

CONFERENCIA
PROYECTO DE ESTRUCTURAS
DEL EDIFICIO MCGREGOR DE
LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ

Ing. Antonio Blanco Blasco





EL PROYECTO DE ESTRUCTURAS FUE ELABORADO POR NUESTRA EMPRESA (ANTONIO BLANCO BLASCO INGENIEROS EIRL) ,SIENDO JOSÉ ANTONIO TERRY R. EL PROFESIONAL QUE HIZO DIRECTAMENTE GRAN PARTE DEL DISEÑO ESTRUCTURAL.

EL DESARROLLO DEL PROYECTO Y LA CONSTRUCCIÓN SE HICIERON EN EL 2007, EN CONMEMORACIÓN DE LOS 90 AÑOS DE LA PUCP.

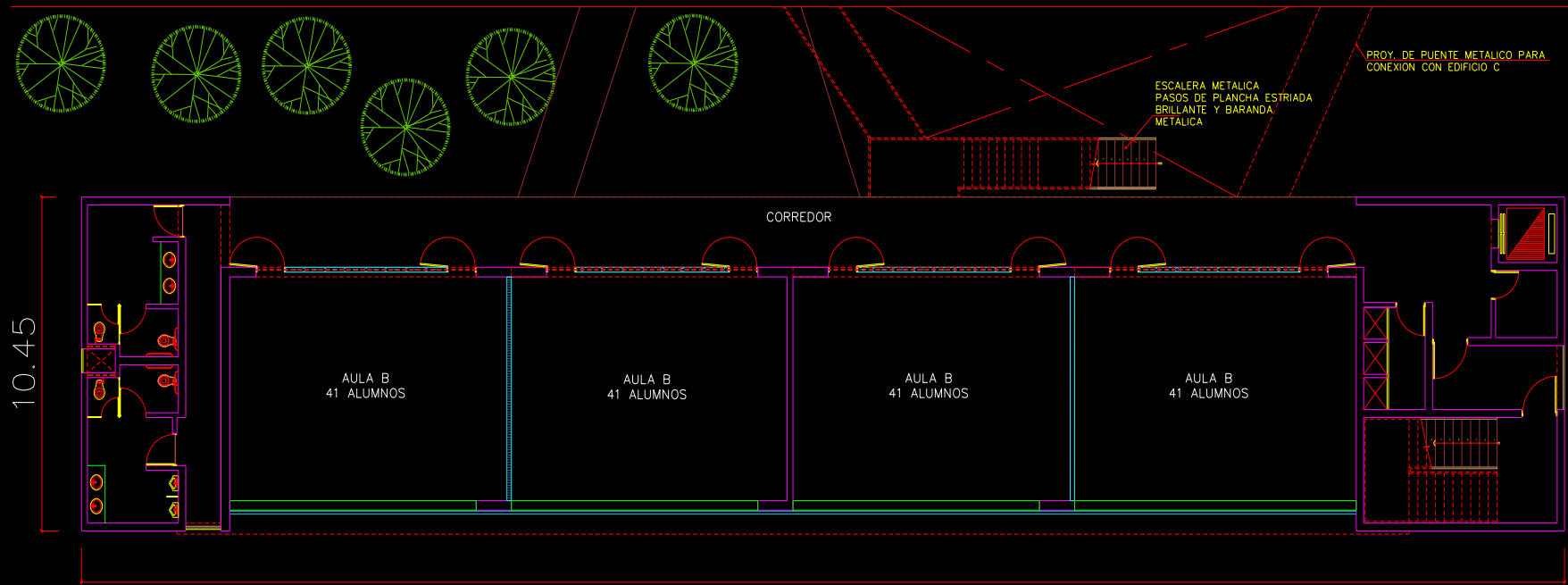
LA ARQUITECTURA DEL PROYECTO ES DE LOS ARQS. PEDRO BELAUNDE Y JUAN REISER.

EN EL INICIO DEL AÑO LECTIVO 2008 SE USARON POR PRIMERA VEZ PARTE DE SUS INSTALACIONES (EN LOS EDIFICIOS DE 5 PISOS).

EL PROYECTO CONSTA DE TRES EDIFICIOS, UN BLOQUE DE ESCALERA INDEPENDIENTE, ESCALERAS METÁLICAS ADOSADAS, PUENTES METÁLICOS DE CONEXIÓN ENTRE EDIFICIOS.

