

DISEÑO ESTRUCTURAL VICARIA EPISCOPAL NUESTRA SEÑORA DEL CHINCHE.

Responsable,

Ing. Diego Narváez
SENECYT: 1001-09-893556

DISEÑO ESTRUCTURAL VICARIA EPISCOPAL NUESTRA SEÑORA DEL CHINCHE.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como objetivo el cálculo, análisis y diseño estructural de la Vicaria Episcopal Nuestra Señora del Chinche, que consiste en una nueva estructura, la que se compone de planta baja, planta alta y cubierta inclinada, destinada a uso de oficinas para atención al público; los niveles arquitectónicos son: ± 0.00 , $+2.80$, la losa de cubierta a dos aguas en el nivel máximo $+6.92$. La edificación se encuentra ubicada en el sector de Cumbayá del Distrito Metropolitano de Quito; es importante señalar que resulta indispensable la conformación estructural de la edificación para el correcto comportamiento de servicio y resistencia en su vida útil.

En la edificación, a más de las cargas gravitatorias se consideran fuerzas horizontales sísmicas para el diseño de elementos como losas, columnas y cimentaciones.

Tomando en consideración estos aspectos se analizan las secciones y se obtienen armaduras, y secciones geométricas (hormigón y acero), tanto para en etapa constructiva como en la vida útil de las mismas.

Descripción del programa utilizado:

El programa usado para el análisis estructural es ETABS, cuya principal característica es el análisis de edificaciones, el cual permite crear un modelo en el que se puede definir numéricamente la geometría, propiedades de los materiales, cargas y parámetros de diseño de la estructura; los elementos columnas, vigas se definen como líneas con todas sus propiedades para el análisis. Las losas, muros y cimentaciones son elementos área, en estas el ingreso de cargas se lo realiza en forma de presión, o carga distribuida, y al final del análisis se obtienen resultados de los esfuerzos que estos elementos soportan.

En el programa se realiza el ingreso de cargas en los elementos para su posterior análisis, además gráficamente se analizan los resultados, lo cual permite inspeccionar y optimizar las secciones de la estructura.


La estructura se ingresa gráficamente con el uso de ejes locales y globales, lo que permite realizar una modelación tridimensional, y al final del análisis se pueden obtener fácilmente modos, períodos de vibración, deformaciones y solicitaciones de los elementos en cualquier dirección.

En el software se ingresan los elementos columnas, vigas, y otros con las secciones transversales indicadas en los planos, así se tiene:

General Data

Property Name: CC200X200X6

Material: STEEL

Display Color:  Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Filled Steel Tube

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 20 cm

Total Width: 20 cm

Flange Thickness: 0.6 cm

Web Thickness: 0.6 cm

Comer Radius: 0 cm

Show Section Properties...

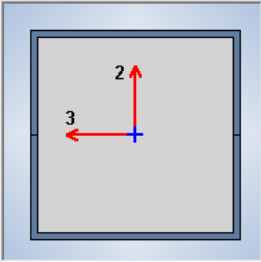
Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Fill

Fill Material: CONC

OK
Cancel




Columna 200x200x6

General Data

Property Name: VM100X200X10

Material: STEEL

Display Color:  Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Steel I/Wide Flange

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth: 20 cm

Top Flange Width: 10 cm

Top Flange Thickness: 1 cm

Web Thickness: 0.3 cm

Bottom Flange Width: 10 cm

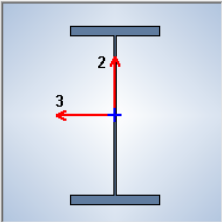
Bottom Flange Thickness: 1 cm

Fillet Radius: 0 cm

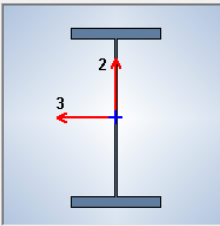

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

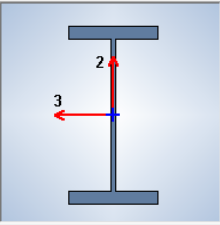

OK



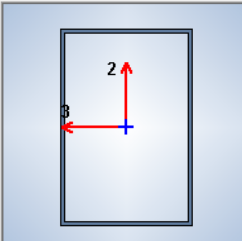

Viga 100x200x10x3

| | | |
|--------------------------------|---|--|
| General Data | |  |
| Property Name | VM100X200X12 | |
| Material | STEEL | |
| Display Color |  Change... | |
| Notes | Modify/Show Notes... | |
| Shape | | |
| Section Shape | Steel I/Wide Flange | |
| Section Property Source | | |
| Source: | User Defined | |
| Section Dimensions | | Property Modifiers |
| Total Depth | 20 cm | Modify/Show Modifiers... |
| Top Flange Width | 10 cm | Currently Default |
| Top Flange Thickness | 1.2 cm | |
| Web Thickness | 0.3 cm | |
| Bottom Flange Width | 10 cm | |
| Bottom Flange Thickness | 1.2 cm | |
| Fillet Radius | 0 cm | OK |

Viga 100x200x12x3

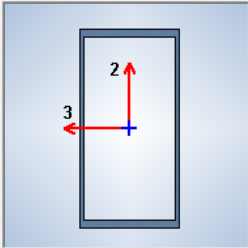
| | | |
|--------------------------------|---|---|
| General Data | |  |
| Property Name | VM100X200X14 | |
| Material | STEEL | |
| Display Color |  Change... | |
| Notes | Modify/Show Notes... | |
| Shape | | |
| Section Shape | Steel I/Wide Flange | |
| Section Property Source | | |
| Source: | User Defined | |
| Section Dimensions | | Property Modifiers |
| Total Depth | 20 cm | Modify/Show Modifiers... |
| Top Flange Width | 10 cm | Currently Default |
| Top Flange Thickness | 1.4 cm | |
| Web Thickness | 0.4 cm | |
| Bottom Flange Width | 10 cm | |
| Bottom Flange Thickness | 1.4 cm | |
| Fillet Radius | 0 cm | OK |

Viga 100x200x14x4

| | | |
|--------------------------------|---|--|
| General Data | |  |
| Property Name | VM2C100X150X3 | |
| Material | STEEL | |
| Display Color |  Change... | |
| Notes | Modify/Show Notes... | |
| Shape | | |
| Section Shape | Steel Tube | |
| Section Property Source | | |
| Source: | User Defined | |
| Section Dimensions | | Property Modifiers |
| Total Depth | 15 cm | Modify/Show Modifiers... |
| Total Width | 10 cm | Currently Default |
| Flange Thickness | 0.3 cm | |
| Web Thickness | 0.3 cm | |
| Comer Radius | 0 cm | |

Viga 100x150x3

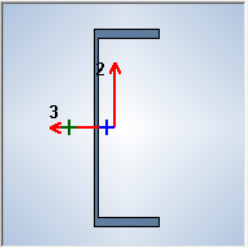
| General Data | |
|-------------------------|--|
| Property Name | VM2C100X200X8 |
| Material | STEEL |
| Display Color | Change... |
| Notes | Modify/Show Notes... |
| Shape | |
| Section Shape | Steel Tube |
| Section Property Source | |
| Source: | User Defined |
| Section Dimensions | |
| Total Depth | 20 cm |
| Total Width | 10 cm |
| Flange Thickness | 0.8 cm |
| Web Thickness | 0.4 cm |
| Comer Radius | 0 cm |



| Property Modifiers | |
|--------------------------|-------------------|
| Modify/Show Modifiers... | Currently Default |

Viga 100x200x8x4

| General Data | |
|-------------------------|---|
| Property Name | VMC50X150X7A |
| Material | STEEL |
| Display Color | Change... |
| Notes | Modify/Show Notes... |
| Shape | |
| Section Shape | Steel Channel |
| Section Property Source | |
| Source: | User Defined |
| Section Dimensions | |
| Total Depth | 15 cm |
| Total Width | 5 cm |
| Flange Thickness | 0.7 cm |
| Web Thickness | 0.3 cm |
| Fillet Radius | 0 cm |



| Property Modifiers | |
|--|-------------------|
| Modify/Show Modifiers... | Currently Default |
| Mirror | |
| <input type="checkbox"/> Mirror About Local 2-Axis | |

Viga C50x150x7x3

| General Data | |
|-------------------------------|----------------|
| Property Name | DECK10 |
| Type | Filled |
| Slab Material | CONC |
| Deck Material | STEEL |
| Modeling Type | Membrane |
| Modifiers (Currently Default) | Modify/Show... |
| Display Color | Change... |
| Property Notes | Modify/Show... |

| Property Data | |
|---------------------------------|--------------------------|
| Slab Depth, tc | 4.8 cm |
| Rib Depth, hr | 5.2 cm |
| Rib Width Top, wrt | 18 cm |
| Rib Width Bottom, wrb | 13 cm |
| Rib Spacing, sr | 33 cm |
| Deck Shear Thickness | 0.1 cm |
| Deck Unit Weight | 0.01 tonf/m ² |
| Shear Stud Diameter | 1.4 cm |
| Shear Stud Height, hs | 7.5 cm |
| Shear Stud Tensile Strength, Fu | 4200 kgf/cm ² |

Losa con deck metálico e=10 cm

En los materiales como hormigón, acero de refuerzo, se necesita ingresar las propiedades físicas y mecánicas como se indican a continuación:

Para el hormigón armado:

Módulo de elasticidad hormigón $E = 217,300 \text{ Kg/cm}^2$.

Módulo de corte hormigón $G = 96,667.67 \text{ Kg/cm}^2$.

Esfuerzo de fluencia del acero $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$.

Resistencia cilíndrica del hormigón (28 días) $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

En el siguiente cuadro se muestran las propiedades del hormigón:

| General Data | |
|---------------------------|----------------------|
| Material Name | CONC |
| Material Type | Concrete |
| Directional Symmetry Type | Isotropic |
| Material Display Color | Change... |
| Material Notes | Modify/Show Notes... |

| Material Weight and Mass | |
|---|--|
| <input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density | <input type="radio"/> Specify Mass Density |
| Weight per Unit Volume | 2.4 tonf/m ³ |
| Mass per Unit Volume | 2400.668 kg/m ³ |

| Mechanical Property Data | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| Modulus of Elasticity, E | 217370 kgf/cm ² |
| Poisson's Ratio, U | 0.2 |
| Coefficient of Thermal Expansion, A | 0.0000099 1/C |
| Shear Modulus, G | 90570.83 kgf/cm ² |

| Material Name and Type | |
|------------------------|---------------------|
| Material Name | CONC |
| Material Type | Concrete, Isotropic |

| Design Properties for Concrete Materials | |
|---|-------------------------|
| Specified Concrete Compressive Strength, f'c | 210 kgf/cm ² |
| <input type="checkbox"/> Lightweight Concrete | |
| Shear Strength Reduction Factor | |

Para los perfiles armados con placas soldadas, las normas ASTM A36 especifican lo siguiente:

Módulo de elasticidad acero $E = 2'043,000 \text{ Kg/cm}^2$.

