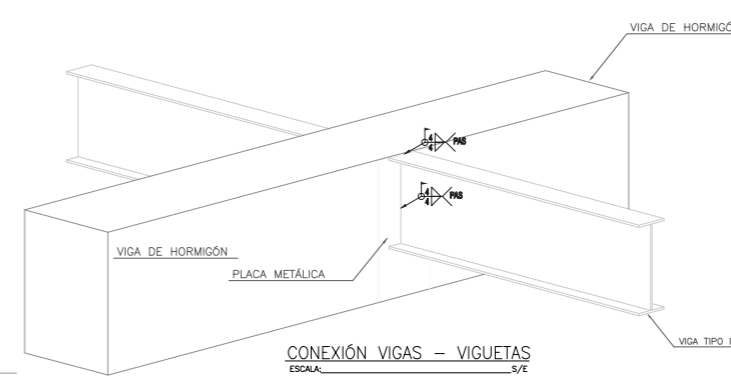
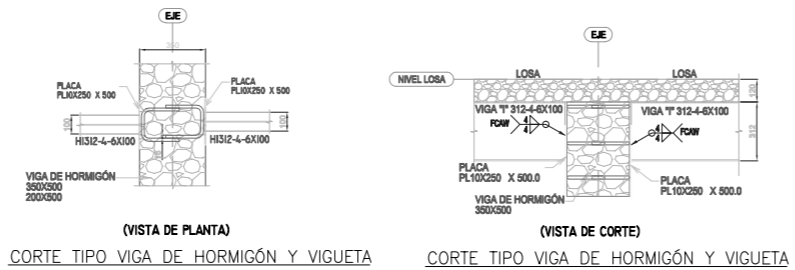
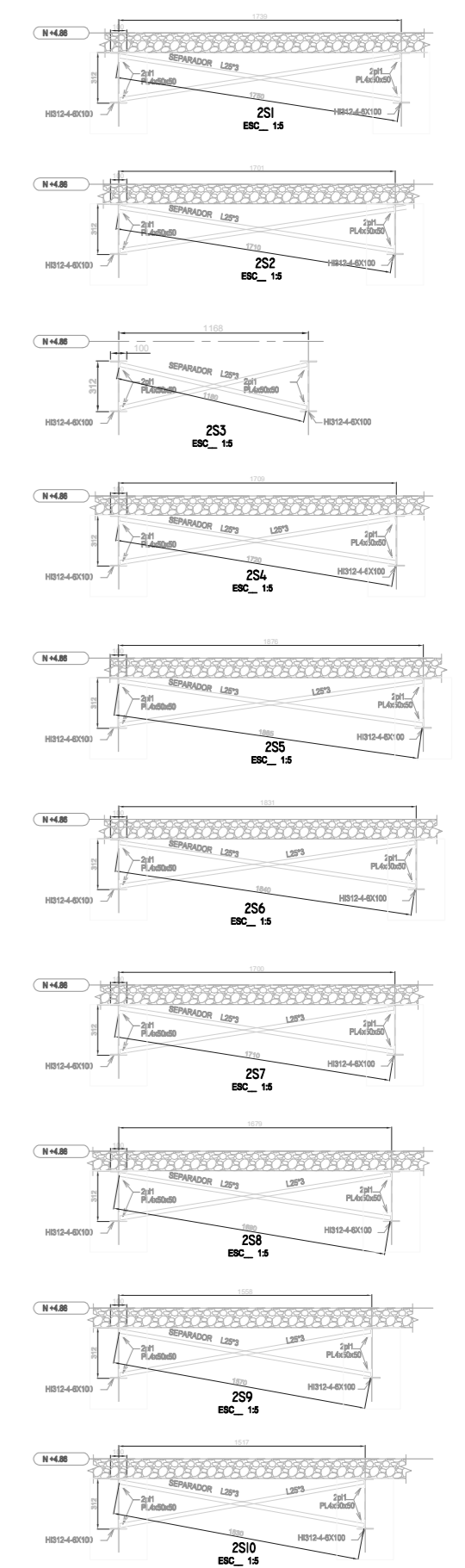
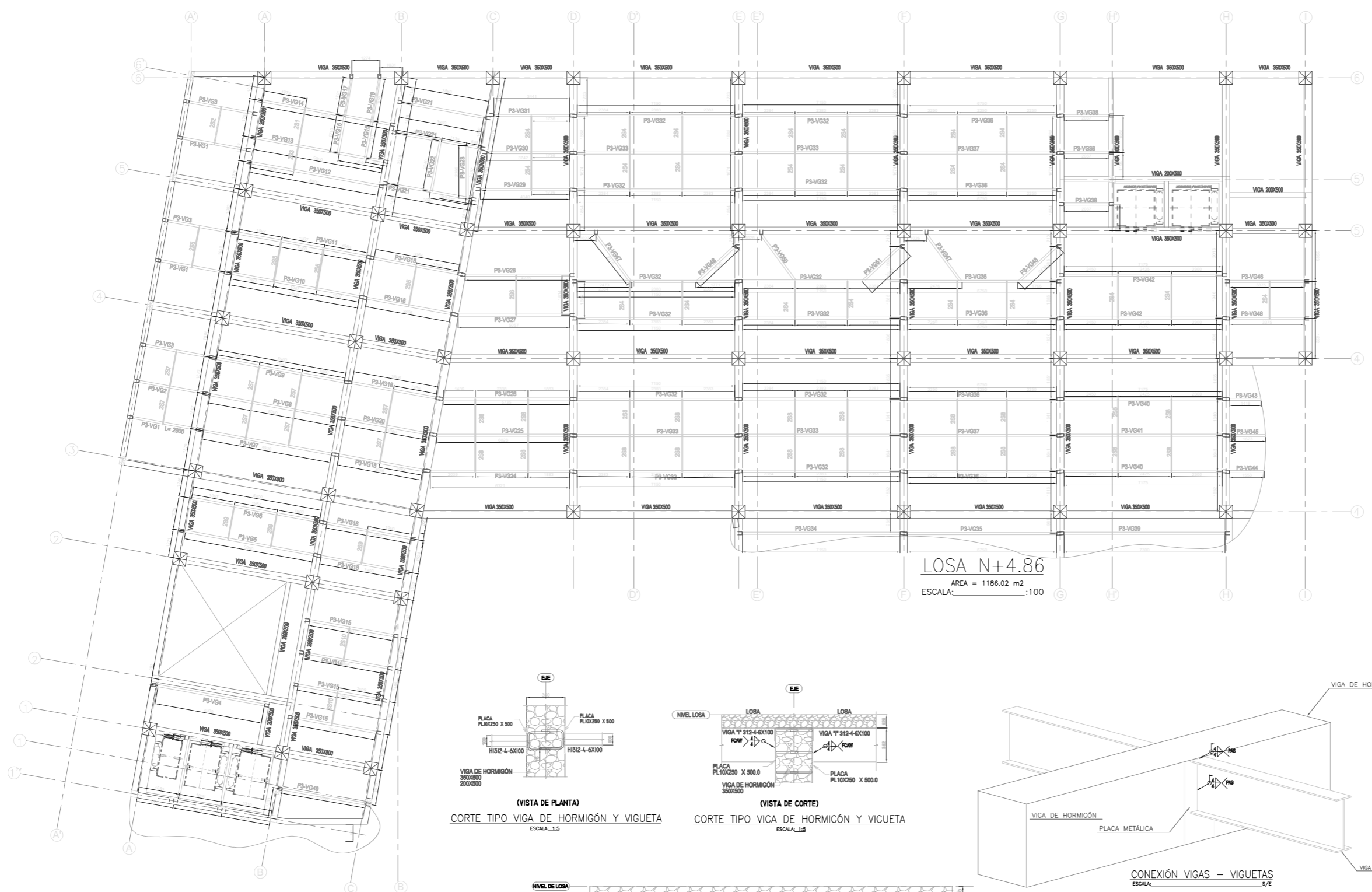
Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORADO	REVISADO	APROBADO	REVISADO / REVISOR (CÓDIGO)	FECHA
01	AS-BUILT-EST	28/04/2021	ING. B. FERRER	ING. B. FERRER	ING. B. FERRER		

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DEL SERVIDOR PARA LA AMPLIACIÓN DEL CENTRO DE EDUCACIÓN CONTINUA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DESCRIPCIÓN:	PLANO AS-BUILT-ESTRUCTURAL NIVEL N+0.18
PROYECTADO POR:	ING. B. FERRER
REVISADO POR:	ING. B. FERRER
APROBADO POR:	ING. B. FERRER
PROYECTADO POR:	ING. B. FERRER
REVISADO POR:	ING. B. FERRER
APROBADO POR:	ING. B. FERRER

ESCALA: NONE

CEC-CEC-AS-BUILT-EST-002-006

1 DE 2



NOTAS GENERALES

- Las dimensiones están dadas en mm.
- Si no se especifica, los cordones son de filete de 0,7l, de acuerdo a la AWS D1.1.
- Resistencia mínima de soldadura E70XX.
- Las tolerancias de montaje están de acuerdo a la norma AISC 303-05.
- Se aplica pintura anticorrosiva.
- Se detalla todos los elementos instalados (Vigas, placas, separadores.)

ESTE PLANO CONTIENE INFORMACIÓN CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA CEE. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSIÓN, COPIA O USO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE LA CEE.

EPI TECH CENTRO DE INGENIERÍA DEL EJÉRCITO

AS BUILT - APROBADO

CONTRATISTA CEE:	FECHA:	FIRMA:
FISCALIZADOR EPI TECH:		
ADMINISTRADOR EPI:		

NO.	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORADO	REVISADO	APROBADO	REVISADO / REVISOR (OBSERVACIONES)	TIPO	FECHA
01	AS-BUILT-EST	28/04/2021	ING. B. FERRERAS	ING. B. FERRERAS	ING. B. FERRERAS	ING. B. FERRERAS	ESTRUCTURAL	11/11
								11/11
								11/11
								11/11
								11/11

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO PARA LA AMPLIACIÓN DEL CENTRO DE EDUCACIÓN CONTINUA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

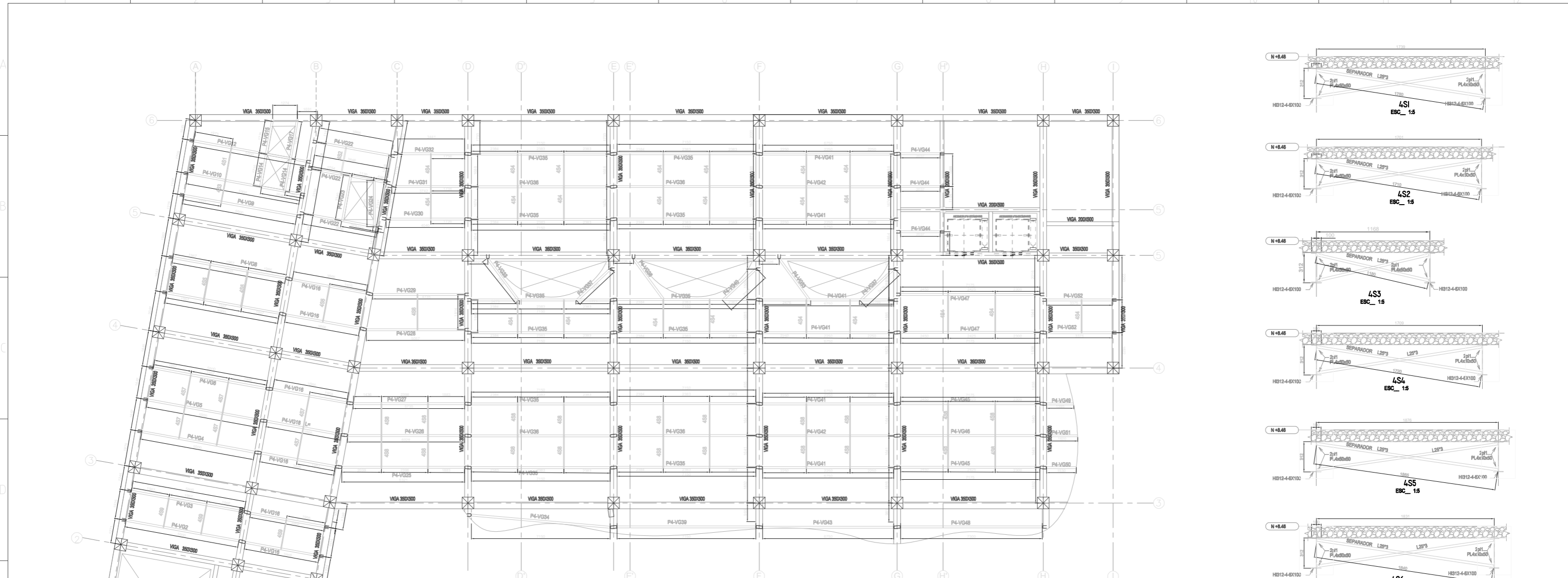
DESCRIPCIÓN: PLANO AS-BUILT-ESTRUCTURAL NIVEL N+4.86