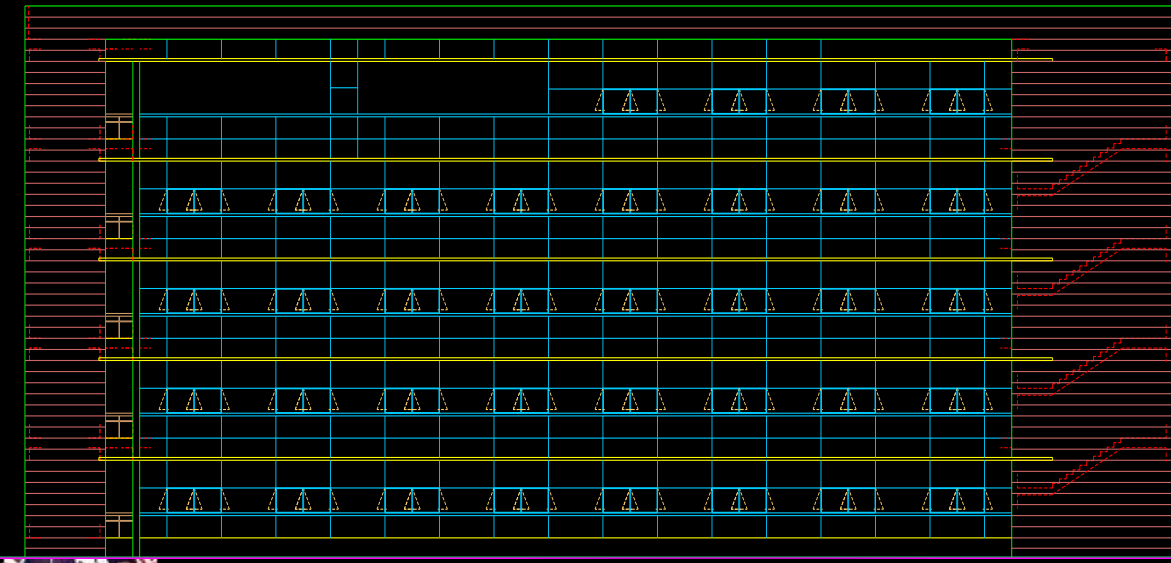
EL EDIFICIO C TIENE 12 PISOS Y SÓTANO.

LOS EDIFICIOS A Y B TIENEN 5 PISOS.



Vista en Planta

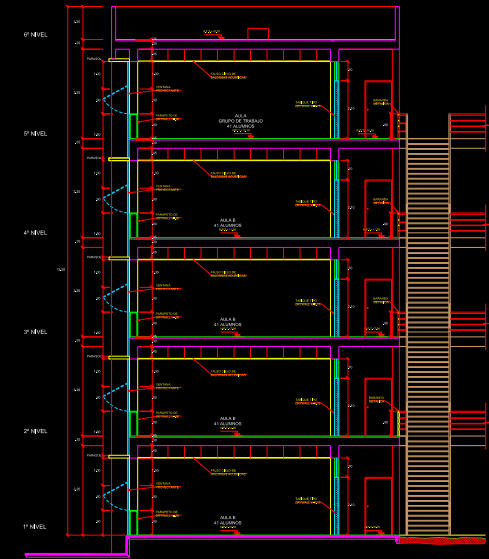
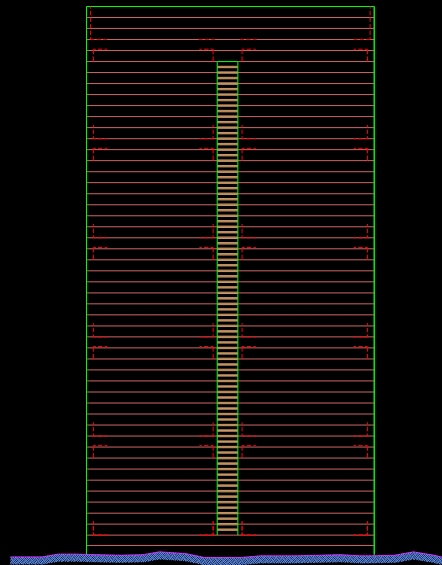
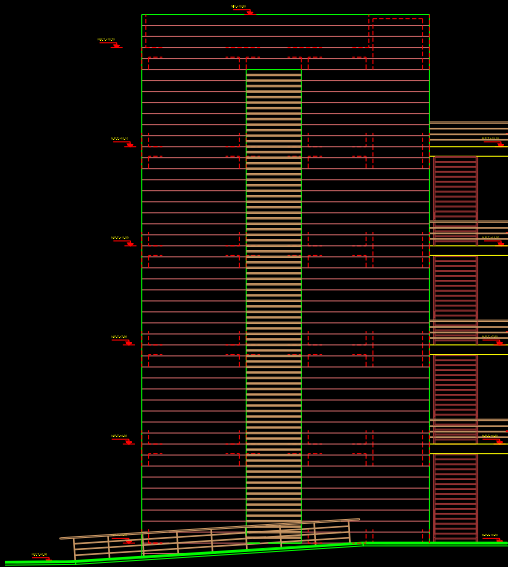
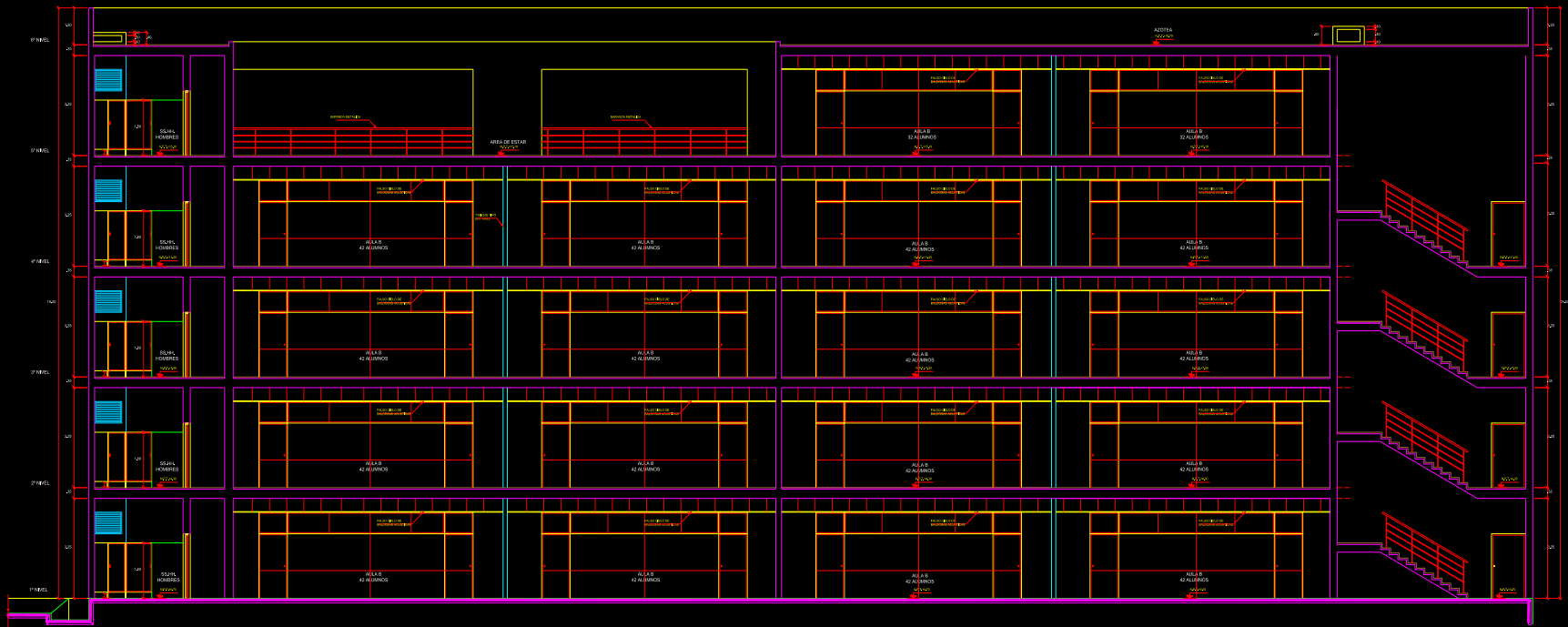
50.55