Módulo de corte acero $G = 786,000 \text{ Kg/cm}^2$.

Esfuerzo último del acero $F_u = 4200 \text{ Kg/cm}^2$.

Esfuerzo de fluencia del acero $F_y = 2540 \text{ Kg/cm}^2$.

| General Data | |
|---|--|
| Material Name | STEEL |
| Material Type | Steel |
| Directional Symmetry Type | Isotropic |
| Material Display Color | Change... |
| Material Notes | Modify/Show Notes... |
| Material Weight and Mass | |
| <input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density | <input type="radio"/> Specify Mass Density |
| Weight per Unit Volume | 7.85 tonf/m ³ |
| Mass per Unit Volume | 7850 kg/m ³ |
| Mechanical Property Data | |
| Modulus of Elasticity, E | 2043000 kgf/cm ² |
| Poisson's Ratio, U | 0.3 |
| Coefficient of Thermal Expansion, A | 0.0000117 1/C |
| Shear Modulus, G | 785769.23 kgf/cm ² |
| Material Name and Type | |
| Material Name | STEEL |
| Material Type | Steel, Isotropic |
| Design Properties for Steel Materials | |
| Minimum Yield Stress, Fy | 2540 kgf/cm ² |
| Minimum Tensile Strength, Fu | 4200 kgf/cm ² |
| Effective Yield Stress, Fye | 2540 kgf/cm ² |
| Effective Tensile Strength, Fue | 4200 kgf/cm ² |

CAPITULO PRIMERO

1 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

1.1 INFORMACIÓN EXISTENTE

Para el cálculo y diseño estructural se ha considerado la geometría descrita en los planos arquitectónicos, en los cuales se especifican las plantas, cortes y fachadas necesarias para la correcta interpretación de los mismos, así como para la modelación y diseño de la estructura.

1.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra ubicado en el Distrito Metropolitano de Quito, sector Cumbayá, en las calles:

- Juan Montalvo y Gabriel García Moreno.

La cual se ubica en el nororiente de la ciudad, como se indica en los planos respectivos.

1.3 ESTRUCTURACION

Considerando la forma y geometría especificada en los planos arquitectónicos, así como la característica del suelo existente, se plantea realizar una estructura formada por pórticos de acero laminado en caliente con columnas tubulares rectangulares rellenas de hormigón, vigas tipo Γ armadas con placas soldadas, y losas con deck metálico. Para la cubierta de la estructura se usarán perfiles de lámina delgada doblada en frío.

Debido a las características del terreno y el proyecto arquitectónico, se debe preparar una sola plataforma en el nivel ± 0.00 para luego realizar la cimentación de la estructura, la cual consiste en plintos aislados que soportan las cargas provenientes de columnas.

Las cadenas de amarre son de 25 cm de peralte de hormigón armado, las mismas que cumplen doble función, ya que, si bien es cierto que soportan esfuerzos de tensión, también disminuyen acciones de flexión en las cimentaciones.

Los elementos columnas se han ubicado respetando el proyecto arquitectónico para la conformación de los pórticos espaciales; además su disposición permite proveer una adecuada ubicación del centro de rigidez de la estructura, lo que

evita excentricidades que aumentan los efectos de torsión en planta ante las acciones sísmicas transmitidas en ella. En resumen, los elementos columnas tienen diferentes secciones como 200x200x6 y 200x200x10 mm.

En el diseño estructural se consideran tanto la losa del nivel +2.80 especificada en el proyecto arquitectónico, en la cual las cargas muertas provenientes son de enlucidos, recubrimientos y mampostería; además se tiene la cubierta inclinada que soporta cargas muertas de panel de fibrocemento tipo PL6 y tejas de barro cocido. Las cargas vivas se toman de acuerdo a lo especificado por las normas respectivas.

Las losas de entrepiso se encuentran conformadas por vigas principales tipo I, a estas se unen vigas secundarias metálicas, formadas por placas soldadas; sobre este sistema de soporte se coloca el panel metálico deck, y se funde una losa de 10 cm de espesor con hormigón; en esta se colocan mallas electro soldadas para evitar fisuras provocadas por cambio de temperatura y contracción de fraguado del material.

El paso de tuberías para desagüe, agua potable e instalaciones eléctricas se lo debe hacer en sitios adecuados que no causen influencia significativa a los elementos estructurales.

CAPITULO SEGUNDO

2 CARGAS Y ESTADOS DE CARGAS

2.1 CARGAS

Existen varios factores que deberán considerarse para determinar los estados de carga actuante sobre las estructuras estudiadas, así se indican las siguientes que fueron consideradas para el diseño y cálculo estructural:

a) Carga Muerta

Las cargas muertas consisten en el peso de la estructura, es decir aquellas provenientes de los elementos verticales, y horizontales como losas, vigas, alivianamientos.

A más de estos pesos es necesario considerar otros como aquellos provenientes de enlucidos y acabados, que se estiman en un valor de 80 Kg/m², y pesos de mampostería en paredes, los cuales alcanzan un valor de 170 Kg/m². En la losa de cubierta se considera un valor de 65 Kg/m² de tejas de barro cocido saturadas, placa PL6 para soportar las mismas con un peso aproximado de 12 Kg/m², entre otros adicionales de 15 Kg/m².

A continuación, se muestran algunos pesos unitarios de materiales en Kg/m³, comúnmente usados:

| <u>Material</u> | <u>Kg/m³</u> |
|-----------------------|-------------------------|
| HORMIGÓN ARMADO | 2400 |
| ACERO | 7850 |
| MADERA | 600 – 1000 |
| PIEDRA DE MAMPOSTERIA | 2500 – 2950 |
| ALUMINIO | 2860 |

La distribución de la carga muerta es otro factor significativo, en la mayoría de los casos es asumida como uniformemente distribuida a lo largo de los elementos estructurales: losa, y vigas.

b) Carga Viva

Se pueden distinguir diferentes valores de carga viva, como las siguientes:

- Carga viva de entresijos para oficinas 250 Kg/m²
- Carga viva de cubierta inclinada 70 Kg/m²

De igual manera, los valores de carga viva, están de acuerdo a los recomendados por los códigos, y al uso habitacional que se presenta en la estructura.

a) Carga Sísmica.

La carga sísmica ha sido determinada tomando en cuenta la Norma Ecuatoriana de la Construcción, en el cual el corte basal se calcula como:

$$V = \frac{I * S_a}{R \phi_P \phi_E} W$$

Expresión en la cual:

V = Cortante basal de diseño.

W = Peso muerto de la estructura.

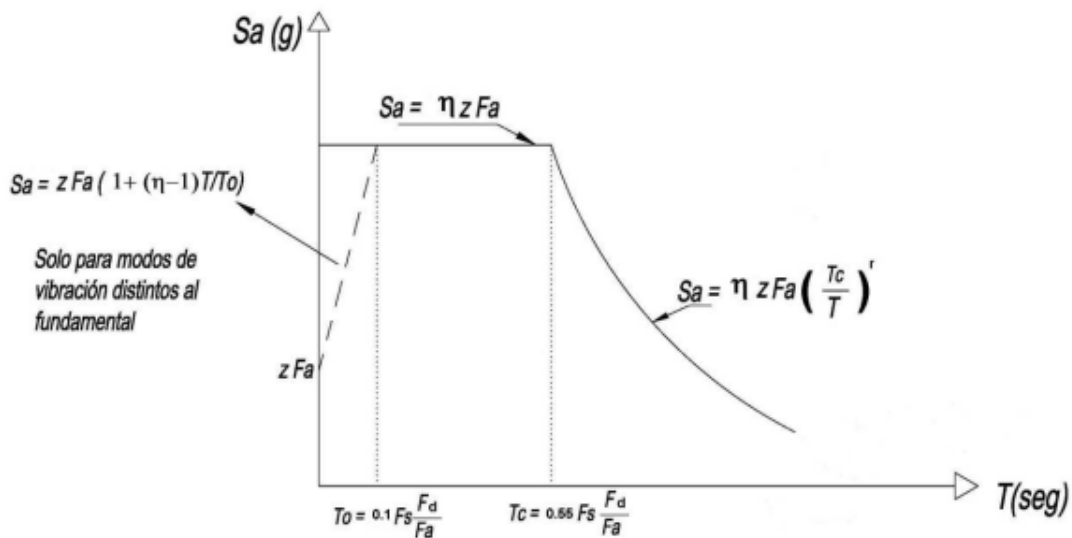
R = Factor de reducción de respuesta estructural = 5.

ϕ_P = Factor de configuración estructural en planta = 1.

ϕ_E = Factor de configuración estructural en elevación = 1

I = Factor de importancia de la estructura, que en nuestro caso es 1.

S_a = Espectro de respuesta elástico de aceleraciones, como se indica a continuación:



Espectro Sísmico Elástico de aceleraciones

F_a, F_d, F_s = Coeficientes dependientes de las condiciones del suelo.

η = Factor dependiente de la región (Costa, Sierra, Oriente).

r = Factor que depende de las características del suelo.

Para los posibles efectos de torsión accidental, la masa de cada nivel debe considerarse concentrada en el centro de masas, pero desplazada una distancia igual al 5% de la máxima dimensión de la estructura en ese piso, perpendicular a la dirección de aplicación de las fuerzas laterales.

2.2 ESTADOS DE CARGA

Para los estados de carga se toman aquellas que actuando sobre la estructura generan los esfuerzos más críticos sobre la misma.

En el análisis sísmico se considera lo recomendado por la NEC-2015, para un tipo de suelo dado; además de acuerdo a la misma norma, la estructura es implantada en la zona sísmica V.

El diseño en hormigón armado ha sido realizado siguiendo la teoría última resistencia.

Las combinaciones de carga establecidas por el AISC y NEC, en sus últimas versiones recomiendan lo siguiente:

Combinación 1:

Carga muerta = 1.4

Combinación 2:

Carga muerta = 1.2, Carga viva = 1.6

Combinación 3:

Carga muerta = 1.2, Carga viva = 1.0

Combinación 4, 5:

Carga muerta = 1.2, Carga viva = 1.0, Sismo en dirección X = +/-1.0

Combinación 6, 7:

Carga muerta = 0.9, Sismo en dirección X = +/-1.0

Combinación 8, 9:

Carga muerta = 1.2, Carga viva = 1.0, Sismo en dirección Y = +/-1.0

Combinación 10, 11:

Carga muerta = 0.9, Sismo en dirección Y = +/-1.0

CAPITULO TERCERO

3 MODELO, ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

Las propiedades de los materiales son los que se indican a continuación:

Hormigón armado:

Módulo de elasticidad hormigón $E = 217,300 \text{ Kg/cm}^2$.