ESCALA: AX

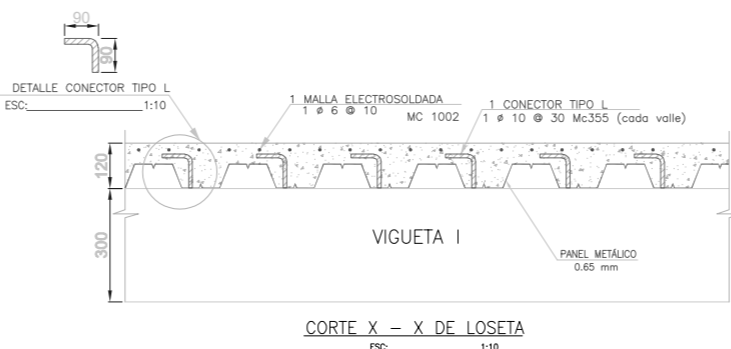
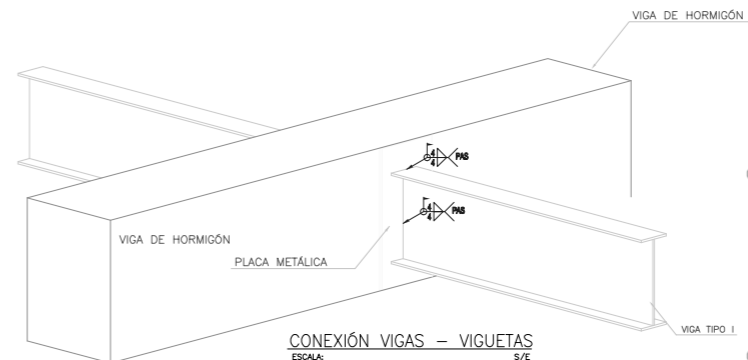
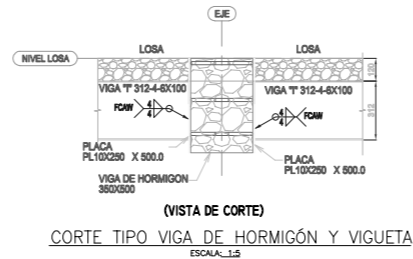
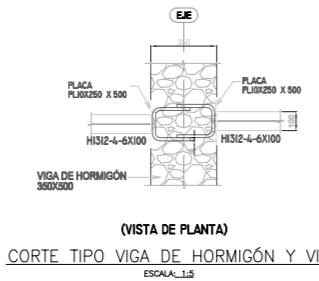
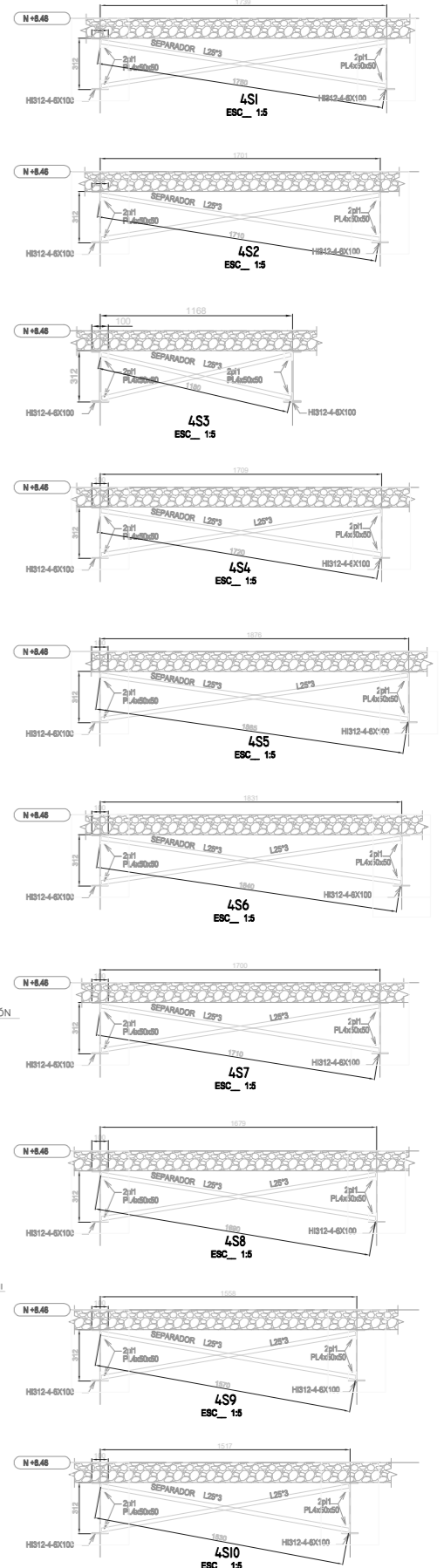
ESCALA: NONE

CEC-CEC-AS-BUILT- EST-003-000

1 DE 2



LOSA N+8.46
 AREA = 1200.59 m²
 ESCALA: :100



NOTAS GENERALES

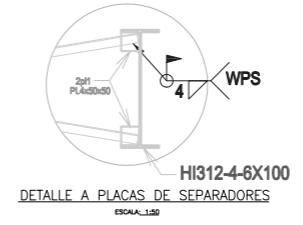
- Las dimensiones están dadas en mm.
- Si no se especifica, los cordones son de filete de 0,71, de acuerdo a la AWS D1.1.
- Resistencia mínima de soldadura E70XX.
- Las tolerancias de montaje están de acuerdo a la norma AISC 303-05.
- Se aplica pintura anticorrosiva.
- Se detalla todos los elementos instalados (Vigas, placas, separadores.)

ESTE PLANO CONTIENE INFORMACIÓN CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA CEE. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSIÓN, COPIA O USO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE LA CEE.

EPN TECH CENTRO DE INGENIERÍA DEL EJÉRCITO

AS BUILT - APROBADO

CONTRATISTA CEE:	FECHA:	FIRMA:
FISCALIZADOR EPN TECH:		
ADMINISTRADOR EPN:		



NO.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DEBIDA	REVISÓ	APROBÓ	REVISOR / REVISOR GENERAL	PROBÓ	FECHA
01	AS-BUILT-EST	28/04/2021	DR. B. FERRERAS	INGENIERO PABLO	ING. PABLO PINTO	INGENIERO PABLO PINTO	ING. PABLO PINTO	11/11
								11/11
								11/11
								11/11
								11/11
								11/11

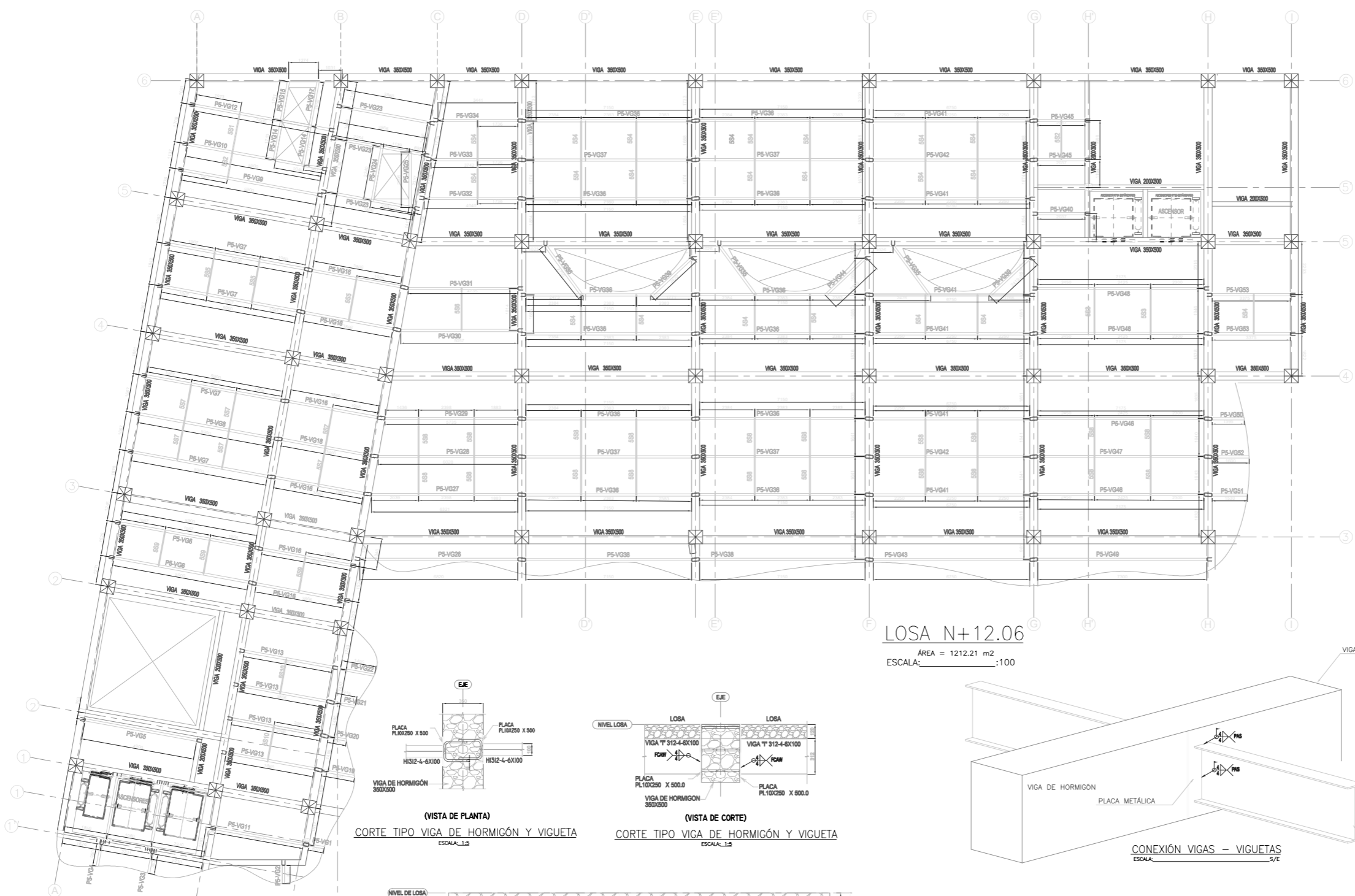
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL BARRIO PARA LA AMPLIACIÓN DEL CENTRO DE EDUCACIÓN CONTINUA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

DESCRIPCIÓN: PLANO AS-BUILT-ESTRUCTURAL NIVEL N+8.46.

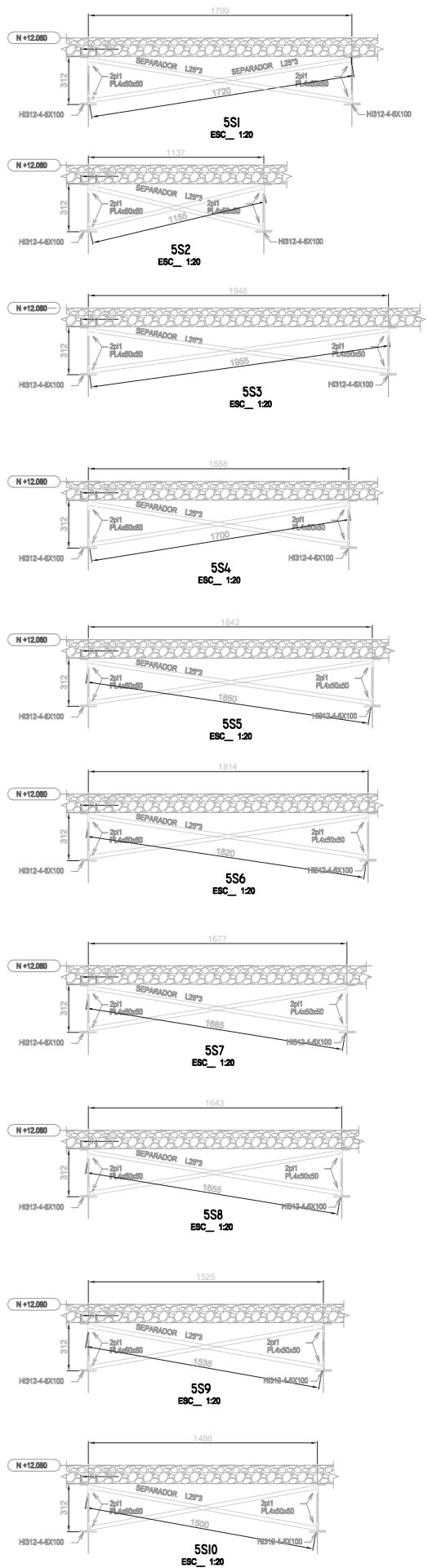
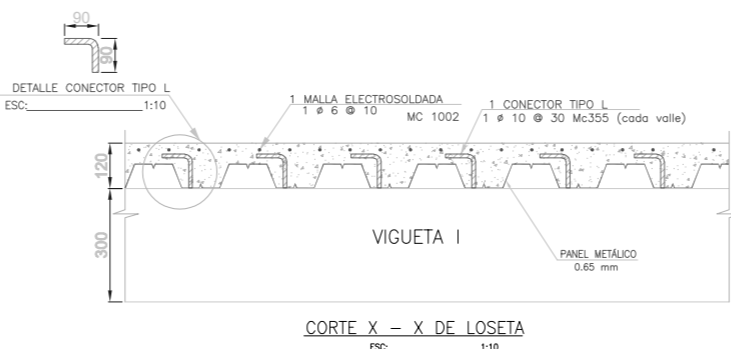
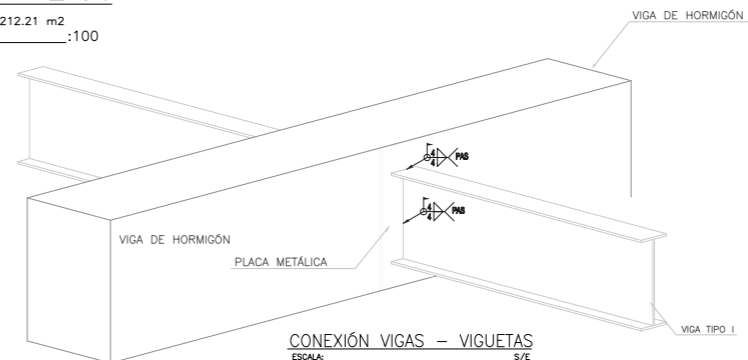
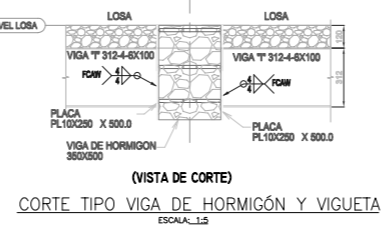
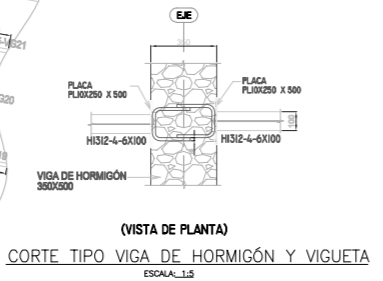
ELABORÓ: AX ESCALA: NONE