Fachada

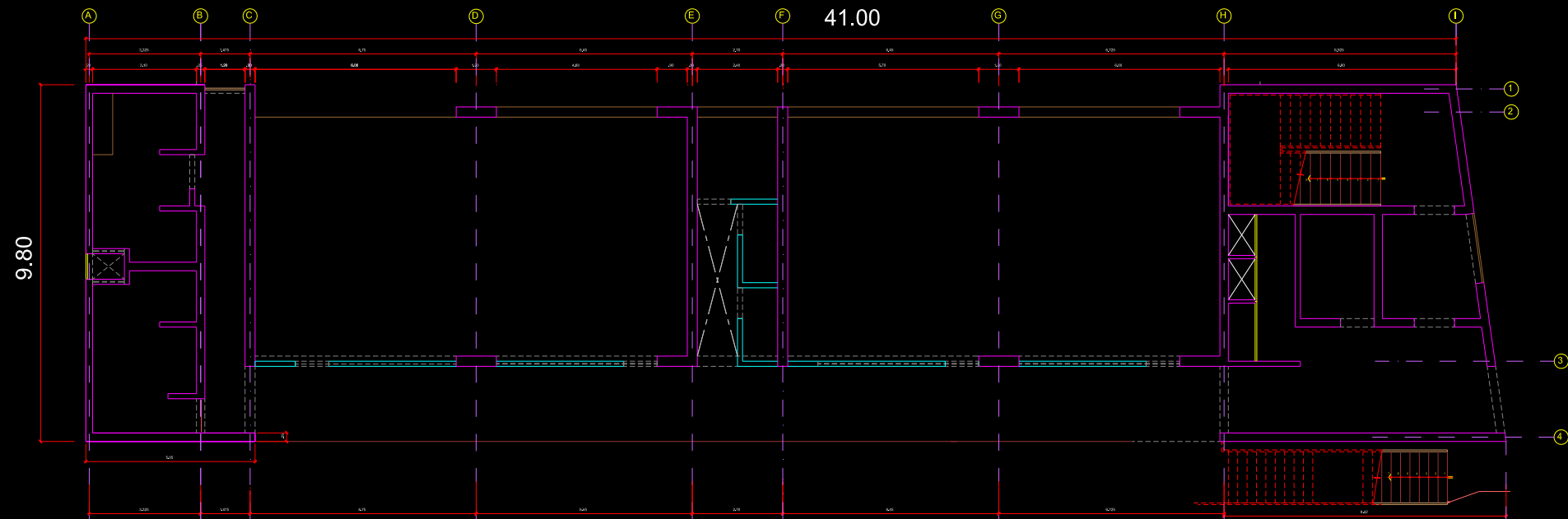
EDIFICIO “A” tiene planta rectangular de 50.55m x 10.45m.