Módulo de corte hormigón $G = 96,667.67 \text{ Kg/cm}^2$.

Esfuerzo de fluencia del acero $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$.

Resistencia cilíndrica del hormigón (28 días) $f'_c = 210 \text{ Kg Kg/cm}^2$.

Para los perfiles armados con placas soldadas, las normas ASTM A36 especifican lo siguiente:

Módulo de elasticidad acero $E = 2'043,000 \text{ Kg/cm}^2$.

Módulo de corte acero $G = 786,000 \text{ Kg/cm}^2$.

Esfuerzo último del acero $F_u = 4200 \text{ Kg/cm}^2$.

Esfuerzo de fluencia del acero $F_y = 2540 \text{ Kg/cm}^2$.

La edificación ha sido estudiada como una estructura formada por pórticos espaciales, los cuales se encuentran conformados por vigas, y columnas; sobre las vigas descansa una loseta, la que permite la transmisión de cargas (muertas y vivas) especificadas en el capítulo dos.

El análisis de la estructura toma en cuenta las fuerzas horizontales producidas por los sismos, las cuales como se especifica en la norma consideran los efectos de excentricidad accidental en planta.

Previo al cálculo de las resistencias de los elementos, es necesario comprobar que los dos primeros modos de vibración sean a traslación y el tercer modo sea torsional, lo cual se cumple en nuestro caso. También se verifica que las derivas no sobrepasen el valor $\Delta_{M\text{máx.}} = 0.020$, lo cual se considera adecuado, ya que en los casos más crítico se tiene que:

$$\Delta_M = 0.75 * R * \Delta_E$$

$$\Delta_M = 0.75 * 5 * .00416 = 0.0156$$

Las cimentaciones se diseñan en hormigón armado, en la que se puede destacar que las presiones máximas no sobrepasan al valor admisible de suelo de 12.0 T/m^2 para carga vertical, y si se generan efectos sísmicos se considera un 33% adicional a la capacidad de carga admisible del suelo citado anteriormente.

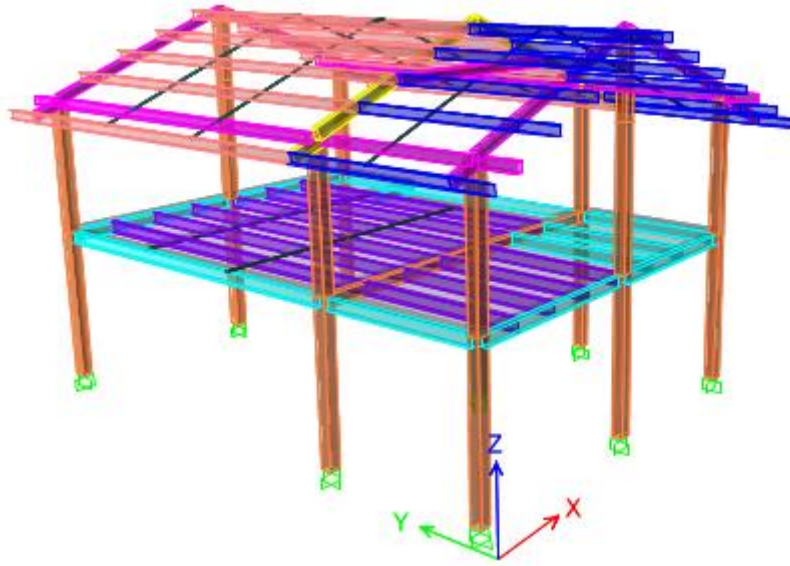
Se diseñan zapatas aisladas rígidas, en las que se verifican las capacidades a corte, punzonamiento y flexión.

Para el refuerzo calculado en todos los elementos, se considera la inversión de esfuerzos, los que son producidos especialmente por efectos sísmicos, es decir en todos los casos se ha diseñado para la mayor sollicitación de carga en cada elemento, con lo cual se obtienen las armaduras especificadas en los planos respectivos.

Se tiene especial cuidado en la determinación de la resistencia, para lo cual se verifica las siguientes condiciones:

- En las uniones, la resistencia de las columnas es mayor que las vigas, para que se formen rótulas en estas últimas.
- Los elementos deben resistir acciones de cortante producido por cargas gravitacionales más un valor adicional producido por una falla a flexión en los dos extremos.
- Como la mayor parte de las secciones metálicas son de alma y patines compactos, la resistencia por pandeo local no rige el diseño; es decir se puede alcanzar la fluencia en todas las placas en compresión.
- Se debe garantizar la unión de la losa a las vigas mediante conectores de cortante.
- Se asegura que las soldaduras sean suficientemente adecuadas para soportar las sollicitaciones de los elementos.
- Para garantizar la ductilidad de los elementos se debe verificar que el confinamiento del concreto sea adecuado mediante el uso de estribos.

El cálculo de ciertos valores más críticos se indica en el Anexo 1.



CONFIGURACION ESTRUCTURAL

CAPITULO CUARTO

4 RECOMENDACIONES GENERALES

- El constructor realizará sus trabajos de acuerdo con las buenas prácticas constructivas y la Fiscalización revisará y observará la construcción, para garantizar la buena disposición de los elementos estructurales tanto por la calidad de los materiales, la correcta ubicación geométrica, y colocación de los refuerzos correspondientes, y de los procesos constructivos para el colado de la estructura de hormigón armado.
- Sobre la construcción de las estructuras principal los procesos de curado son muy importantes para alcanzar las resistencias solicitadas, por lo tanto, en caso de que el constructor no pueda utilizar algún método de curado con agua deberá utilizar el método por membrana.
- Se deben garantizar las soldaduras efectuadas durante la construcción, la resistencia debe ser proporcionada con soldadura E70xx.
- Si es necesario realizar perforaciones en las almas de las vigas para el paso de tuberías, se lo debe hacer en el cuarto de la luz medido desde el extremo; en ningún caso se permite cortar los patines para el paso de las mismas.
- Toda la estructura metálica estará protegida con dos manos de pintura anticorrosiva.
- La unión entre estructura antigua y nueva debe realizarse con epóxico para garantizar una mejor unión entre elementos.
- El paso de instalaciones eléctricas, y especialmente de desagüe se las debe realizar en sitios alejados de las franjas de columna.
- El responsable de la construcción, deberá verificar en obra las condiciones del suelo recomendadas, con la ayuda de un Ingeniero Geotécnico.

Atentamente,

Ing. MSc. Diego Narváez
L.P. 17-6035
SENECYT: 1001-09-893556

INDICE

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| 1 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO..... | 8 |
| 1.1 INFORMACIÓN EXISTENTE..... | 8 |
| 1.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO..... | 8 |
| 1.3 ESTRUCTURACION..... | 8 |
| 2 CARGAS Y ESTADOS DE CARGAS..... | 10 |
| 2.1 CARGAS | 10 |
| 2.2 ESTADOS DE CARGA..... | 12 |
| 3 MODELO, ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL..... | 13 |
| 4 RECOMENDACIONES GENERALES..... | 16 |

ANEXO 1.

PARÁMETROS SÍSMICOS

| CALCULO DE FUERZA SISMICA | | | |
|---------------------------|--|------------|----------|
| Zona Sísmica: | V | | |
| Región: | SIERRA | | |
| Tipo de suelo: | D | | |
| Z (% g) | η (Sa/Z) | r | |
| 0.400 | 2.480 | 1.500 | |
| To (seg) | Tc (seg) | Tl (seg) | |
| 0.13 | 0.70 | 2.86 | |
| Configuración estructural | 1 | | |
| Tipo Edif. | Descripción | Ct | α |
| 1 | Estructura de acero sin arriostamiento | 0.072 | 0.80 |
| 2 | Estructura de acero con arriostamiento | 0.073 | 0.75 |
| 3 | Estructura hormigón sin muros | 0.055 | 0.90 |
| 4 | Estructura hormigón con muros | 0.055 | 0.75 |
| Ct= | 0.072 | α = | 0.8 |
| T= | 0.27 seg | | |
| T= | 0.27 seg | | |
| Sa(T<Tc)= | 1.19 | | |
| Sa(T>Tc)= | 4.90 | | |
| Sa (T) = | 1.19 | | |
| I= | 1.0 | | |
| R= | 5.0 | | |
| ϕ PA= | 1.00 | ϕ EA= | 1.00 |
| ϕ PB= | 1.00 | ϕ EB= | 1.00 |
| ϕ P= | 1.00 | ϕ E= | 1.00 |
| k= | 1.000 | | |
| V= | 0.238 | | |

| Espectro elástico horizontal en aceleraciones | |
|---|--------|
| Sa(g) | T(seg) |
| 1.4 | 0 |
| 1.2 | 0.13 |
| 1.0 | 0.70 |
| 0.8 | 1.190 |
| 0.6 | |
| 0.4 | |
| 0.2 | |
| 0.0 | 3 |

| Load Pattern | Type | Direction | Eccentricity % | Ecc. Overridden | Top Story | Bottom Story | C | K | Weight Used tonf | Base Shear tonf |
|--------------|---------|------------|----------------|--------------------------|-----------|--------------|-------|---|------------------|-----------------|
| SX | Seismic | X + Ecc. Y | 5 | <input type="checkbox"/> | STORY3 | BASE | 0.238 | 1 | 42.3593 | 10.0815 |
| SY | Seismic | Y + Ecc. X | 5 | <input type="checkbox"/> | STORY3 | BASE | 0.238 | 1 | 42.3593 | 10.0815 |

CARGAS SÍSMICAS APLICADAS:

Sismo X

Seismic Load Pattern - User Defined

| | | | |
|--|--|--|--|
| Direction and Eccentricity <input type="checkbox"/> X Dir <input type="checkbox"/> Y Dir <input checked="" type="checkbox"/> X Dir + Eccentricity <input type="checkbox"/> Y Dir + Eccentricity <input type="checkbox"/> X Dir - Eccentricity <input type="checkbox"/> Y Dir - Eccentricity Ecc. Ratio (All Diaph.) <input type="text" value="0.05"/> Overwrite Eccentricities <input type="button" value="Overwrite..."/> | | Factors Base Shear Coefficient, C <input type="text" value="0.238"/> Building Height Exp., K <input type="text" value="1"/> | |
| | | Story Range Top Story <input type="text" value="STORY3"/> Bottom Story <input type="text" value="BASE"/> | |