REVISOR: CEE-CEC-AS-BUILT- EST-004-000

PÁGINA: 1 DE 2



LOSA N+12.06
 ÁREA = 1212.21 m²
 ESCALA: _____ :100



NOTAS GENERALES

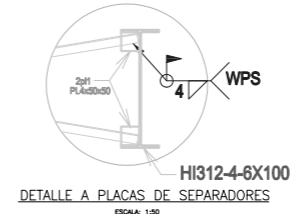
- Las dimensiones están dadas en mm.
- Si no se especifica, los cordones son de filete de 0,7l, de acuerdo a la AWS D1.1.
- Resistencia mínima de soldadura E70XX.
- Las tolerancias de montaje están de acuerdo a la norma AISC 303-05.
- Se aplica pintura anticorrosiva.
- Se detalla todos los elementos instalados (Vigas, placas, separadores.)

ESTE PLANO CONTIENE INFORMACIÓN CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA CEE. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSIÓN, COPIA O USO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE LA CEE.

EPI TECH CENTRO DE INGENIERÍA DEL EJÉRCITO ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

AS BUILT - APROBADO

CONTRATISTA CEE:	FECHA:	FIRMA:
FISCALIZADOR EPI TECH:		
ADMINISTRADOR EPI:		



NO.	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORADO	REVISADO	APROBADO	REVISADO / REVISOR (OBSER.)	TIPO	FECHA
01	AS-BUILT-REV	28/04/2021	DR. B. FERRERAS	DR. B. FERRERAS	DR. B. FERRERAS		REV.	

EPI TECH ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

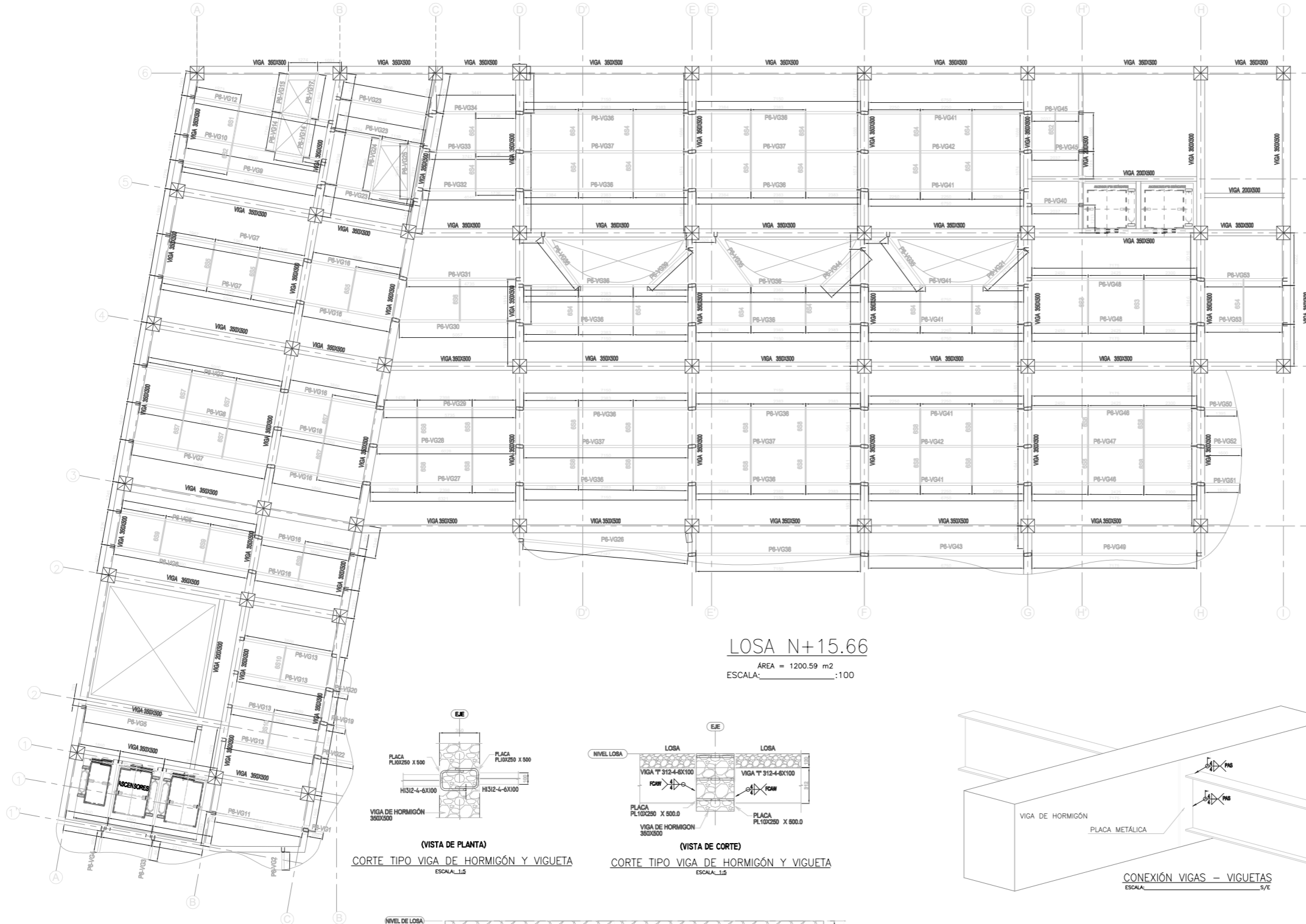
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL SERVIDOR PARA LA AMPLIACIÓN DEL CENTRO DE EDUCACIÓN CONTINUA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

DESCRIPCIÓN: PLANO AS-BUILT-ESTRUCTURAL NIVEL N+12.06.

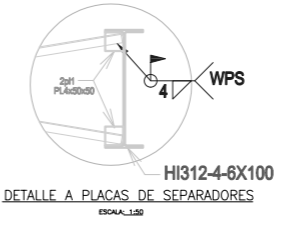
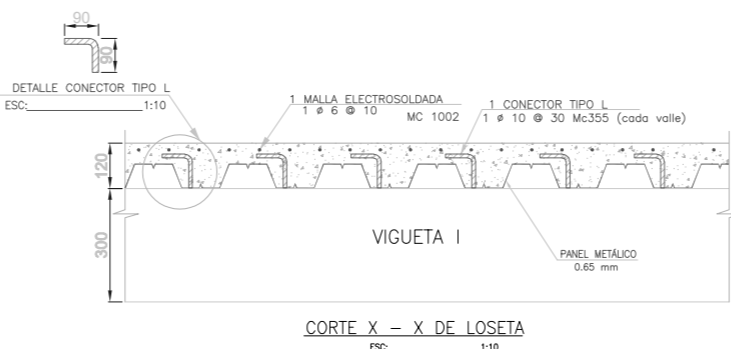
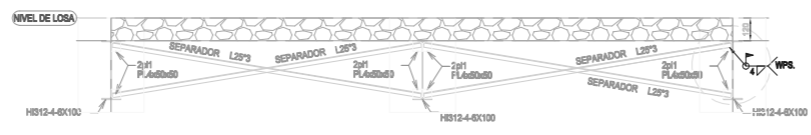
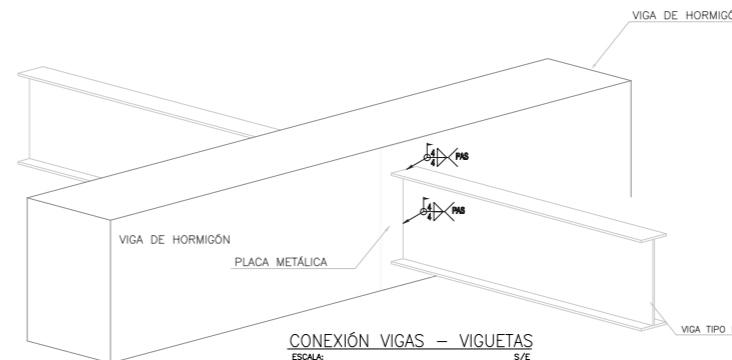
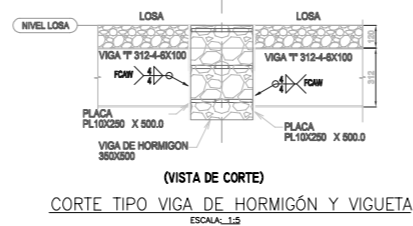
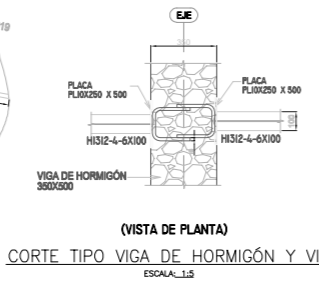
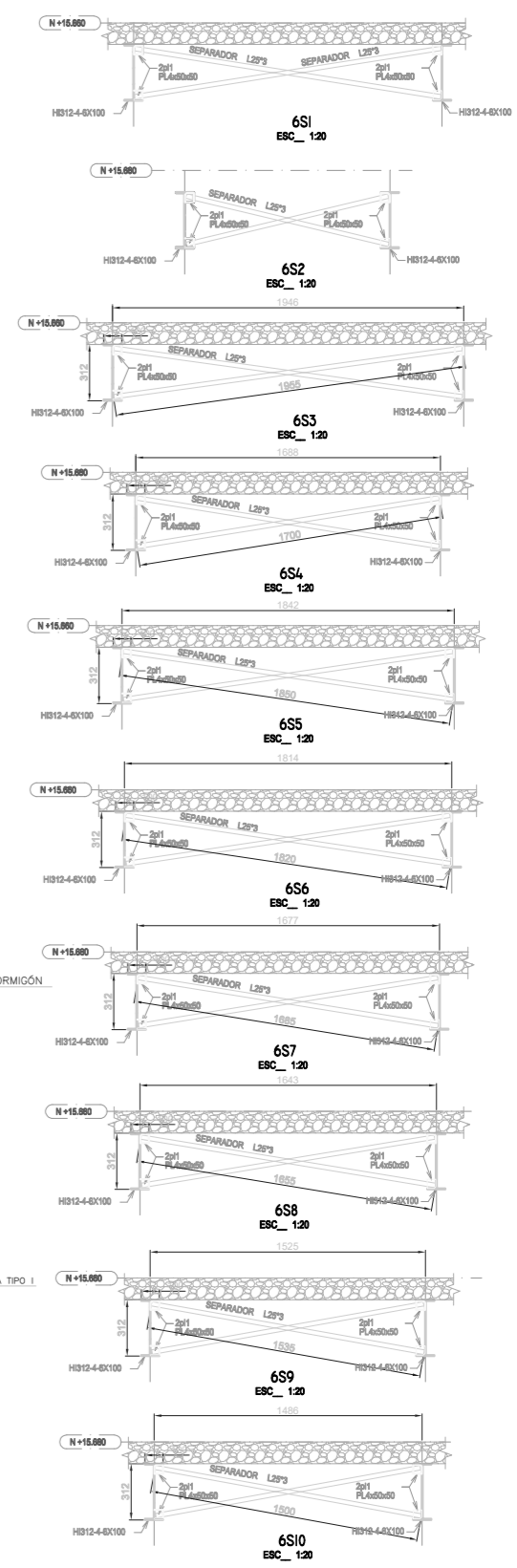
ELABORADO: AX
 ESCALA: NONE

PROYECTO: CEE-CEC-AS-BUILT-EST-005-000

PÁGINA: 1 DE 2



LOSA N+15.66
 AREA = 1200.59 m²
 ESCALA: 1:100



NOTAS GENERALES

- Las dimensiones están dadas en mm.
- Si no se especifica, los cordones son de filete de 0,7l, de acuerdo a la AWS D1.1.
- Resistencia mínima de soldadura E70XX.
- Las tolerancias de montaje están de acuerdo a la norma AISC 303-05.
- Se aplica pintura anticorrosiva.
- Se detalla todos los elementos instalados (Vigas, placas, separadores.)

ESTE PLANO CONTIENE INFORMACIÓN CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA CEE. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSIÓN, COPIA O USO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE LA CEE.