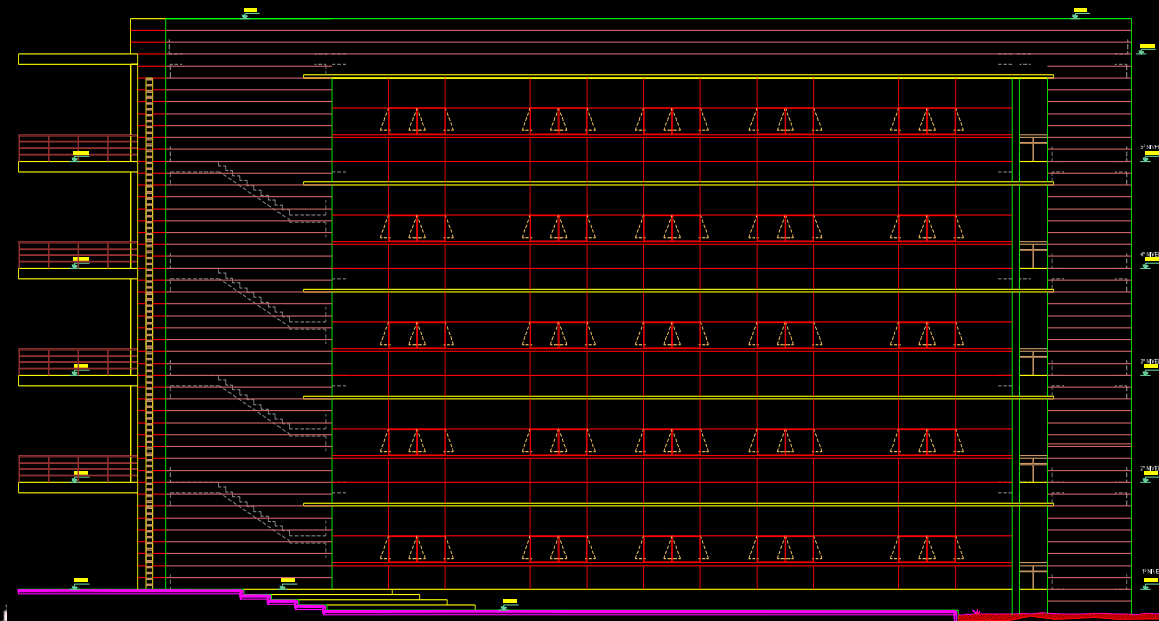


Vista Laterales y Cortes del Edificio “A”