Sismo Y

Seismic Load Pattern - User Defined

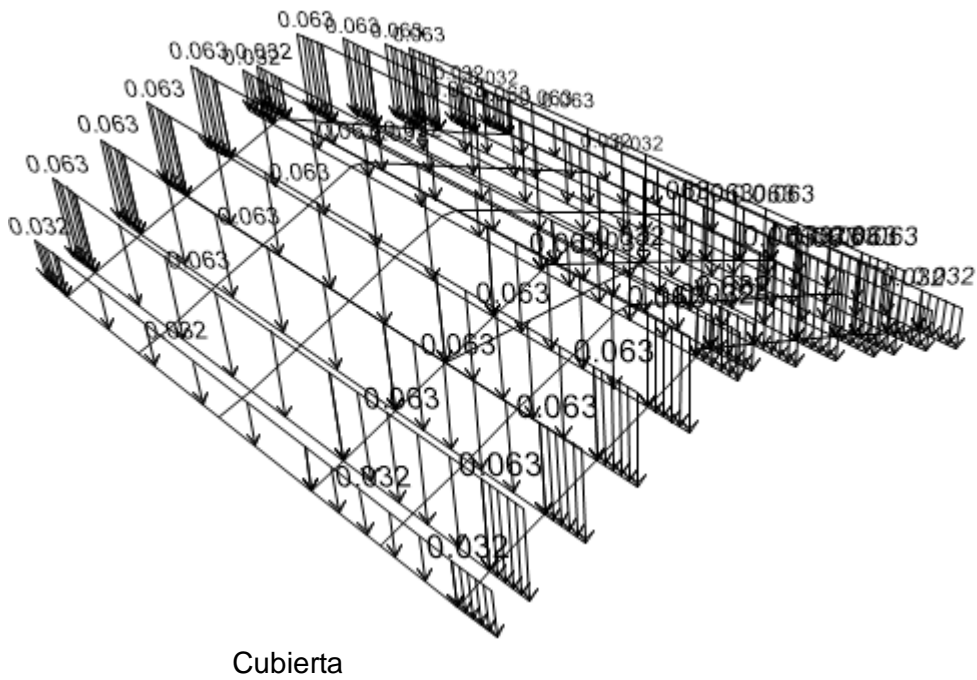
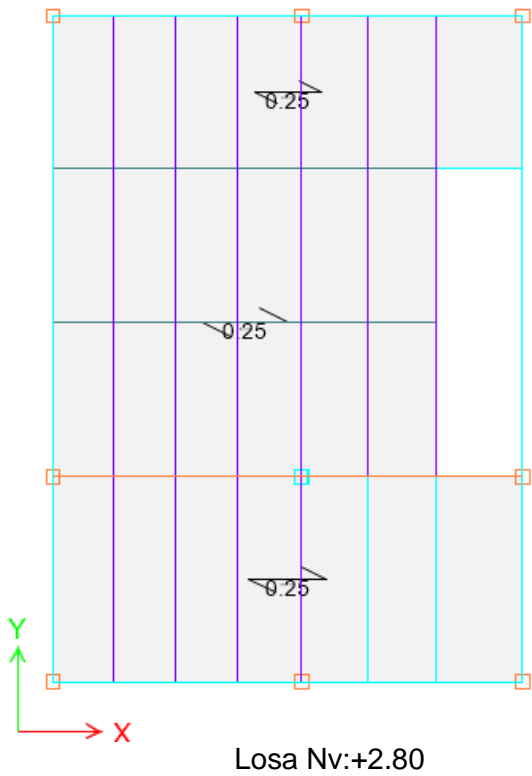
| Direction and Eccentricity | | Factors | |
|---|--|---------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> X Dir | <input type="checkbox"/> Y Dir | Base Shear Coefficient, C | <input type="text" value="0.238"/> |
| <input type="checkbox"/> X Dir + Eccentricity | <input checked="" type="checkbox"/> Y Dir + Eccentricity | Building Height Exp., K | <input type="text" value="1"/> |
| <input type="checkbox"/> X Dir - Eccentricity | <input type="checkbox"/> Y Dir - Eccentricity | Story Range | |
| Ecc. Ratio (All Diaph.) | <input type="text" value="0.05"/> | Top Story | <input type="text" value="STORY3"/> |
| Overwrite Eccentricities | <input type="button" value="Overwrite..."/> | Bottom Story | <input type="text" value="BASE"/> |

Pesos y Reacciones en la base:

| Load Case/Combo | FX tonf | FY tonf | FZ tonf |
|-----------------|----------|----------|---------|
| DEAD | 0 | 0 | 18.9396 |
| LIVE | 0 | 0 | 22.7339 |
| D1 | 0 | 0 | 24.3229 |
| SX | -10.0815 | 0 | 0 |
| SY | 0 | -10.0815 | 0 |

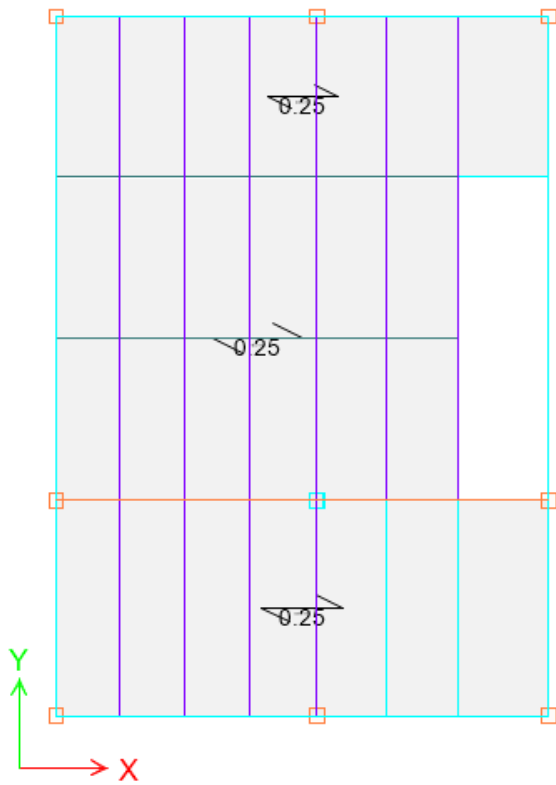
Cargas verticales:

Carga viva:

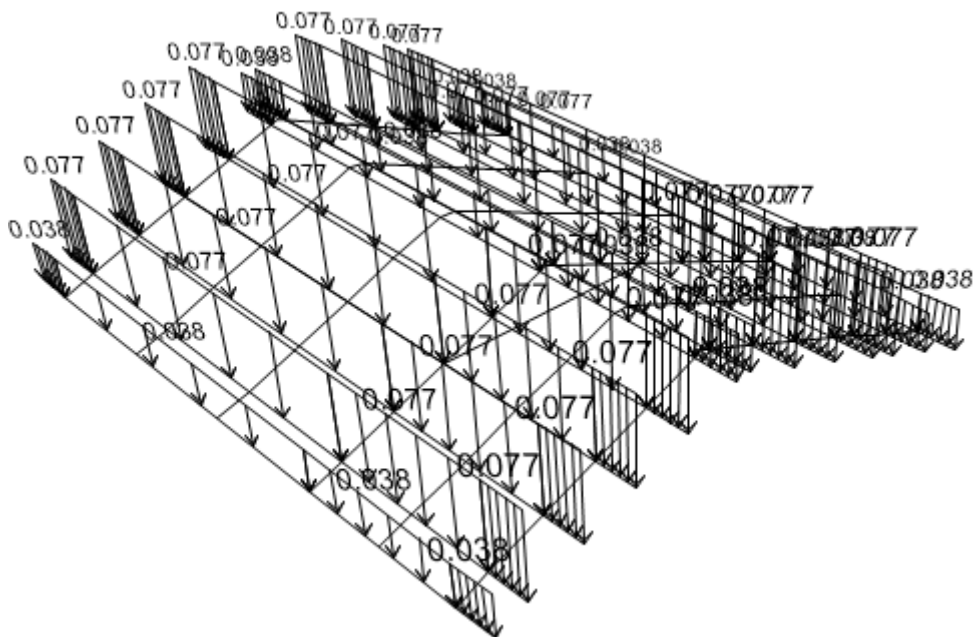


Carga muerta adicional:

Puesto que el programa ya considera el peso de los elementos, se ingresan los valores adicionales de carga muerta:



Losa Nv:+2.80



Cubierta

Las losas de entrepiso son tipo deck de 10 cm de espesor.

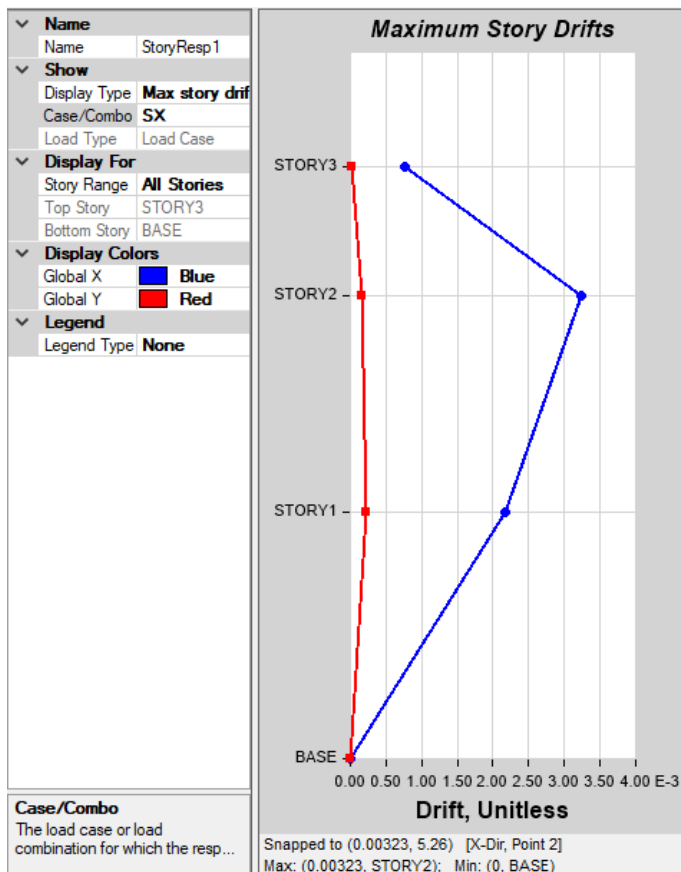
En el siguiente cuadro, el valor de DEAD=1 indica que el programa considere el peso propio de los elementos:

| Load | Type | Self Weight Multiplier | Auto Lateral Load |
|------|---------|------------------------|-------------------|
| DEAD | Dead | 1 | |
| DEAD | Dead | 1 | |
| LIVE | Live | 0 | |
| D1 | Dead | 0 | |
| SX | Seismic | 0 | User Coefficient |
| SY | Seismic | 0 | User Coefficient |