EPI TECH CENTRO DE INGENIERÍA DEL EJÉRCITO

AS BUILT - APROBADO

CONTRATISTA CEE:	FECHA:	FIRMA:
FISCALIZADOR EPI TECH:		
ADMINISTRADOR EPN:		

NO.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DEBIDO	REVISADO	APROBADO	REVISOR / REVISOR GENERAL	PROYECTO	FECHA
01	AS-BUILT-EST	28/04/2021	DR. B. FERRERAS	DR. B. FERRERAS	DR. B. FERRERAS	DR. B. FERRERAS	CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO PARA LA AMPLIACIÓN DEL CENTRO DE EDUCACIÓN CONTINUA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	11/11
							PROYECTO:	11/11
							REVISOR:	11/11
							PROYECTO:	11/11
							PROYECTO:	11/11
							PROYECTO:	11/11
							PROYECTO:	11/11
							PROYECTO:	11/11

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO PARA LA AMPLIACIÓN DEL CENTRO DE EDUCACIÓN CONTINUA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

REVISOR: DR. B. FERRERAS

PROYECTO: CAPTAN A. BARRERA

PROYECTO: DR. PABLO PINTO

PROYECTO: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

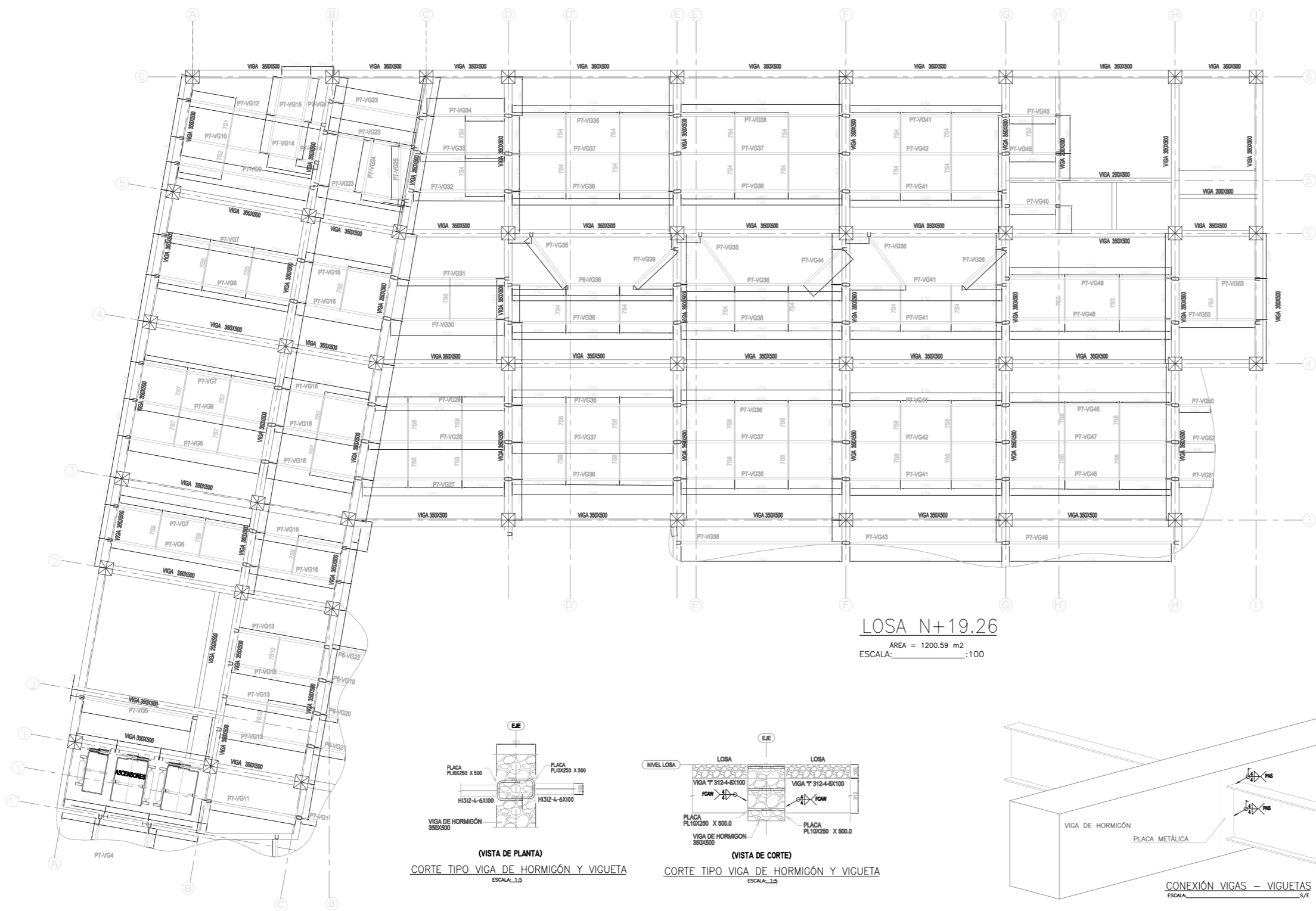
PROYECTO: PLANO AS-BUILT-ESTRUCTURAL NIVEL N +15.66.

PROYECTO: ESCALA: NONE

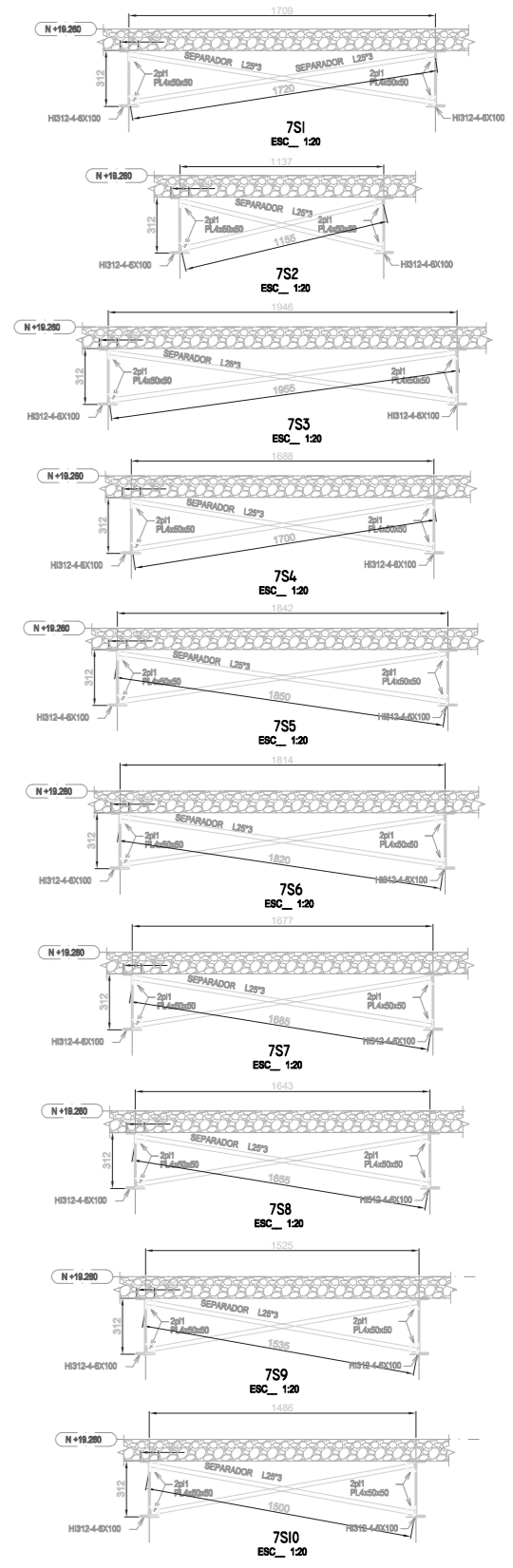
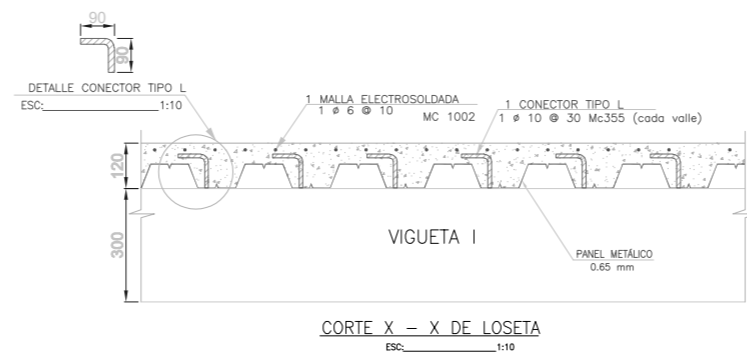
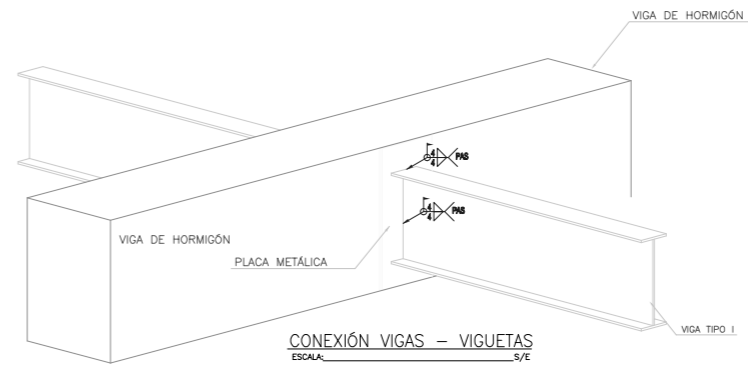
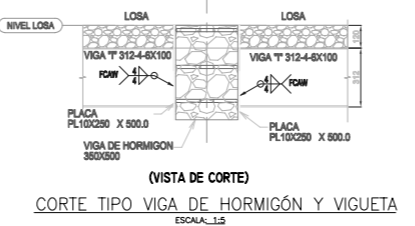
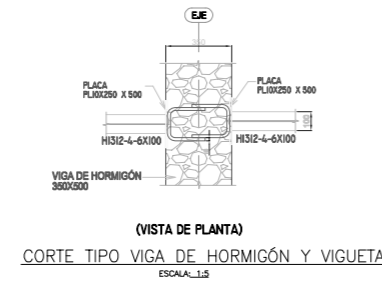
PROYECTO: CEE-CEC-AS-BUILT- EST-006-006

PROYECTO: 1 DE 2

PROYECTO: 00



LOSA N+19.26
 AREA = 1200.59 m²
 ESCALA: 1:100



NOTAS GENERALES

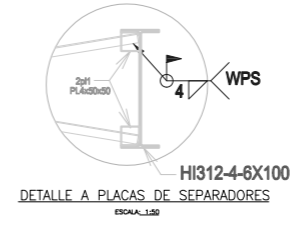
- Las dimensiones están dadas en mm.
- Si no se especifica, los cordones son de filete de 0,71, de acuerdo a la AWS D1.1.
- Resistencia mínima de soldadura E70XX.
- Las tolerancias de montaje están de acuerdo a la norma AISC 303-05.
- Se aplica pintura anticorrosiva.
- Se detalla todos los elementos instalados (Vigas, placas, separadores.)

ESTE PLANO CONTIENE INFORMACIÓN CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA CEE. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSIÓN, COPIA O USO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE LA CEE.

EPI TECH CENTRO DE INGENIERÍA DEL EJÉRCITO

AS BUILT - APROBADO

FECHA	FIRMA
CONTRATISTA CEE	
FISCALIZADOR EPI TECH	
ADMINISTRADOR EPI	



NO.	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELAB.	REVIS.	APROB.	REVISOR / REVISOR GENERAL	TIPO	FECHA
01	AS-BUILT-EST	28/04/2021	ING. B. FERRER	ING. B. FERRER	ING. B. FERRER	ING. B. FERRER	ESTR.	11/11
								11/11
								11/11
								11/11
								11/11
								11/11

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL BARRIO PARA LA AMPLIACIÓN DEL CENTRO DE EDUCACIÓN CONTINUA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