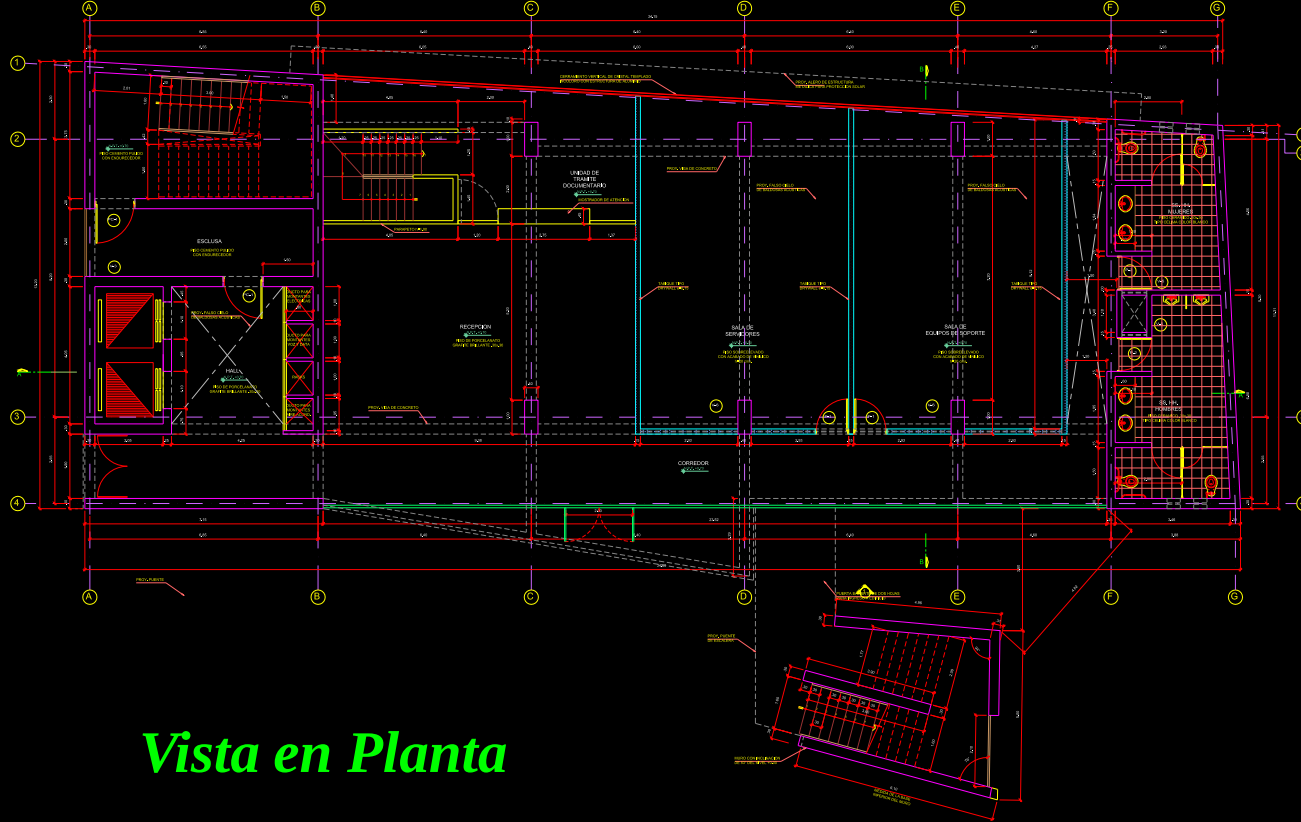


Vista en Planta



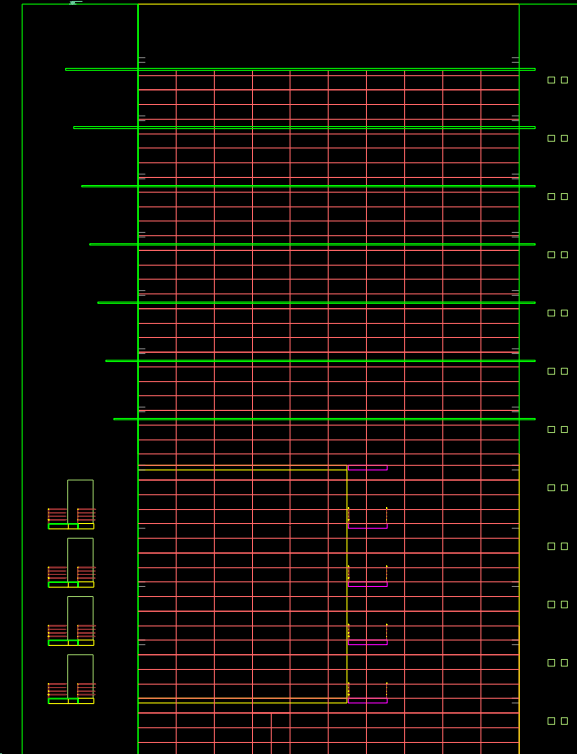
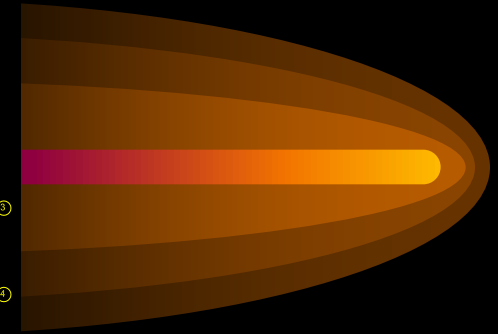
Fachada

EDIFICIO “B” tiene planta rectangular de 41.00m x 9.80m.



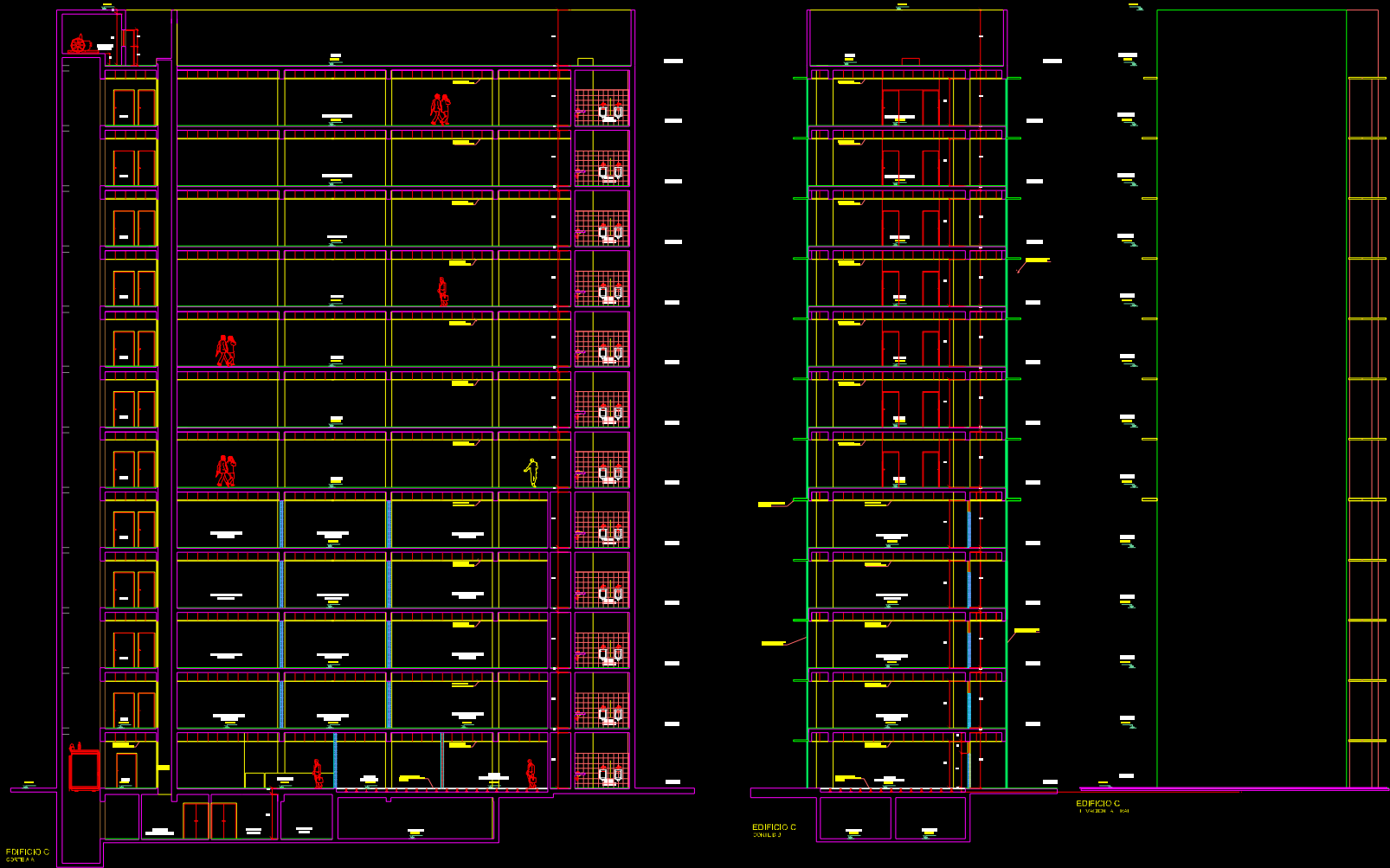
Vista en Planta

EDIFICIO “C” tiene planta rectangular de 12.00m x 34.00m. tiene un sótano destinado para las cisternas, el cuarto de bombas y el cuarto de tableros.