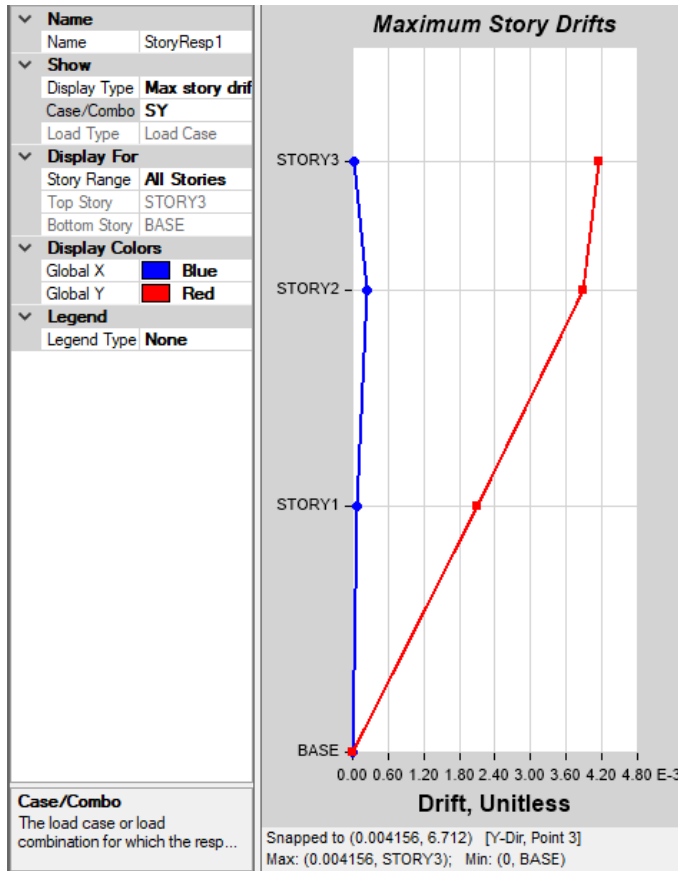
PARTICIPACIONES MODALES

| Case | Mode | Period sec | UX | UY | UZ | Sum UX | Sum UY | Sum UZ | RX | RY | RZ | Sum RX | Sum RY | Sum RZ |
|-------|------|------------|-----------|--------|----|--------|--------|--------|-----------|-----------|--------|--------|-----------|--------|
| Modal | 1 | 0.397 | 0.0002 | 0.7184 | 0 | 0.0002 | 0.7184 | 0 | 0.3205 | 3.156E-05 | 0.0034 | 0.3205 | 3.156E-05 | 0.0034 |
| Modal | 2 | 0.354 | 0.7508 | 0.0007 | 0 | 0.751 | 0.7191 | 0 | 6.399E... | 0.182 | 0.0825 | 0.3205 | 0.182 | 0.0859 |
| Modal | 3 | 0.307 | 0.059 | 0.0019 | 0 | 0.81 | 0.721 | 0 | 0.0006 | 0.0279 | 0.7339 | 0.3211 | 0.2099 | 0.8198 |
| Modal | 4 | 0.203 | 0.0199 | 0.0437 | 0 | 0.8299 | 0.7647 | 0 | 0.072 | 0.0123 | 0.0027 | 0.3932 | 0.2222 | 0.8225 |
| Modal | 5 | 0.188 | 0.0226 | 0.1274 | 0 | 0.8524 | 0.8921 | 0 | 0.2257 | 0.0188 | 0.0165 | 0.6189 | 0.2409 | 0.839 |
| Modal | 6 | 0.162 | 0.0403 | 0.0122 | 0 | 0.8927 | 0.9043 | 0 | 0.0265 | 0.0827 | 0.0115 | 0.6454 | 0.3236 | 0.8505 |
| Modal | 7 | 0.138 | 0.0016 | 0.0602 | 0 | 0.8943 | 0.9644 | 0 | 0.1672 | 0.0048 | 0.0017 | 0.8126 | 0.3284 | 0.8522 |
| Modal | 8 | 0.122 | 0.0963 | 0.0019 | 0 | 0.9907 | 0.9663 | 0 | 0.006 | 0.5922 | 0.0199 | 0.8186 | 0.9206 | 0.8722 |
| Modal | 9 | 0.107 | 4.228E... | 0.0317 | 0 | 0.9907 | 0.998 | 0 | 0.1676 | 0.0006 | 0.001 | 0.9862 | 0.9212 | 0.8732 |
| Modal | 10 | 0.098 | 0.0087 | 0.0007 | 0 | 0.9994 | 0.9987 | 0 | 0.0022 | 0.0465 | 0.1101 | 0.9885 | 0.9677 | 0.9833 |
| Modal | 11 | 0.08 | 0.0001 | 0.0002 | 0 | 0.9995 | 0.9989 | 0 | 0.0019 | 0.0003 | 0.0137 | 0.9903 | 0.968 | 0.997 |
| Modal | 12 | 0.071 | 0 | 0.0003 | 0 | 0.9995 | 0.9992 | 0 | 0.0024 | 0 | 0.0001 | 0.9927 | 0.968 | 0.9971 |

Derivas Sismo en dirección X



Derivas Sismo en dirección Y



DERIVAS MÁXIMAS INELÁSTICAS

$$\Delta_M = 0.75 * R * \Delta_E$$

En el sentido x se tiene:

$$\Delta_{MX} = 0.75 * 5 * .00323 = 0.0121 < .02$$

En el sentido y se tiene:

$$\Delta_{MY} = 0.75 * 5 * .00416 = 0.0156 < .02$$

Por tanto, las derivas máximas inelásticas son adecuadas para este proyecto.

CIMENTACIONES.

Combinación UCIM1:

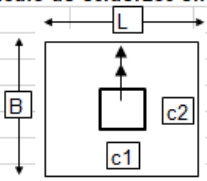

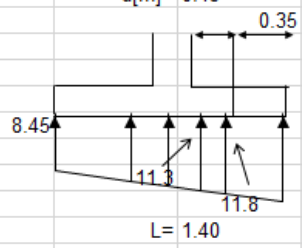
Carga muerta = 1.0, Carga viva = 1.0

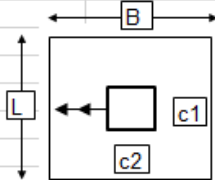
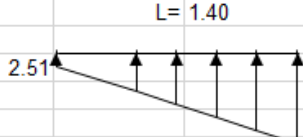
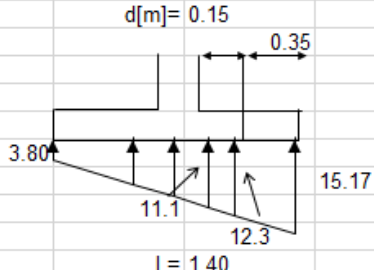
Combinación UCIM2, UCIM3:

Carga muerta = 1.0, Carga viva = 1.0, Sismo en dirección X = +/-1.0

Combinación UCIM4, UCIM5:

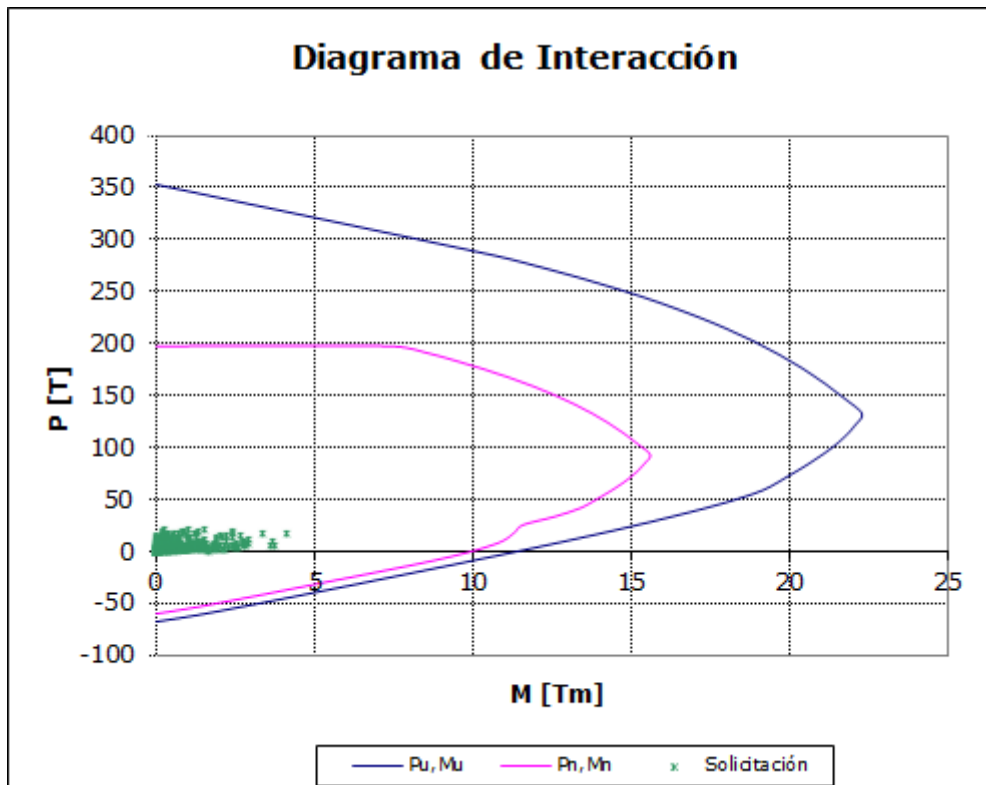
Carga muerta = 1.0, Carga viva = 1.0, Sismo en dirección Y = +/-1.0