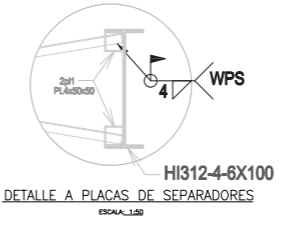
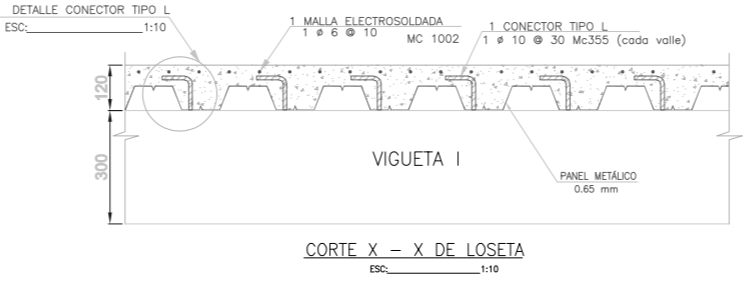
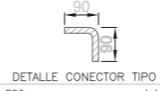
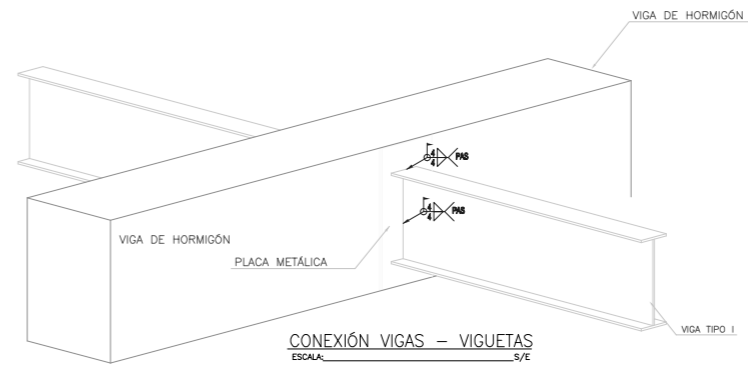
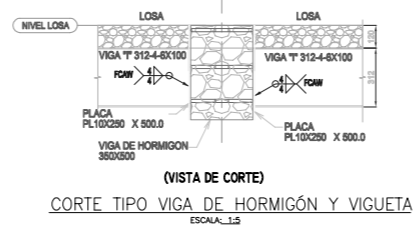
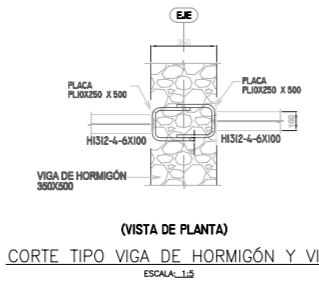
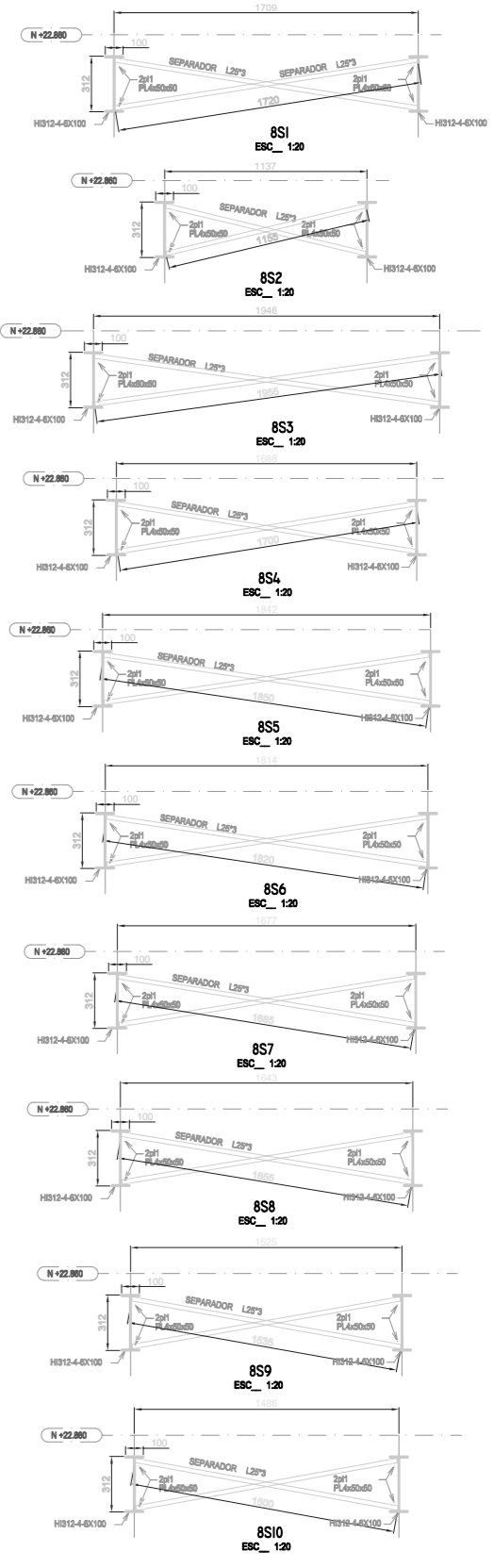
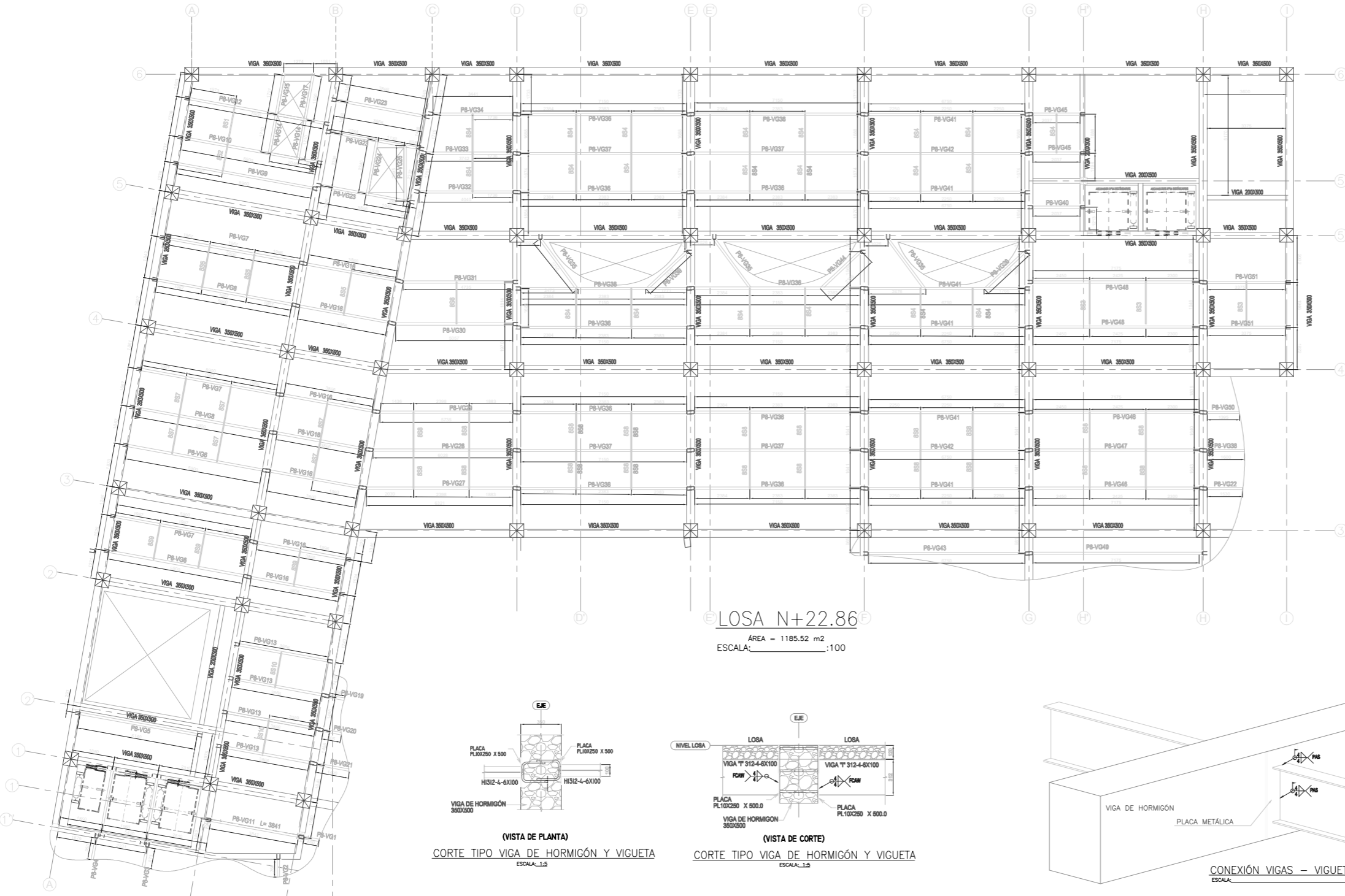
DESCRIPCIÓN: PLANO AS-BUILT-ESTRUCTURAL NIVEL N+19.26.

ESCALA: AX

ESCALA: NONE

CEC-CEC-AS-BUILT- EST-007-006

1 DE 1 00



NOTAS GENERALES

- Las dimensiones están dadas en mm.
- Si no se especifica, los cordones son de filete de 0,71, de acuerdo a la AWS D1.1.
- Resistencia mínima de soldadura E70XX.
- Las tolerancias de montaje están de acuerdo a la norma AISC 303-05.
- Se aplica pintura anticorrosiva.
- Se detalla todos los elementos instalados (Vigas, placas, separadores.)

ESTE PLANO CONTIENE INFORMACIÓN CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA CEE. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSIÓN, COPIA O USO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE LA CEE.

EPN TECH CENTRO DE INGENIERÍA DEL EJÉRCITO ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

AS BUILT - APROBADO

CONTRATISTA CEE	FECHA	FIRMA
FISCALIZADOR EPN TECH		
ADMINISTRADOR EPN		

NO.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DEBIDO	REVISADO	APROBADO	REVISADO / REVISOR (CÓDIGO)	FECHA
01	AS-BUILT-REV	28/04/2021	DR. B. FERRERAS	ING.ER. PARRAMIAN	ING.ER. PARRAMIAN		11/1
							11/1
							11/1
							11/1
							11/1

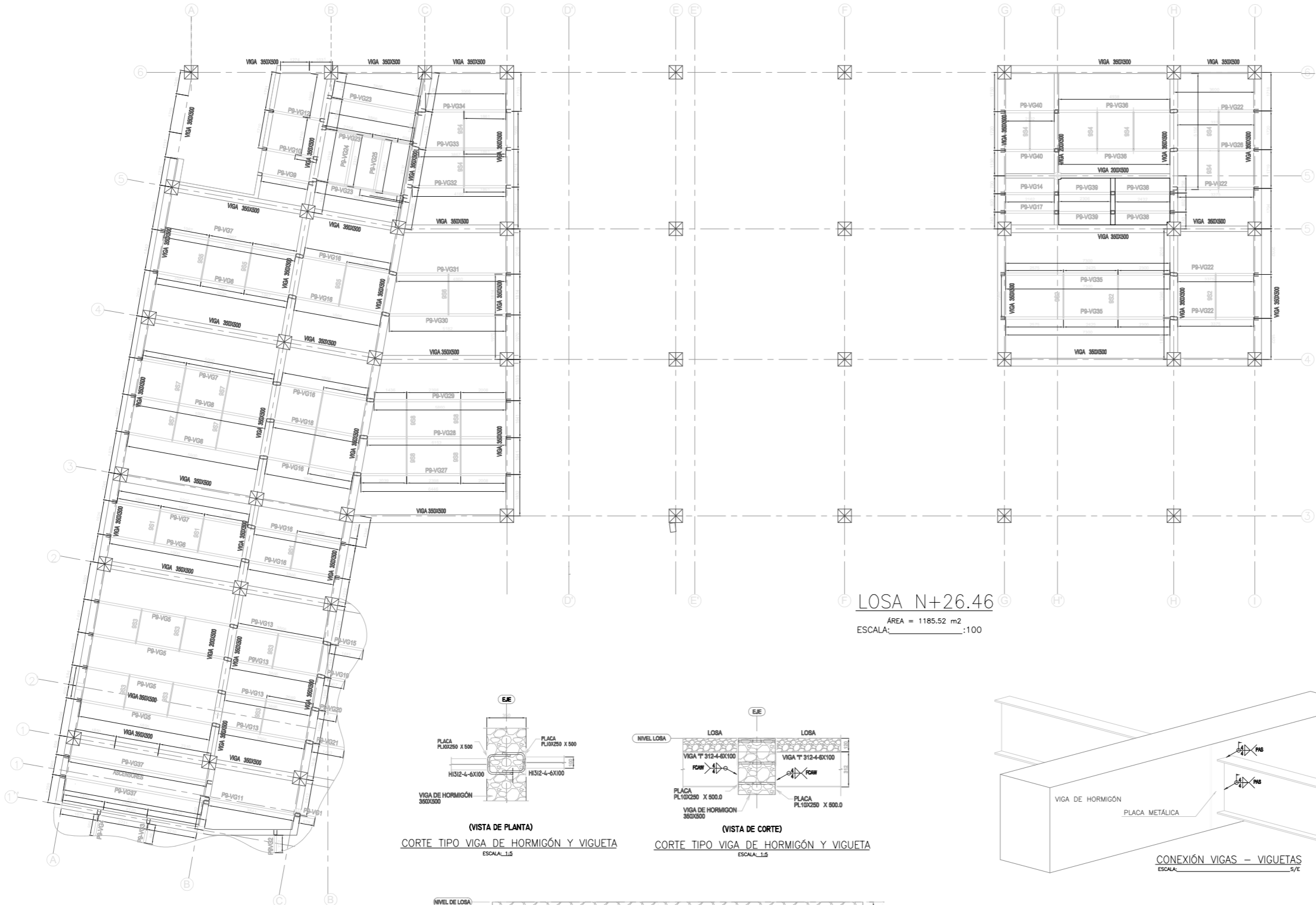
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO PARA LA AMPLIACIÓN DEL CENTRO DE EDUCACIÓN CONTINUA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

DESCRIPCIÓN: PLANO AS-BUILT-ESTRUCTURAL NIVEL N +22.86.