Fachada

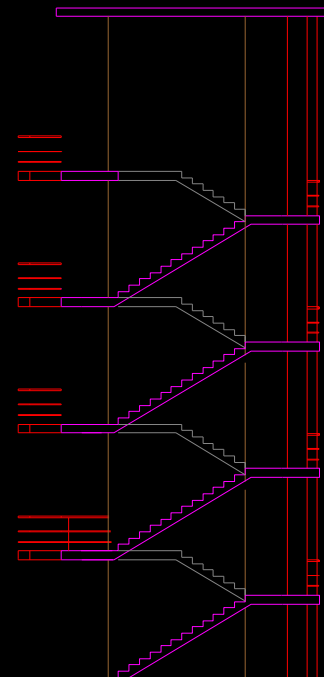
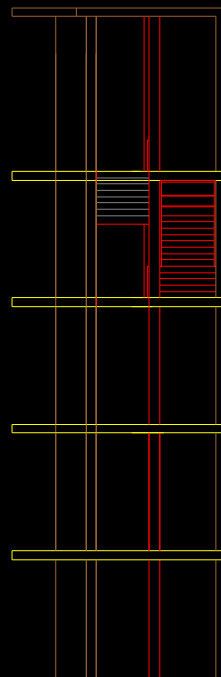
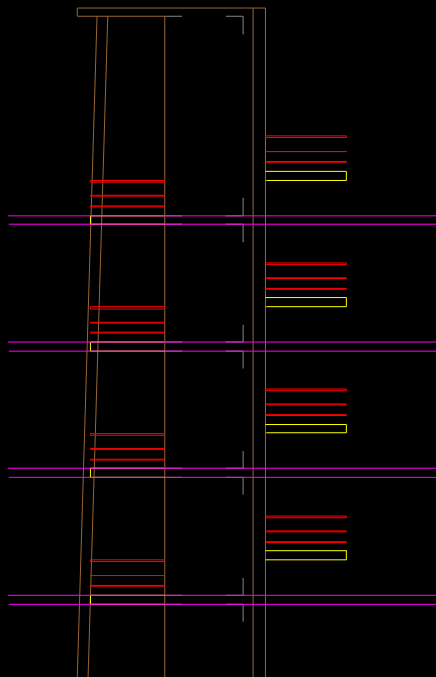
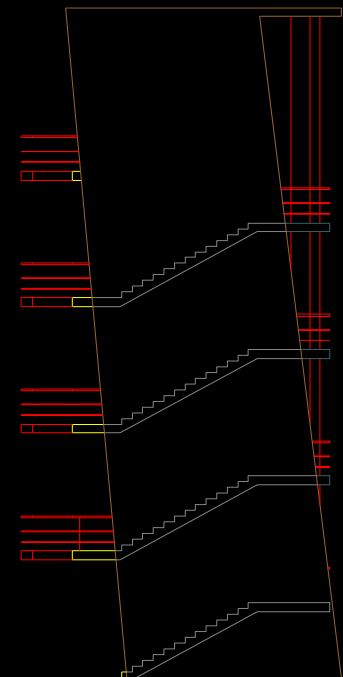
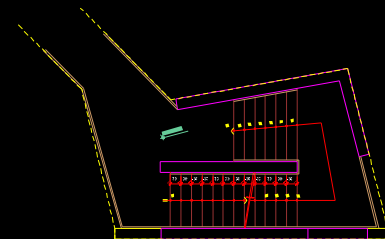
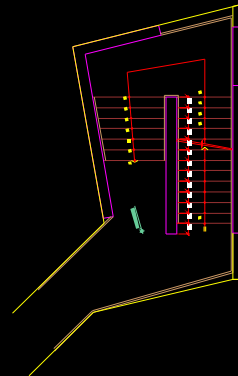
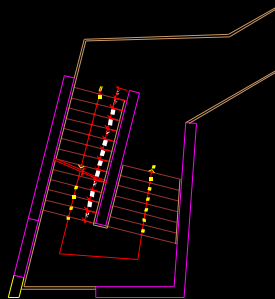
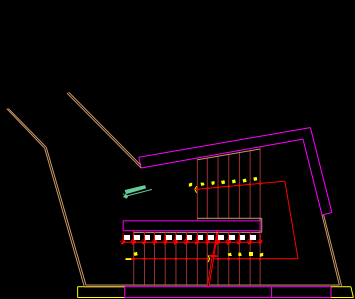




Vista Laterales y Cortes del Edificio “C”

Estos edificios (A, B y C) están estructurados en base a losas aligeradas de concreto, vigas, columnas y placas de concreto armado.