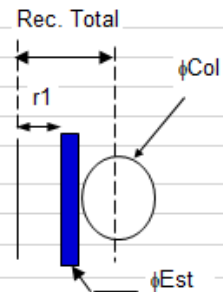
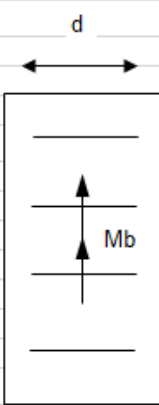
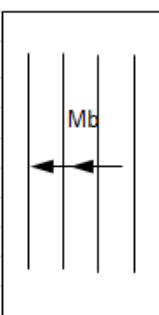
| PROYECTO: VICARIATO CUMBAYÁ | | | | | | |
|---|---|---|------------|---|-----------------|------|
| EJES: | B2 | | | | | |
| Dirección 1: | | | | | | |
| P [T]= | 15.80 | Pu [T]= | 20.90 | λ [T/m3]= | 1440 | |
| M [Tm]= | 2.50 | Mu [Tm]= | 1.01 | | | |
| f_c [Kg/cm2]= | 210 | F_y [Kg/cm2]= | 4200 | | | |
| σ_{adm} [T/m2]= | 16.0 : 12T/m2 con 33% adicional por sismo | | | | | |
| a) Cálculo de esfuerzos en el suelo | | | | | | |
|  | | B [m]= | 1.40 | c2 [m]= | 0.40 | |
| | | L [m]= | 1.40 | c1 [m]= | 0.40 | |
| | | $e[m] = M / P =$ | 0.16 | Criterio zapata rígida | | |
| | | Excentricidad menor que el Tercio medio | | | $\lambda * L =$ | 1.01 |
| | | σ_{max} [T/m2]= | 13.53 | 1. Cimentación Intermedia | | |
| | | σ_{min} [T/m2]= | 2.59 | 2. Cimentación rígida | | |
| La sección es suficiente | | | | | | |
| L = 1.40 | | | | | | |
|  | | | | | | |
| DISEÑO: | | | | | | |
| | | $e[m] = M_u / P_u =$ | 0.05 | Excentricidad menor que el Tercio medio | | |
| | | d [m]= | 0.15 | h [m]= | 0.20 | |
| | |  | | | | |
| L = 1.40 | | | | | | |
| CORTE: | | | | | | |
| | | V_u [T]= | 6.04 ==> | V_n [T]= | 8.05 | |
| | | V_c [T]= | 16.13 ==> | OK | | |
| PUNZONAMIENTO: | | | | | | |
| | | $\alpha =$ | 40 | b_o [m]= | 2.20 | |
| | | V_u [T]= | 17.67 ==> | V_n [T]= | 23.56 | |
| | | $f_1 =$ | 1.59 | | | |
| | | $f_2 =$ | 1.25 | | | |
| | | $f_3 =$ | 1.06 | | | |
| | | V_c [T]= | 50.69 ==> | OK | | |
| FLEXION: | | | | | | |
| | | M_u [Tm/m]= | 1.54 ==> | M_n [Tm/m]= | 1.71 | |
| | | $\rho_{calc} =$ | 0.0019 | | | |
| | | $\rho_{min} =$ | 0.0018 ==> | $\rho_{asum} =$ | 0.0018 | |
| | | A_s [cm2/m]= | 3.60 | | | |
| | | ==> | | 1 ϕ 12 | a 33.3 cm | |

| | | | |
|--|------------------|---|---------------------------|
| Dirección 2: | | | |
| P [T]= | 16.50 | Pu [T]= | 18.60 |
| M [Tm]= | 2.70 | Mu [Tm]= | 2.60 |
| f _c [Kg/cm ²]= | 210 | F _y [Kg/cm ²]= | 4200 |
| σ _{adm} [T/m ²]= | 16.0 | | |
| a) Cálculo de esfuerzos en el suelo | | | |
|  | | B [m]= | 1.40 |
| | | L [m]= | 1.40 |
| | | c ₂ [m]= | 0.40 |
| | | c ₁ [m]= | 0.40 |
| | | e[m] = M / P = | 0.16 |
| | | Excentricidad menor que el Tercio medio | |
| | | σ _{max} [T/m ²]= | 14.32 |
| | | σ _{min} [T/m ²]= | 2.51 |
| La sección es suficiente | | | |
|  | | | |
| DISEÑO: | | | |
| | | e[m] = Mu/Pu | 0.14 |
| | | Excentricidad menor que el Tercio medio | |
|  | | | |
| CORTE: | | | |
| V _u [T]= | 6.74 | ==> | V _n [T]= 8.98 |
| V _c [T]= | 16.13 | ==> | OK |
| PUNZONAMIENTO: | | | |
| | α = 40 | | bo [m]= 2.20 |
| V _u [T]= | 15.72 | ==> | V _n [T]= 20.96 |
| | f ₁ = | 1.59 | |
| | f ₂ = | 1.25 | |
| | f ₃ = | 1.06 | |
| V _c [T]= | 50.69 | ==> | OK |
| FLEXION: | | | |
| Mu [Tm/m]= | 1.73 | ==> | Mn [Tm/m]= 1.92 |
| ρ calc= | 0.0021 | | |
| ρ min= | 0.0018 | ==> | ρ asum= 0.0018 |
| As [cm ² /m]= | 3.60 | | |
| | ==> | 1φ 12 | a 33.3 cm |

COLUMNAS DE APOYO DE HORMIGÓN

| | | | | | | | | |
|--|--------------------|-----------|-----------|-------------------------|--|----------------------------|------------|-------------------------|
| Eje: | Columna base 40x40 | | | | | | | |
| Datos: | | | | | | | | |
| Fy [Kg/cm ²]= | 4200 | | | | | | | |
| f _c [Kg/cm ²]= | 210 | | | | | | | |
| Propiedades geométricas de la sección de hormigón: | | | | Armadura de la sección: | | | | |
| Número de secciones = | 1 | | | Eje Ref. | | Número de filas de acero=3 | | |
| | | | | di | | | | |
| Sección | Base [cm] | Alto [cm] | Sección i | Area i | | Fila | Brazo [cm] | Area [cm ²] |
| 1 | 40 | 40 | | | | 1 | 4 | 6.03 |
| 2 | | | | | | 2 | 20 | 4.02 |
| 3 | | | | | | 3 | 36 | 6.03 |
| Total | | 40 | | | | Total | | 16.08 |
| Propiedades de la sección: | | | | Centro plástico [cm]= | | 20 | | |
| | | | | ρ= 1.01% | | | | |
| Area [m ²]= | 0.16 | | | | | | | |
| C.G. [m]= | 0.2 | | | | | | | |
| Inercia [m ⁴]= | 0.0021 | | | | | | | |



| 1. CALCULO DE ESTRIBOS EN COLUMNAS: | | | |
|---|--|----------------------------------|---|
| Piso: | PB | | |
| Pórtico: | | | |
| Columna número: | 40x40 | | |
| | | Dimensiones de columna: | |
|  | h piso [m]= | 1 | ϕ Col [mm]= 16 |
| | b [cm]= | 40 | ρ [%]= 1.01 |
| | h [cm]= | 40 | |
| | A_g [cm ²]= | 1600 | A_c [cm ²]= 1260.25 |
| | Recubrimiento: | | Recubrimiento Total |
| | r_1 [cm]= | 2.5 | Calculado |
| | ϕ Estri. [mm]= | 10 | Usado |
| | l_0 [cm]= | 50 | [cm] |
| | | | 4.30 |
| | | | 4.50 |
| Dirección a: | Confinamiento: | | |
|  | sh [cm]= | 10 | d [cm]= 35.0 |
| | h'' [cm]= | 34.0 | A_{sh2} [cm]= 1.53 |
| | A_{sh1} [cm]= | 1.37 | ==> Gobierna A_{sh2}: |
| | | | 1.53 cm ² @ 10cm |
| | Corte: | | |
| | M_b [Tm]= | 15.60 | s [cm]= 10 |
| | V_u [T]= | 31.20 | fV_c [T]= 9.14 |
| | V_s [T]= | 25.95 | ==> A_v [cm ²]= 1.77 |
| | | ==> 1.77 cm ² @ 10 cm | |
| | <u>Cabeza y pie de columna:</u> | | |
| | Gobierna corte: 1.77 cm ² @ 10 cm | | |
| | <u>Centro de columna:</u> | | |
| | Gobierna corte: 1.77 cm ² @ 10 cm | | |
| Dirección b: | Confinamiento: | | |
|  | sh [cm]= | 10 | d [cm]= 35.0 |
| | h'' [cm]= | 34.0 | A_{sh2} [cm]= 1.53 |
| | A_{sh1} [cm]= | 1.37 | ==> Gobierna A_{sh2}: |
| | | | 1.53 cm ² @ 10cm |
| | Corte: | | |
| | M_b [Tm]= | 15.60 | s [cm]= 10 |
| | V_u [T]= | 31.20 | fV_c [T]= 9.14 |
| | V_s [T]= | 25.95 | ==> A_v [cm ²]= 1.77 |
| | | ==> 1.77 cm ² @ 10 cm | |
| | <u>Cabeza y pie de columna:</u> | | |
| | Gobierna corte: 1.77 cm ² @ 10 cm | | |
| | <u>Centro de columna:</u> | | |
| | Gobierna corte: 1.77 cm ² @ 10 cm | | |

ACCIONES EN VIGAS

PÓRTICO EJE 2

Elevation View - 2 Moment 3-3 Diagram (U2)

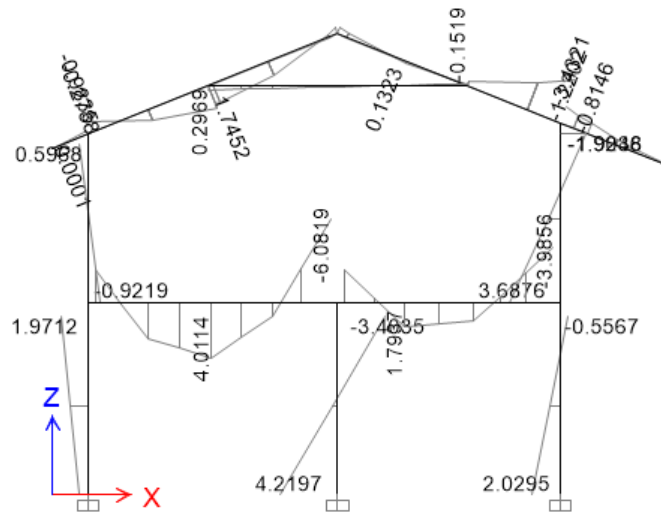


Diagrama de momentos

Elevation View - 2 Shear Force 2-2 Diagram (U2)

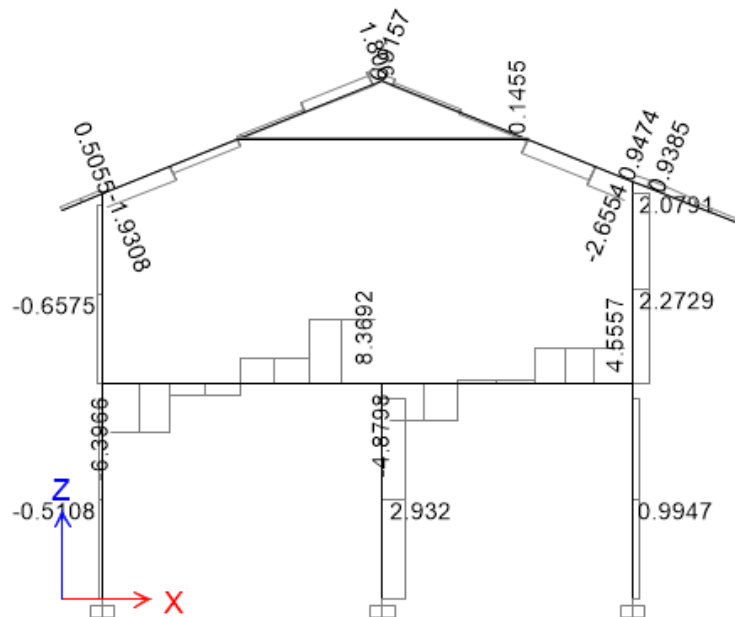
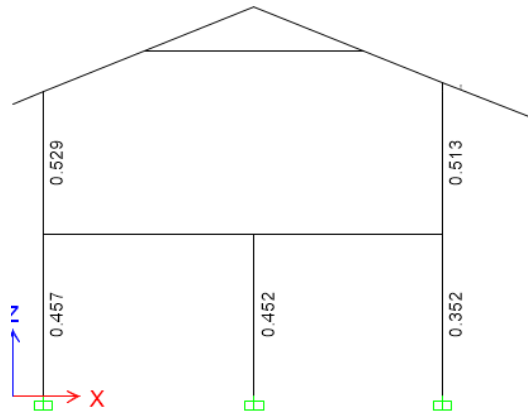