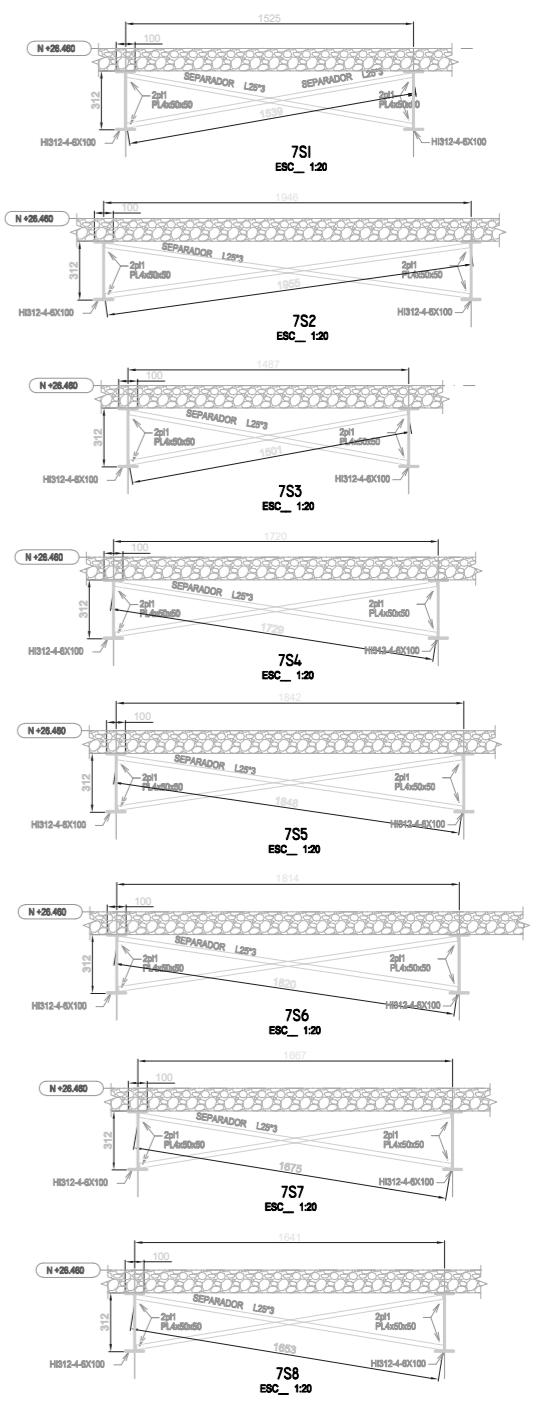
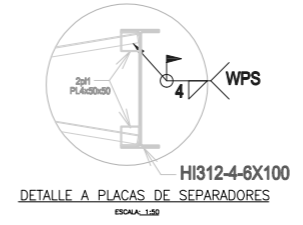
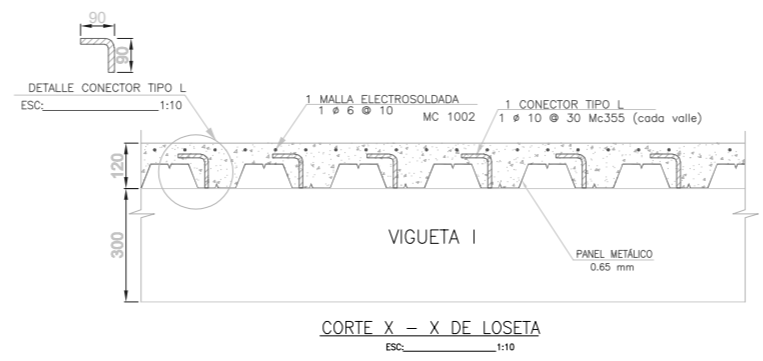
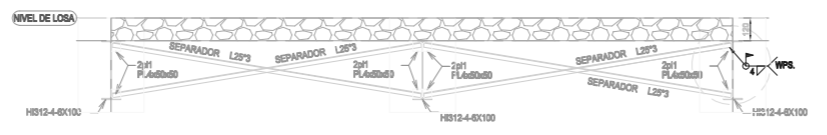
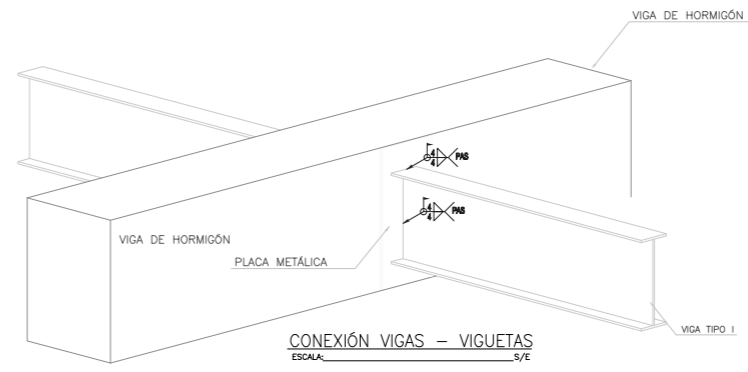
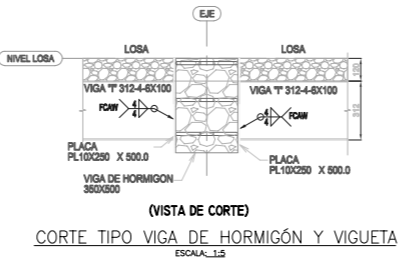
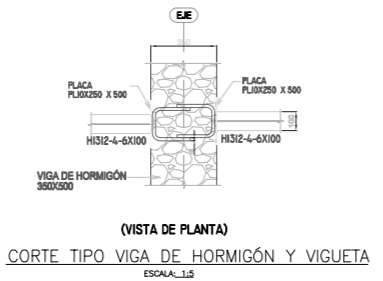
ESCALA: NONE

CEC-CEC-AS-BUILT- EST-008-000

1 DE 1



LOSA N+26.46
 ÁREA = 1185.52 m²
 ESCALA: 1:100



NOTAS GENERALES

- Las dimensiones están dadas en mm.
- Si no se especifica, los cordones son de filete de 0,7l, de acuerdo a la AWS D1.1.
- Resistencia mínima de soldadura E70XX.
- Las tolerancias de montaje están de acuerdo a la norma AISC 303-05.
- Se aplica pintura anticorrosiva.
- Se detalla todos los elementos instalados (Vigas, placas, separadores.)

ESTE PLANO CONTIENE INFORMACIÓN CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA CEE. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSIÓN, COPIA O USO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE LA CEE.

EPI-TECH CENTRO DE INGENIERÍA DEL EJÉRCITO

AS BUILT - APROBADO

CONTRATISTA CEE:	FECHA:	FIRMA:
FISCALIZADOR EPI-TECH:		
ADMINISTRADOR EPN:		

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORADO	REVISADO	APROBADO	REVISADO / REVISOR (CÓDIGO)	TIPO	FECHA
01	AS-BUILT-EST	28/04/2021	ING. B. FERRERAS	ING. B. FERRERAS	ING. B. FERRERAS		III	

EPI-TECH ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL BARRIO PARA LA AMPLIACIÓN DEL CENTRO DE EDUCACIÓN CONTINUA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

DESCRIPCIÓN: PLANO AS-BUILT-ESTRUCTURAL NIVEL N +26.46.

ELABORADO: AX
 ESCALA: NONE

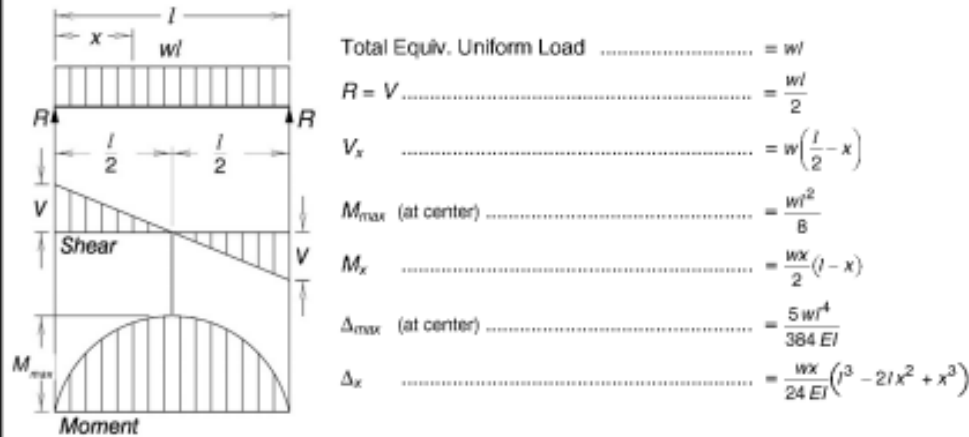
CEC-CEC-AS-BUILT- EST-009-000

1 DE 1

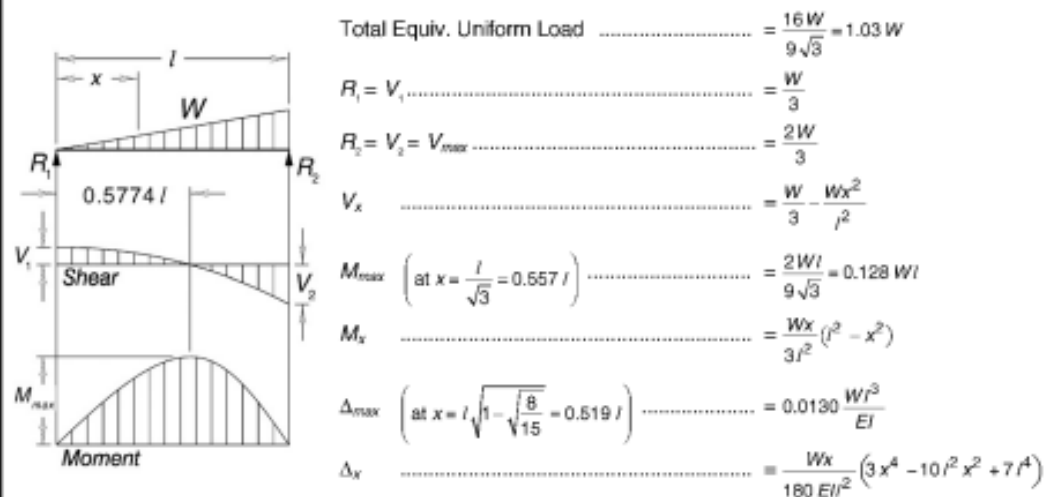
ANEXO II

Table 3-23 Shears, Moments and Deflections

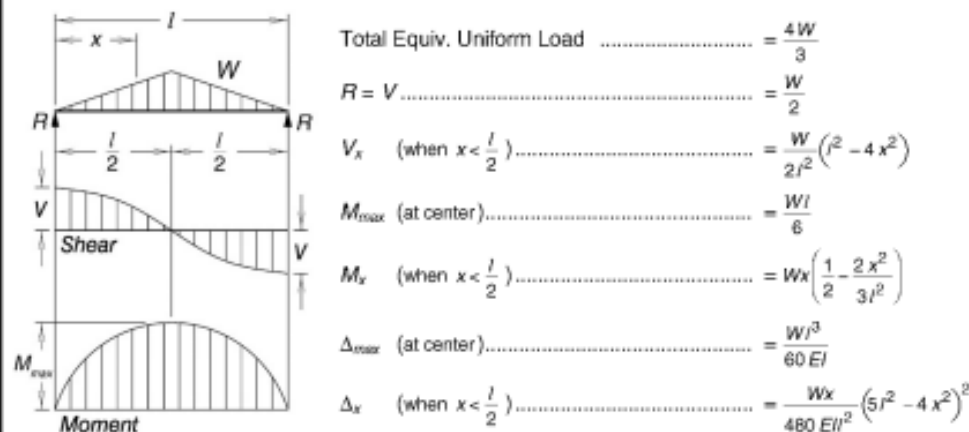
1. SIMPLE BEAM — UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD