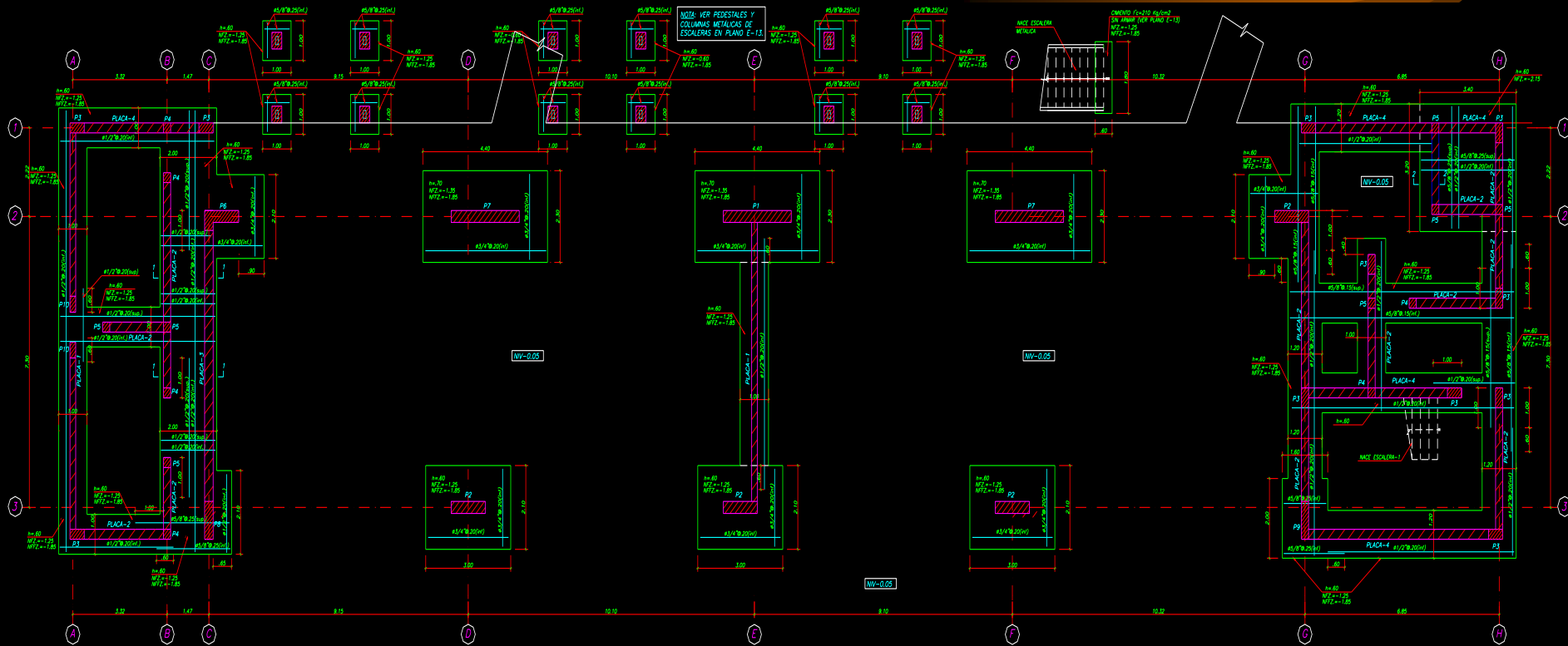
Escalera Exterior del Edificio “C”



CIMENTACIÓN DE LOS *EDIFICIOS*



La cimentación de los edificios está compuesta por zapatas aisladas y cimientos corridos de concreto armado.



CIMENTACIÓN DEL EDIFICIO "A"



Para el dimensionamiento de estos elementos, se consideraron los parámetros del estudio de suelos, que se repiten a continuación:

- Tipo de cimentación:
Zapatas aisladas y continuas

- Estrato de apoyo de la cimentación:
Grava arenosa medianamente densa a densa

Parámetros de diseño de la cimentación:

- Profundidad de cimentación: 1.80m
- Presión admisible: 5.0 kg/cm²
- Factor de seguridad por corte: >3.0 (estático) y >2.5 (dinámico)
- Asentamiento diferencial máximo aceptable: 0.80cm
- Agresividad del suelo a la cimentación: no detectada



Recomendaciones adicionales:

- - No debe cimentarse sobre turba, suelo orgánico, tierra vegetal, desmonte, relleno sanitario o relleno artificial. Estos materiales inadecuados deberán ser removidos en su totalidad antes de construir la edificación y deberán ser reemplazados con materiales adecuados debidamente compactados.
- - Se recomienda adicionalmente pintar todos los costados de los cimientos y sobrecimientos con pintura de base asfáltica.



Análisis Sísmico

El análisis para fuerzas laterales de sismo fue realizado considerando los lineamientos y parámetros de la Norma de Diseño Sismorresistente vigente E-030.

Se consideraron los siguientes coeficientes para la determinación de la fuerza cortante en la base:

$$V = \frac{ZUCS}{R} \times P$$

$$Z = 0.4$$

Coeficiente para la Zona III del mapa sísmico del Perú

$$U = 1.3$$

Edificaciones importantes

$$S = 1.0$$

Suelos rígidos

$$R = 6.0$$

Placas de concreto armado.



Edificios A y B

$C_x = 2.5$ en la dirección larga del edificio (x-x)

$C_y = 2.5$ en la dirección corta del edificio (y-y)

Edificio C

$C_x = 0.93$ en la dirección larga del edificio (x-x)

$C_y = 1.57$ en la dirección corta del edificio (y-y)

(Coeficientes de amplificación correspondientes a los períodos fundamentales de la estructura y al tipo de suelo)

En base a estos coeficientes se obtuvo los siguientes cortantes basales:

Edificios A y B (Ambas direcciones) $V = 21.7\% P$

 **Edificio C** (Dirección X-X) $V = 8.06\% P$
(Dirección Y-Y) $V = 13.6\% P$

Siendo el P el peso del edificio considerando el 100% de la carga muerta y el 50% de la carga viva.