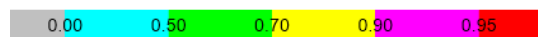
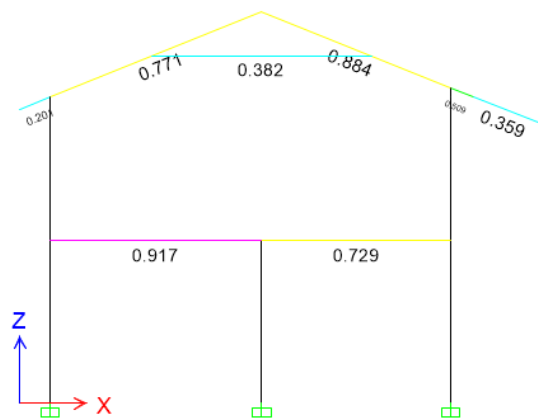
Diagrama de cortes

Elevation View - 2 Composite Column Ratios (AISC 360-10)



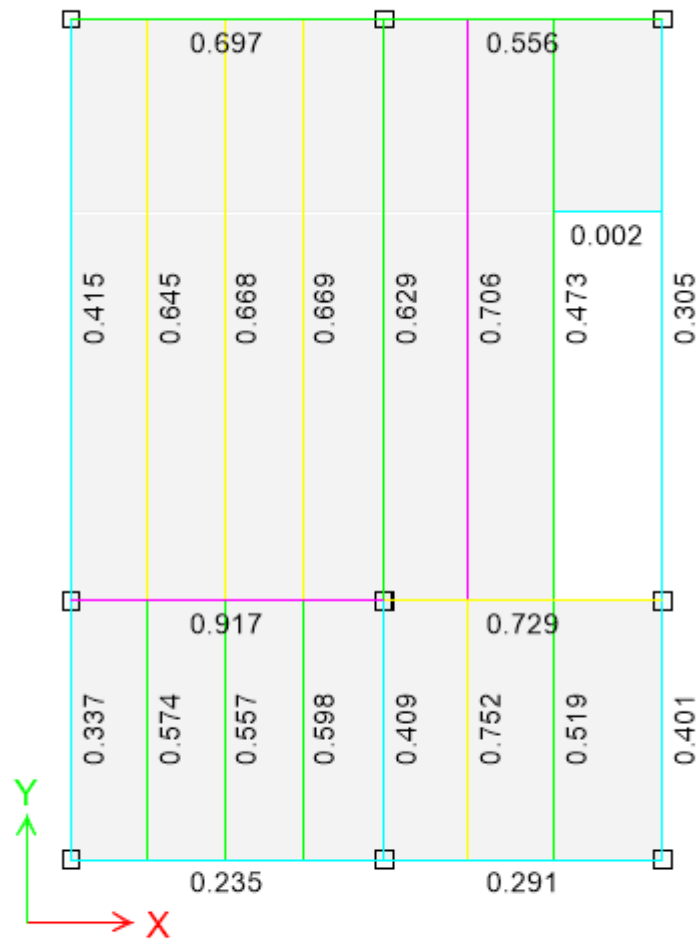
Interacción P-M Columnas compuestas (Eje 2)

Elevation View - 2 Steel P-M Interaction Ratios (AISC LRFD 93)

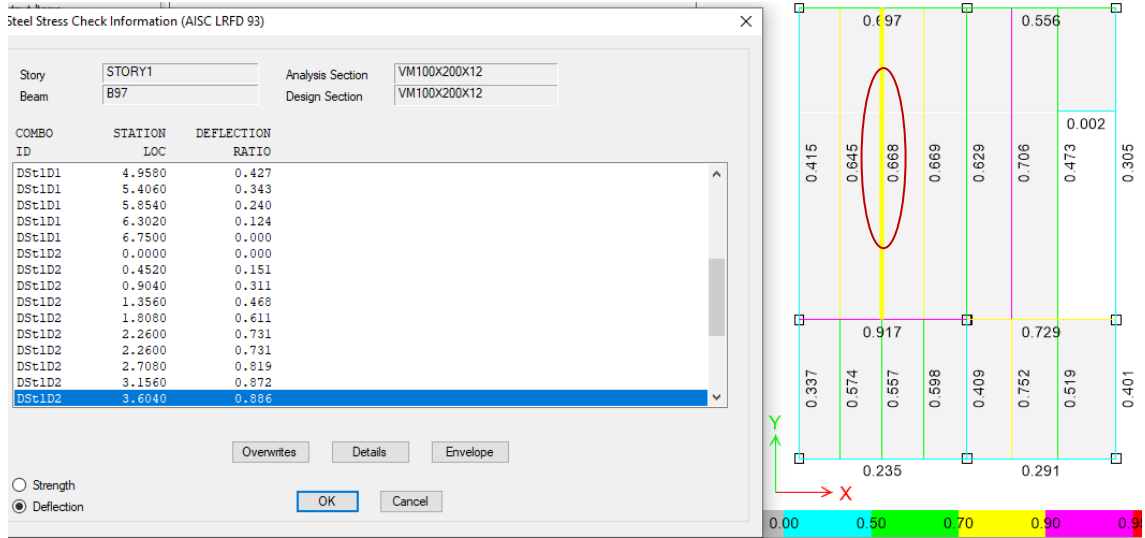


Interacción P-M Vigas (Eje 2)

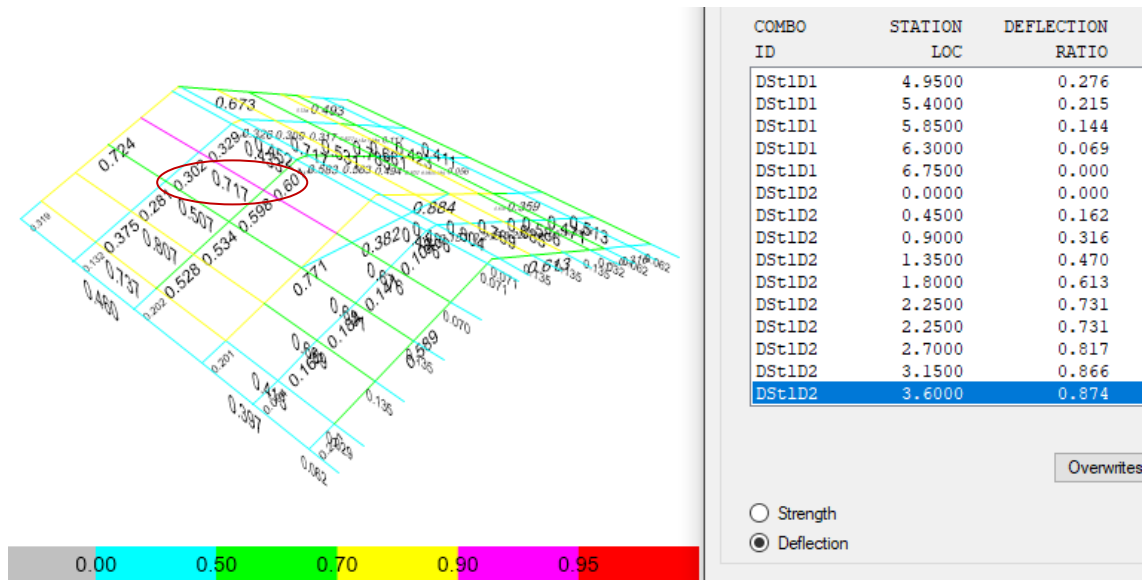
Plan View - STORY1 - Z = 2.8 (m) Steel P-M Interaction Ratios (AISC LRF...



Interacción P-M (Losa Nv:+2.80)



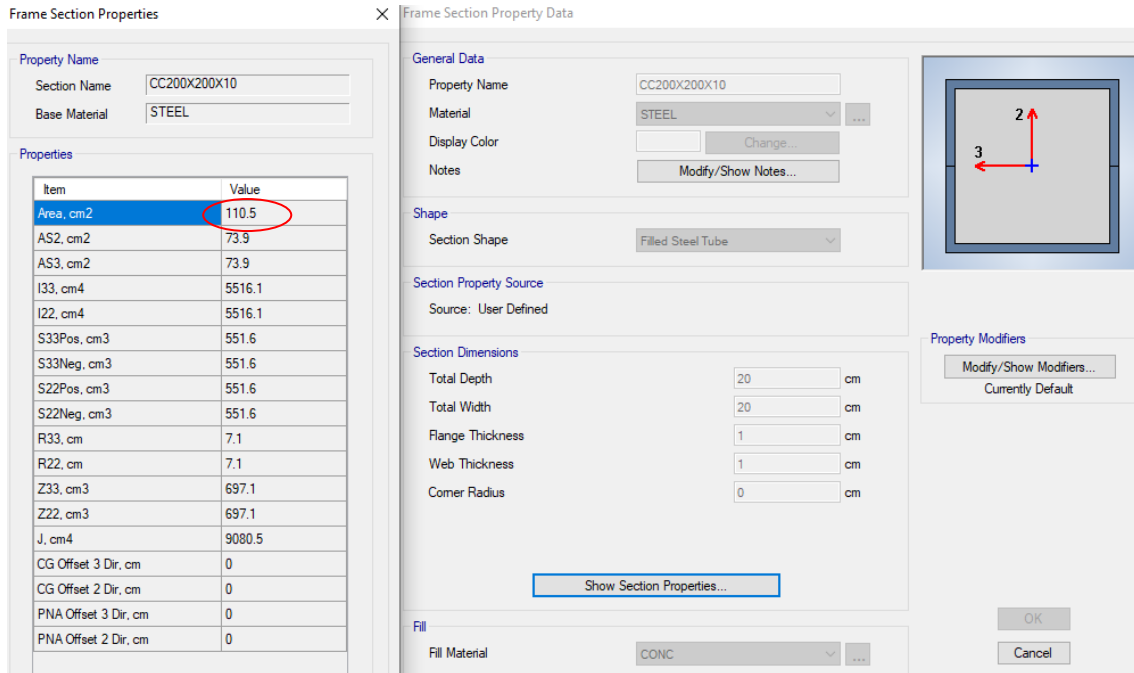
Deflexión Vigas secundarias entre 1 y 2 (Losa Nv:+2.80)