2. SIMPLE BEAM — LOAD INCREASING UNIFORMLY TO ONE END



3. SIMPLE BEAM — LOAD INCREASING UNIFORMLY TO CENTER



$F_y = 50$ ksi

Table 3-2
W-Shapes
Selection by Z_x

Z_x

Shape	Z_x	M_{px}/Ω_b	$\phi_b M_{px}$	M_{rx}/Ω_b	$\phi_b M_{rx}$	BF/Ω_b	$\phi_b BF$	L_p	L_r	I_x	V_{rx}/Ω_v	$\phi_v V_{rx}$
		kip-ft	kip-ft	kip-ft	kip-ft	kips	kips				kips	kips
	in. ³	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ft	ft	in. ⁴	ASD	LRFD
W36×652 ^h	2910	7260	10900	4300	6460	46.8	70.3	14.5	77.7	50600	1620	2430
W40×593 ^h	2760	6890	10400	4090	6140	55.4	84.4	13.4	63.9	50400	1540	2310
W36×529 ^h	2330	5810	8740	3480	5220	46.4	70.1	14.1	64.3	39600	1280	1920
W40×503 ^h	2320	5790	8700	3460	5200	55.3	83.1	13.1	55.2	41600	1300	1950
W36×487 ^h	2130	5310	7990	3200	4800	46.0	69.5	14.0	59.9	36000	1180	1770
W40×431 ^h	1960	4890	7350	2950	4440	53.6	80.4	12.9	49.1	34800	1110	1660
W36×441 ^h	1910	4770	7160	2880	4330	45.3	67.9	13.8	55.5	32100	1060	1590
W27×539 ^h	1890	4720	7090	2740	4120	26.2	39.3	12.9	88.5	25600	1280	1920
W40×397 ^h	1800	4490	6750	2720	4100	52.4	78.4	12.9	46.7	32000	1000	1500
W40×392 ^h	1710	4270	6410	2510	3780	60.8	90.8	9.33	38.3	29900	1180	1770
W36×395 ^h	1710	4270	6410	2600	3910	44.9	67.2	13.7	50.9	28500	937	1410
W40×372 ^h	1680	4190	6300	2550	3830	51.7	77.9	12.7	44.4	29600	942	1410
W14×730 ^h	1660	4140	6230	2240	3360	7.35	11.1	16.6	275	14300	1380	2060
W40×362 ^h	1640	4090	6150	2480	3730	51.4	77.3	12.7	44.0	28900	909	1360
W44×335	1620	4040	6080	2460	3700	59.4	89.5	12.3	38.9	31100	906	1360
W33×387 ^h	1560	3890	5850	2360	3540	38.3	57.8	13.3	53.3	24300	907	1360
W36×361 ^h	1550	3870	5810	2360	3540	43.6	65.6	13.6	48.2	25700	851	1280
W14×665 ^h	1480	3690	5550	2010	3020	7.10	10.7	16.3	253	12400	1220	1830
W40×324	1460	3640	5480	2240	3360	49.0	74.1	12.6	41.2	25600	804	1210
W30×391 ^h	1450	3620	5440	2180	3280	31.4	47.2	13.0	58.8	20700	903	1350
W40×331 ^h	1430	3570	5360	2110	3180	59.1	88.2	9.08	33.8	24700	996	1490
W33×354 ^h	1420	3540	5330	2170	3260	37.4	56.6	13.2	49.8	22000	826	1240
W44×290	1410	3520	5290	2170	3260	54.9	82.5	12.3	36.9	27000	754	1130
W40×327 ^h	1410	3520	5290	2100	3150	58.0	87.4	9.11	33.6	24500	963	1440
W36×330	1410	3520	5290	2170	3260	42.2	63.4	13.5	45.5	23300	769	1150
W40×297	1330	3320	4990	2040	3070	47.8	71.6	12.5	39.3	23200	740	1110
W30×357 ^h	1320	3290	4950	1990	2990	31.3	47.2	12.9	54.4	18700	813	1220
W14×605 ^h	1320	3290	4950	1820	2730	6.81	10.3	16.1	232	10800	1090	1630
W36×302	1280	3190	4800	1970	2970	40.5	60.8	13.5	43.6	21100	705	1060

$F_y = 50$ ksi

Table 3-2 (continued)
W-Shapes
Selection by Z_x

Z_x

Shape	Z_x	M_{px}/Ω_b	$\phi_b M_{px}$	M_{rx}/Ω_b	$\phi_b M_{rx}$	BF/Ω_b	$\phi_b BF$	L_p	L_r	I_x	V_{tx}/Ω_v	$\phi_v V_{tx}$
		kip-ft	kip-ft	kip-ft	kip-ft	kips	kips				kips	kips
	in. ³	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ft	ft	in. ⁴	ASD	LRFD
W30×116	378	943	1420	575	864	24.8	37.4	7.74	22.6	4930	339	509
W21×147	373	931	1400	575	864	13.7	20.7	10.4	36.3	3630	318	477
W24×131	370	923	1390	575	864	16.3	24.6	10.5	31.9	4020	296	445
W18×158	356	888	1340	541	814	10.5	15.9	9.68	42.8	3060	319	479
W14×193	355	886	1330	541	814	5.30	7.93	14.3	79.4	2400	276	414
W12×210	348	868	1310	510	767	4.25	6.45	11.6	95.8	2140	347	520
W30×108	346	863	1300	522	785	23.5	35.5	7.59	22.1	4470	325	487
W27×114	343	856	1290	522	785	21.7	32.8	7.70	23.1	4080	311	467
W21×132	333	831	1250	515	774	13.2	19.9	10.3	34.2	3220	283	425
W24×117	327	816	1230	508	764	15.4	23.3	10.4	30.4	3540	267	401
W18×143	322	803	1210	493	740	10.3	15.7	9.61	39.6	2750	285	427
W14×176	320	798	1200	491	738	5.20	7.83	14.2	73.2	2140	252	378
W30×99	312	778	1170	470	706	22.2	33.4	7.42	21.3	3990	309	463
W12×190	311	776	1170	459	690	4.18	6.33	11.5	87.3	1890	305	458
W21×122	307	766	1150	477	717	12.9	19.3	10.3	32.7	2960	260	391
W27×102	305	761	1140	466	701	20.1	29.8	7.59	22.3	3620	279	419
W18×130	290	724	1090	447	672	10.2	15.4	9.54	36.6	2460	259	388
W24×104	289	721	1080	451	677	14.3	21.3	10.3	29.2	3100	241	362
W14×159	287	716	1080	444	667	5.17	7.85	14.1	66.7	1900	224	335
W30×90	283	706	1060	428	643	20.6	30.8	7.38	20.9	3610	249	374
W24×103	280	699	1050	428	643	18.2	27.4	7.03	21.9	3000	270	404
W21×111	279	696	1050	435	654	12.4	18.9	10.2	31.2	2670	237	355
W27×94	278	694	1040	424	638	19.1	28.5	7.49	21.6	3270	264	395
W12×170	275	686	1030	410	617	4.11	6.15	11.4	78.5	1650	269	403
W18×119	262	654	983	403	606	10.1	15.2	9.50	34.3	2190	249	373
W14×145	260	649	975	405	609	5.13	7.69	14.1	61.7	1710	201	302
W24×94	254	634	953	388	583	17.3	26.0	6.99	21.2	2700	250	375
W21×101	253	631	949	396	596	11.8	17.7	10.2	30.1	2420	214	321
W27×84	244	609	915	372	559	17.6	26.4	7.31	20.8	2850	246	368
W12×152	243	606	911	365	549	4.06	6.10	11.3	70.6	1430	238	358
W14×132	234	584	878	365	549	5.15	7.74	13.3	55.8	1530	190	284
W18×106	230	574	863	356	536	9.73	14.6	9.40	31.8	1910	221	331



HSS20-HSS16

Table 4-3
Available Strength in
Axial Compression, kips
Rectangular HSS

$F_y = 46 \text{ ksi}$

Shape		HSS20×12×								HSS16×12×			
		$\frac{5}{8}$		$\frac{1}{2}^c$		$\frac{3}{8}^c$		$\frac{5}{16}^c$		$\frac{5}{8}$		$\frac{1}{2}$	
t_{design} , in.		0.581		0.465		0.349		0.291		0.581		0.465	
lb/ft		127		103		78.5		65.9		110		89.7	
Design		P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$
		ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD
Effective length, KL (ft), with respect to least radius of gyration, r_y	0	964	1450	740	1110	495	743	375	563	835	1250	678	1020
	6	950	1430	732	1100	490	737	372	560	822	1240	668	1000
	7	945	1420	730	1100	488	734	372	558	818	1230	664	998
	8	940	1410	726	1090	487	731	370	557	812	1220	660	992
	9	933	1400	723	1090	484	728	369	555	807	1210	655	985
	10	926	1390	719	1080	482	725	368	553	800	1200	650	978
	11	919	1380	714	1070	480	721	367	551	793	1190	645	969
	12	910	1370	709	1070	477	717	365	549	786	1180	639	960
	13	901	1350	704	1060	474	712	363	546	777	1170	632	950
	14	892	1340	698	1050	470	707	361	543	769	1160	625	940
	15	881	1320	692	1040	467	702	360	540	759	1140	618	929
	16	871	1310	685	1030	463	696	357	537	749	1130	610	917
	17	859	1290	678	1020	459	690	355	534	739	1110	602	905
	18	847	1270	671	1010	455	684	353	530	728	1090	593	892
	19	835	1250	663	997	451	677	350	526	717	1080	584	878
	20	822	1240	655	985	446	670	347	522	705	1060	575	864
	21	809	1220	647	972	441	663	345	518	693	1040	565	850
	22	795	1190	638	959	436	656	342	513	681	1020	556	835
	23	781	1170	629	945	431	648	338	509	668	1000	545	820
	24	766	1150	619	931	425	639	335	504	655	985	535	804
	25	752	1130	610	916	420	631	331	497	642	965	524	788
	26	736	1110	599	901	414	622	327	491	628	944	514	772
	27	721	1080	587	882	408	613	322	485	614	923	503	755
	28	705	1060	575	864	402	604	318	478	600	902	491	738
	29	690	1040	562	845	395	594	313	471	586	881	480	721
	30	673	1010	549	826	389	584	309	464	572	859	468	704
	32	641	963	523	787	375	563	299	449	543	816	445	669
	34	608	914	497	747	361	542	289	434	513	772	422	634
36	575	864	471	708	346	519	278	418	484	727	398	599	
38	542	815	444	668	330	496	267	401	455	684	375	563	
40	510	766	418	629	314	472	255	384	426	640	352	528	

$F_y = 46$ ksi

Table 4-3 (continued)
Available Strength in
Axial Compression, kips
Rectangular HSS



HSS16

Shape		HSS16×12×				HSS16×8×							
		³ / ₈ ^c		⁵ / ₁₆ ^c		⁵ / ₈		¹ / ₂		³ / ₈ ^c		⁵ / ₁₆ ^c	
f_{design} , in.		0.349		0.291		0.581		0.465		0.349		0.291	
lb/ft		68.3		57.4		93.3		76.1		58.1		48.9	
Design		P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$
		ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD
Effective length, KL (ft), with respect to least radius of gyration, r_y	0	479	720	364	547	708	1060	576	865	405	609	310	466
	6	474	712	361	543	685	1030	558	838	396	595	304	457
	7	472	710	360	541	677	1020	551	829	393	590	302	454
	8	470	706	359	540	668	1000	544	818	389	585	299	450
	9	468	703	358	537	658	989	536	806	385	579	297	446
	10	465	699	356	535	647	972	527	792	380	572	294	441
	11	462	694	354	533	634	954	518	778	375	564	290	436
	12	459	689	353	530	621	934	507	762	370	556	286	430
	13	455	684	351	527	607	913	496	746	364	547	282	424
	14	451	678	348	524	593	891	485	728	358	537	278	418
	15	447	672	346	520	577	868	472	710	351	527	273	411
	16	443	665	344	516	561	844	460	691	344	516	268	403
	17	438	658	341	512	545	819	447	671	336	505	263	395
	18	433	651	338	508	528	793	433	651	328	493	258	387
	19	428	644	335	504	510	767	419	630	320	480	252	378
	20	423	635	332	499	493	741	405	609	311	467	246	369
	21	417	627	329	494	475	714	391	587	302	453	239	360
	22	411	618	325	489	457	686	376	565	292	438	233	350
	23	405	609	321	482	438	659	362	544	281	422	226	340
	24	399	600	316	475	420	631	347	522	270	405	219	329
25	393	590	312	468	402	604	332	500	259	389	212	319	
26	386	580	307	461	384	577	318	478	248	372	205	307	
27	379	570	302	454	366	550	303	456	237	356	197	296	
28	372	559	297	446	348	523	289	434	226	339	189	284	
29	365	548	292	438	330	497	275	413	215	323	181	273	
30	357	537	286	430	313	471	261	392	205	307	173	260	
32	341	513	275	414	280	421	234	352	184	277	156	235	
34	324	487	264	396	248	373	208	313	164	247	140	210	
36	306	460	252	378	221	333	186	279	146	220	125	188	
38	288	433	239	360	199	299	167	250	131	197	112	168	
40	271	407	227	341	179	269	150	226	119	178	101	152	

$F_y = 46$ ksi

Table 4-4 (continued)
Available Strength in
Axial Compression, kips
Square HSS



HSS14-HSS12

Shape	HSS14×14×		HSS12×12×										
	5/16 ^c		5/8		1/2		3/8		5/16 ^c		1/4 ^c		
t_{design} , in.	0.291		0.581		0.465		0.349		0.291		0.233		
lb/ft	57.4		93.3		76.1		58.1		48.9		39.4		
Design	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	
	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	
Effective length, KL (ft), with respect to least radius of gyration, r_y	0	366	551	708	1060	576	865	441	662	350	526	239	359
	6	364	547	696	1050	567	852	434	652	347	521	237	356
	7	363	546	692	1040	563	847	431	648	345	519	236	355
	8	362	545	688	1030	560	841	429	644	344	517	236	354
	9	361	543	682	1030	555	835	426	640	342	515	235	353
	10	360	541	676	1020	551	828	422	634	340	512	234	351
	11	359	539	670	1010	546	820	418	629	338	509	233	350
	12	357	537	663	997	540	812	414	622	336	505	232	348
	13	356	535	656	985	534	803	410	616	334	502	230	346
	14	354	532	648	973	528	793	405	609	331	498	229	344
	15	352	529	639	961	521	783	400	601	328	494	227	342
	16	350	526	630	947	514	773	394	593	325	489	226	339
	17	348	523	621	933	507	761	389	584	322	484	224	337
	18	346	520	611	918	499	750	383	576	319	479	222	334
	19	344	516	601	903	491	738	377	567	315	474	220	331
	20	341	513	590	887	482	725	371	557	311	468	218	328
	21	339	509	580	871	474	712	364	547	306	459	216	325
	22	336	505	568	854	465	699	357	537	300	451	214	321
	23	333	500	557	837	456	685	351	527	294	442	211	318
	24	330	496	545	819	446	671	343	516	289	434	209	314
25	327	491	533	801	437	656	336	505	283	425	206	310	
26	323	486	521	783	427	642	329	494	276	416	203	306	
27	320	481	509	764	417	627	321	483	270	406	201	301	
28	316	476	496	745	407	612	314	472	264	397	198	297	
29	313	470	483	726	397	597	306	460	258	387	194	292	
30	309	464	471	707	387	581	298	449	251	378	191	287	
32	301	452	445	669	366	550	283	425	238	358	184	277	
34	292	439	419	630	345	519	267	402	225	338	177	266	
36	283	425	393	591	325	488	251	378	212	319	169	254	
38	273	411	368	552	304	457	236	354	199	299	161	242	
40	263	395	342	515	284	426	220	331	186	280	151	228	



HSS12-HSS10

Table 4-4 (continued)
**Available Strength in
 Axial Compression, kips**
Square HSS

$F_y = 46$ ksi

Shape		HSS12×12×		HSS10×10×									
		³ / ₁₆ ^c		⁵ / ₈	¹ / ₂	³ / ₈	⁵ / ₁₆	¹ / ₄ ^c					
t_{design} , in.		0.174		0.581		0.465		0.349		0.291		0.233	
lb/ft		29.8		76.3		62.5		47.9		40.4		32.6	
Design		P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$
		ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD
Effective length, KL (ft), with respect to least radius of gyration, r_y	0	142	213	578	869	474	712	364	546	306	460	228	342
	6	141	212	565	849	463	696	355	534	299	449	224	337
	7	141	212	560	841	459	690	353	530	297	446	223	336
	8	140	211	554	833	454	683	349	525	294	442	222	334
	9	140	211	548	823	449	676	345	519	291	437	221	331
	10	140	210	541	813	444	667	341	513	287	432	219	329
	11	139	209	533	802	438	658	337	506	284	426	217	326
	12	139	208	525	789	431	648	332	499	279	420	215	323
	13	138	208	516	776	424	638	327	491	275	414	213	320
	14	137	207	507	762	417	627	321	483	271	407	211	316
	15	137	206	497	748	409	615	316	474	266	399	208	313
	16	136	205	487	732	401	603	309	465	261	392	205	308
	17	135	203	477	716	393	590	303	455	255	384	202	304
	18	135	202	465	700	384	577	296	446	250	375	199	299
	19	134	201	454	682	375	563	290	435	244	367	196	295
	20	133	200	442	665	365	549	283	425	238	358	193	289
	21	132	198	430	647	356	535	275	414	232	349	188	283
	22	131	197	418	628	346	520	268	403	226	340	183	275
	23	130	195	406	610	336	505	260	392	220	330	178	268
	24	129	193	393	591	326	490	253	380	213	321	173	260
	25	128	192	380	572	316	474	245	369	207	311	168	253
	26	126	190	368	552	305	459	237	357	201	301	163	245
	27	125	188	355	533	295	443	230	345	194	292	158	237
	28	124	186	342	514	285	428	222	333	187	282	152	229
	29	122	184	329	495	274	412	214	322	181	272	147	221
	30	121	182	316	475	264	397	206	310	174	262	142	213
	32	118	177	291	437	243	366	191	287	161	243	132	198
	34	115	173	266	400	223	336	175	264	149	223	121	182
	36	111	167	242	364	204	307	161	241	136	205	111	167
	38	108	162	219	329	185	278	146	220	124	187	102	153
	40	104	156	198	297	167	251	132	199	112	169	92.1	138

ANEXO III

Sismos	S0,2	S1	PGA
Sismo 1	1,391	0,354	0,61
Sismo 2	1,244	0,26	0,559
Sismo 3	0,776	0,177	0,531
Sismo 4	1,075	0,192	0,46
Sismo 5	1,108	0,097	0,451
Sismo 6	1,009	0,644	0,395
Sismo 7	0,793	0,153	0,394
Sismo 8	1,025	0,612	0,374
Sismo 9	0,693	0,222	0,373
Sismo 10	0,314	0,052	0,37
Sismo 11	0,354	0,072	0,357
Sismo 12	0,287	0,057	0,356
Sismo 13	0,805	0,097	0,351
Sismo 14	0,837	0,184	0,314
Sismo 15	1,21	0,262	0,298
Sismo 16	0,599	0,549	0,26
Sismo 17	0,727	0,398	0,25
Sismo 18	0,366	0,712	0,242
Sismo 19	0,309	0,254	0,203
Sismo 20	0,246	0,084	0,18
Sismo 21	0,285	0,142	0,136
Sismo 22	0,244	0,155	0,13
Sismo 23	0,301	0,163	0,125
Sismo 24	0,137	0,109	0,087
Sismo 25	0,211	0,05	0,062
Sismo 26	1,000	0,150	0,450
Sismo 27	1,250	0,200	0,600
Sismo 28	0,650	0,150	0,300
Sismo 29	1,658	0,956	0,562
Sismo 30	0,860	0,569	0,450
Sismo 31	2,200	0,350	1,000
Sismo 32	3,000	0,450	1,400
Sismo 33	1,450	0,250	0,650
Sismo 34	1,450	0,650	0,950
Sismo 35	1,700	0,789	1,060
Sismo 36	1,600	0,725	1,035
Sismo 37	1,020	0,489	0,732
Sismo 38	1,130	0,523	0,796
Sismo 39	0,920	0,396	0,658
Sismo 40	0,900	0,450	0,735
Sismo 41	1,250	0,605	0,806
Sismo 42	1,820	0,410	0,700
Sismo 43	2,700	0,970	1,100
Sismo 44	1,730	0,880	0,700
Sismo 45	1,860	0,700	0,800

Sismo 46	1,490	0,570	0,600
Sismo 47	1,450	0,560	0,900
Sismo 48	3,380	1,180	1,500
Sismo 49	3,740	1,020	1,500
Sismo 50	1,900	0,614	0,298
Sismo 51	2,285	0,794	3,410
Sismo 52	2,564	0,609	0,212
Sismo 53	2,182	0,617	0,357
Sismo 54	2,258	0,747	2,608
Sismo 55	2,186	0,625	0,484
Sismo 56	1,897	0,833	4,091
Sismo 57	2,308	0,833	4,088
Sismo 58	2,292	0,805	3,612
Sismo 59	2,195	0,640	0,749
Sismo 60	2,281	0,787	3,298
Sismo 61	2,257	0,746	2,593
Sismo 62	2,334	0,878	4,865
Sismo 63	2,279	0,784	3,245
Sismo 64	2,305	0,828	4,002
Sismo 65	2,246	0,728	2,269
Sismo 66	2,243	0,722	2,162
Sismo 67	2,309	0,835	4,127
Sismo 68	2,184	0,621	0,417
Sismo 69	2,192	0,635	0,666
Sismo 70	2,199	0,647	0,867
Sismo 71	2,236	0,710	1,955
Sismo 72	2,310	0,837	4,157
Sismo 73	2,306	0,829	4,017
Sismo 74	2,180	0,614	0,302
Sismo 75	2,237	0,712	1,996
Sismo 76	2,259	0,749	2,634
Sismo 77	2,240	0,717	2,084
Sismo 78	2,281	0,786	3,284
Sismo 79	2,276	0,778	3,140
Sismo 80	2,219	0,681	1,460
Sismo 81	2,243	0,721	2,158
Sismo 82	2,172	0,601	0,077
Sismo 83	2,336	0,881	4,920
Sismo 84	2,198	0,645	0,836
Sismo 85	2,188	0,627	0,531
Sismo 86	2,233	0,704	1,862
Sismo 87	2,203	0,654	0,991
Sismo 88	2,253	0,738	2,448
Sismo 89	2,227	0,695	1,697
Sismo 90	2,331	0,872	4,758
Sismo 91	2,325	0,862	4,602

Sismo 92	1,648	0,612	0,263
Sismo 93	2,295	0,810	3,689
Sismo 94	1,756	0,674	1,346
Sismo 95	2,241	0,719	2,114
Sismo 96	2,262	0,755	2,739
Sismo 97	1,987	0,869	4,714
Sismo 98	2,240	0,717	2,089
Sismo 99	2,336	0,881	4,915
Sismo 100	1,523	0,684	1,507

ANEXO IV

File Name: C:\Users\Jefferson\Downloads\Telegram Desktop\CEC-EPN-malla9pisos-acero.sdb
Start Time: 08/02/2023 11:15:17 Elapsed Time: 00:00:03
Finish 08/02/2023 11:15:21 Run Status: Done - Analysis Complete

Run 1

SAP2000 v24.0.0 Ultimate 64-bit (Analysis Build 9894/64)
File: C:\Users\Jefferson\Down...\Telegram Desktop\CEC-EPN-malla9pisos-acero.LOG

B E G I N A N A L Y S I S 2023/02/08 11:15:18

RUNNING ANALYSIS WITHIN THE GUI PROCESS
USING THE ADVANCED SOLVER (PROVIDES LIMITED INSTABILITY INFORMATION)

NUMBER OF JOINTS	=	1352
WITH RESTRAINTS	=	51
NUMBER OF FRAME/CABLE/TENDON ELEMENTS	=	2686
NUMBER OF SHELL ELEMENTS	=	271
NUMBER OF LOAD PATTERNS	=	2
NUMBER OF ACCELERATION LOADS	=	9
NUMBER OF LOAD CASES	=	4
NUMBER OF MASS SOURCES	=	1

UNITS (FORCE, LENGTH, TEMPERATURE, TIME)	=	kN, m, °C, sec
GRAVITATIONAL ACCELERATION	=	9.806650

ADDRESSABLE PHYSICAL MEMORY (RAM)	=	15.786 GB
-----------------------------------	---	-----------

PARALLELIZATION OF ANALYSIS OPERATIONS:
(Env. variable SAPFIRE_NUM_THREADS not set)

NUMBER OF THREADS: STATE (AUTOMATIC)	=	6
NUMBER OF THREADS: STIFFNESS (AUTOMATIC)	=	6
NUMBER OF THREADS: EVENT (AUTOMATIC)	=	6
NUMBER OF THREADS: MOVE (AUTOMATIC)	=	6
NUMBER OF THREADS: RESPONSE (AUTOMATIC)	=	6
NUMBER OF THREADS: SOLVE (AUTOMATIC)	=	6
NUMBER OF THREADS: FORM (AUTOMATIC)	=	6

E L E M E N T F O R M A T I O N 11:15:18

L I N E A R E Q U A T I O N S O L U T I O N 11:15:18

FORMING STIFFNESS AT ZERO (UNSTRESSED) INITIAL CONDITIONS

TOTAL NUMBER OF EQUILIBRIUM EQUATIONS	=	7911
---------------------------------------	---	------

File Name: C:\Users\Jefferson\Downloads\Telegram Desktop\CEC-EPN-malla9pisos-acero.sdb
Start Time: 08/02/2023 11:15:17 Elapsed Time: 00:00:03
Finish 08/02/2023 11:15:21 Run Status: Done - Analysis Complete

Run 1

USING STIFFNESS AT ZERO (UNSTRESSED) INITIAL CONDITIONS

NUMBER OF STIFFNESS DEGREES OF FREEDOM = 7911
NUMBER OF MASS DEGREES OF FREEDOM = 3879
MAXIMUM NUMBER OF EIGEN MODES SOUGHT = 12
MINIMUM NUMBER OF EIGEN MODES SOUGHT = 1
NUMBER OF RESIDUAL-MASS MODES SOUGHT = 0
NUMBER OF SUBSPACE VECTORS USED = 24
RELATIVE CONVERGENCE TOLERANCE = 1.00E-09

FREQUENCY SHIFT (CENTER) (CYC/TIME) = .000000
FREQUENCY CUTOFF (RADIUS) (CYC/TIME) = -INFINITY-
ALLOW AUTOMATIC FREQUENCY SHIFTING = YES

Original stiffness at shift : EV= 0.0000000E+00, f= .000000, T= -INFINITY-
Number of eigenvalues below shift = 0
Found mode 1 of 12: EV= 1.1870437E+01, f= 0.548344, T= 1.823671
Found mode 2 of 12: EV= 1.5395541E+01, f= 0.624479, T= 1.601336
Found mode 3 of 12: EV= 1.7658930E+01, f= 0.668809, T= 1.495194
Found mode 4 of 12: EV= 1.1788103E+02, f= 1.727993, T= 0.578706
Found mode 5 of 12: EV= 1.4778250E+02, f= 1.934780, T= 0.516855
Found mode 6 of 12: EV= 1.6435726E+02, f= 2.040397, T= 0.490101
Found mode 7 of 12: EV= 2.9186254E+02, f= 2.719001, T= 0.367782
Found mode 8 of 12: EV= 3.2293734E+02, f= 2.860087, T= 0.349640
Found mode 9 of 12: EV= 3.5026886E+02, f= 2.978660, T= 0.335721
Found mode 10 of 12: EV= 3.7863109E+02, f= 3.096908, T= 0.322903
Found mode 11 of 12: EV= 4.2968377E+02, f= 3.299093, T= 0.303114
Found mode 12 of 12: EV= 4.6667689E+02, f= 3.438177, T= 0.290852

NUMBER OF EIGEN MODES FOUND = 12
NUMBER OF ITERATIONS PERFORMED = 7
NUMBER OF STIFFNESS SHIFTS = 0

R E S P O N S E - S P E C T R U M A N A L Y S I S 11:15:21

CASE: SISMO

TYPE OF EXCITATION = STANDARD GROUND ACCELERATION

USING MODES FROM CASE: MODAL
NUMBER OF DYNAMIC MODES TO BE USED = 12

A N A L Y S I S C O M P L E T E 2023/02/08 11:15:21