Deflexión correas (Cubierta)

Diseño Unión viga-columna (B2)

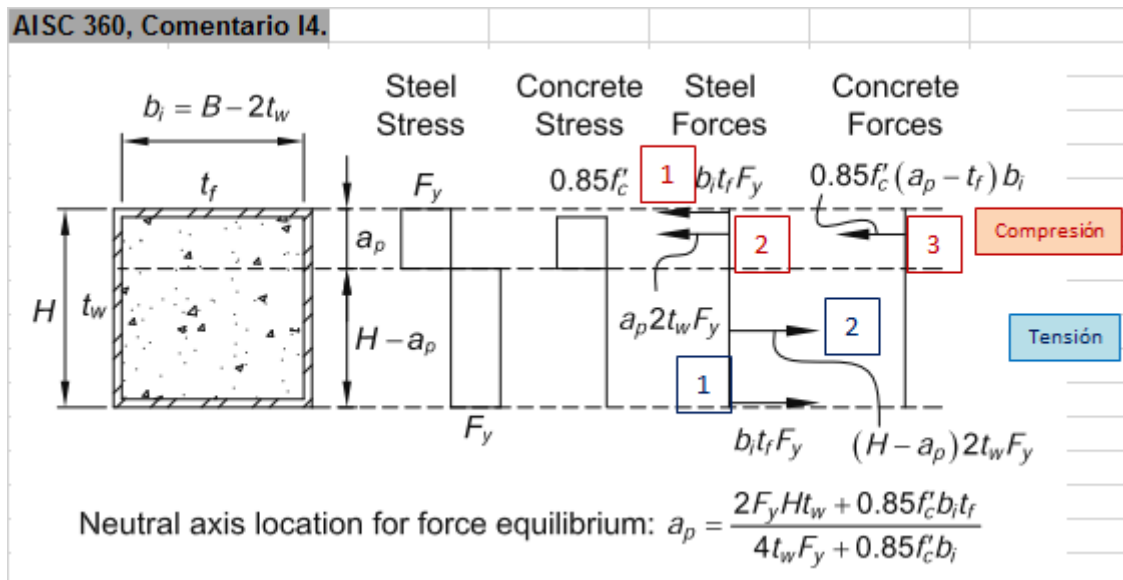
Propiedades geométricas columnas rellenas de hormigón:



Para el análisis del nudo se considera el área de la columna de acero rellena de hormigón, es decir:

A=110.5 cm².

En cambio, para el módulo plástico de las columnas compuestas se considera el cálculo del momento de la columna con el aporte del acero y hormigón, como se indica a continuación:



Con lo que se tiene el valor del momento Mp de la sección:

| | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|--------|---------|---------------|-----------------|--------------|
| Proyecto: | VICARIATO CUMBAYÁ | | | | | |
| Elemento: | Columna Rellena 200x200 mm | | | | | |
| Propiedades de los materiales | | | | | | |
| Material | Fy | fc | E | G | Area | |
| | Kg/cm2 | Kg/cm2 | Kg/cm2 | Kg/cm2 | cm2 | |
| Acero laminado | 2540 | | 2043000 | 789100 | 76.00 | |
| Acero de refuerzo | 4200 | | 2038000 | | 0.00 | |
| Hormigón | | 210 | 217371 | | 324.00 | |
| Sección de acero: | | | | | | |
| Dimensiones de la sección | | | | | | |
| bf= | 20.00 | cm | | | | |
| tf= | 1.00 | cm | | | | |
| bw= | 2.00 | cm | | | | |
| hw= | 18.00 | cm | | | | |
| rad giro= | 7.77 | cm | | | | |
| Sección de hormigón: | | | | | | |
| Dimensiones de la sección total | | | | | | |
| b= | 20 | cm | | | | |
| h= | 20 | cm | | | | |
| A horm= | 324.00 | cm2 | | | | |
| $\beta_1=$ | 0.85 | | $h-c=$ | 12.16 | cm | |
| c= | 7.84 | cm | | | | |
| a= | 6.66 | cm | | | | |
| Sección | b | d | A | Fuerza | y | Ftens*y |
| | cm | cm | cm2 | T | cm | Tm |
| 1 | 20.00 | 1.00 | 20.00 | 50.80 | 11.66 | 5.92 |
| 2 | 2.00 | 11.16 | 22.33 | 56.71 | 5.58 | 3.17 |
| 3 | | | 0.00 | 0.00 | 9.16 | 0.00 |
| Tensión | | | | 107.51 | | 9.09 |
| 1 | 20.00 | 1.00 | 20.00 | 50.80 | 7.34 | 3.73 |
| 2 | 2.00 | 6.84 | 13.67 | 34.73 | 3.42 | 1.19 |
| 3 | 18.00 | 5.81 | 104.60 | 21.97 | 3.93 | 0.86 |
| 4 | | | 0.00 | 0.00 | 4.84 | 0.00 |
| Comp | | | | 107.50 | | 5.78 |
| | | | | | Mp (Tm)= | 14.87 |

En este caso se tiene $M_p=14.87$ Tm, por lo que para el cálculo del nudo se considera un módulo plástico equivalente de la sección compuesta, que corresponde a:

$Z_x = M_p/F_y = 585.36$ cm³.

Propiedades geométricas vigas:

| Item | Value |
|---------------------|--------|
| Area, cm2 | 34.9 |
| AS2, cm2 | 8.1 |
| AS3, cm2 | 25 |
| I33, cm4 | 2595.9 |
| I22, cm4 | 233.4 |
| S33Pos, cm3 | 259.6 |
| S33Neg, cm3 | 259.6 |
| S22Pos, cm3 | 46.7 |
| S22Neg, cm3 | 46.7 |
| R33, cm | 8.6 |
| R22, cm | 2.6 |
| Z33, cm3 | 290 |
| Z22, cm3 | 70.7 |
| J, cm4 | 18.7 |
| Cw, cm6 | 20181 |
| CG Offset 3 Dir, cm | 0 |
| CG Offset 2 Dir, cm | 0 |

Para el nudo se tienen los siguientes análisis tomados de “Ductile design of Steel Structures”, de Bruneau, Uang, Sabelli:

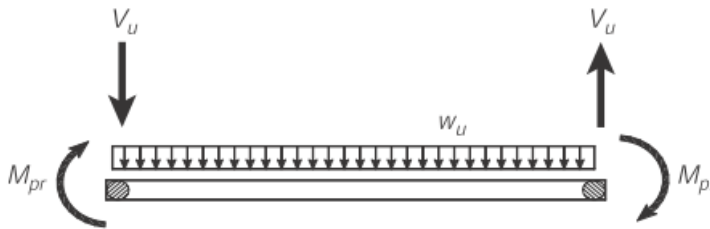


FIGURE 8.54 Free-body diagram of beam.

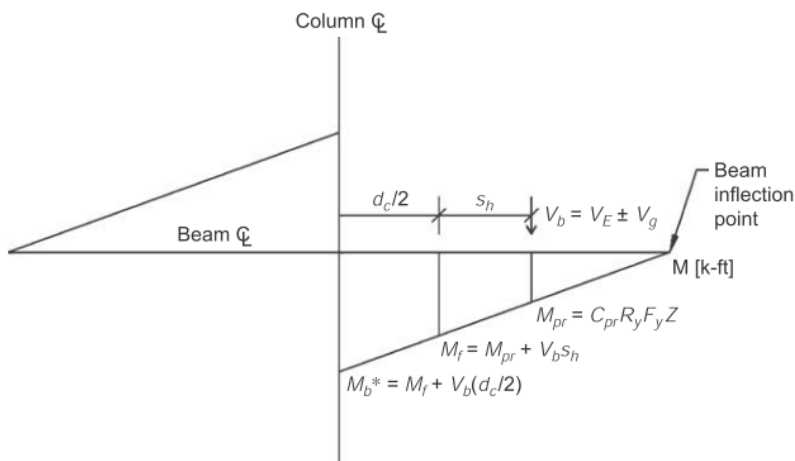


FIGURE 8.55 Projection of probable beam moment capacity to column centerline.

En nuestro caso se considera $s_h=0$, es decir que las rótulas plásticas se producen cerca de la cara de la columna, como se indica en AISC 358, sección 8.7 en el procedimiento de diseño para conexión (WUF-W):

Step 2. The plastic hinge location shall be taken to be at the face of the column; that is, $S_{hi} = 0$.

| | | | | |
|--|--------------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| Nudo: | B2 (Sentido de análisis eje B) | | | |
| H piso arriba | 2.46 m | | Losa: | 1 |
| H piso abajo | 2.8 m | | Ancho colab: | 3.38 m |
| h viga = | 0.2 m | | wD= | 1.49 T/m |
| Pu col.= | 17.4 T | | wL= | 0.84 T/m |
| | | | wu= | 3.14 T/m |
| | | | Ln= | 3.48 m |
| Columna | 200x200x10 Rellena | | Viga | |
| Perfil: | Soldado | | Perfil: | Soldado |
| Fy= | 2540 | Kg/cm ² | Fy= | 2540 Kg/cm ² |
| Fu= | 4200 | Kg/cm ² | Fu= | 4200 Kg/cm ² |
| A= | 110.50 | cm ² | A= | 34.90 cm ² |
| Zx= | 585.36 | cm ³ | Zx= | 290.00 cm ³ |
| f arriba= | 1.09 | | Ry= | 1.3 |
| f abajo= | 1.08 | | Cpr= | 1.2 |
| Mc arriba= | 15.18 | Tm | Mn izq= | 6.63 Tm |
| Mc abajo= | 15.02 | Tm | Mn der= | 6.63 Tm |
| | | | Mpr izq= | 10.34 Tm |
| | | | Mpr der= | 10.34 Tm |
| ΣMpc= | 30.20 | | ΣMpr= | 20.68 Tm |
| | | | Sh= | 0.00 m |
| | | | Lh= | 3.48 m |
| | | | Sin sección reducida | |
| $\frac{\sum M_{pc}}{\sum M_{pv}} = 1.36 > 1.0$ | | | Vvsr= | 11.41 |
| | | | V'vsr= | 3.48 |
| | | | ΣMuv= | 1.49 |
| | | | | |
| | | | ΣMpv= | 22.17 Tm |