Los desplazamientos máximos para los 3 edificios fueron los siguientes:

Edificio A

Desplazamiento total = 2.23 cm.

Desplazamiento de entrepiso = 0.51 cm.

Edificio B

Desplazamiento total = 2.10 cm.

Desplazamiento de entrepiso = 0.49 cm.

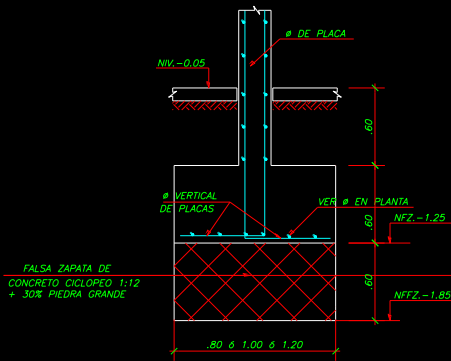
Edificio C

Desplazamiento total = 15.4 cm.

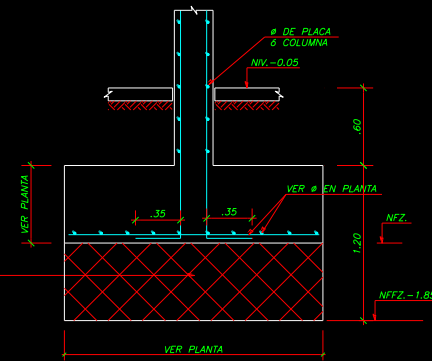
Desplazamiento de entrepiso = 1.57 cm.



CIMENTACIÓN DEL EDIFICIO "A"

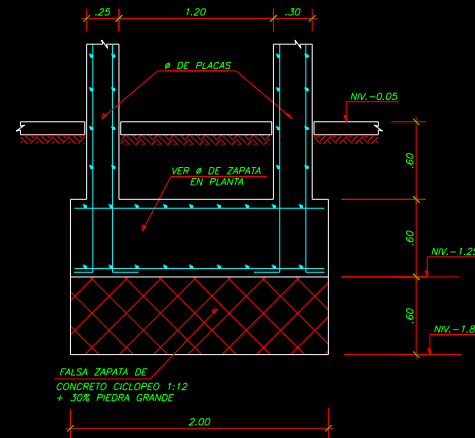


(CIMENTOS CORRIDOS PARA PLACAS)

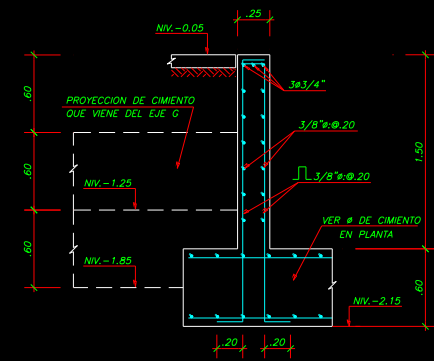


(ZAPATAS PARA COLUMNAS)

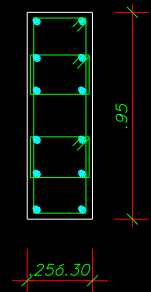
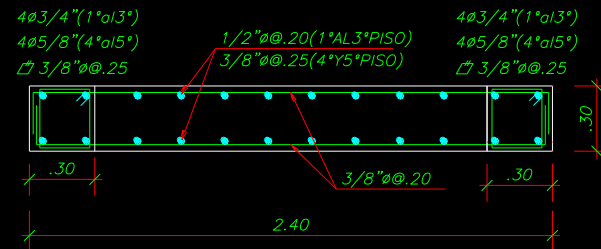
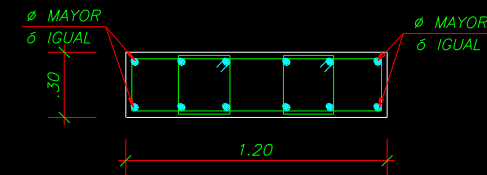
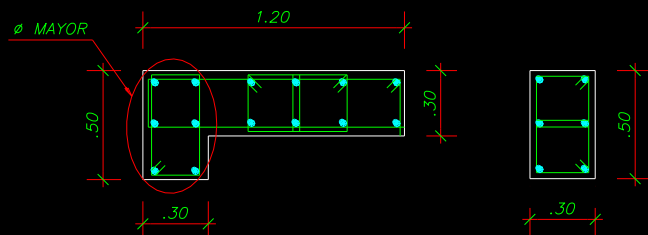
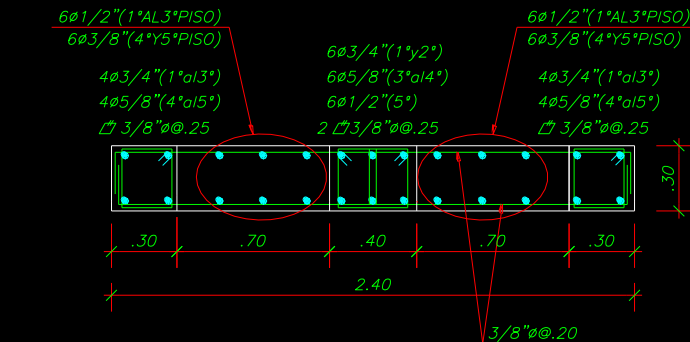
DETALLE TIPICO DE CIMENTOS CORRIDOS y ZAPATAS



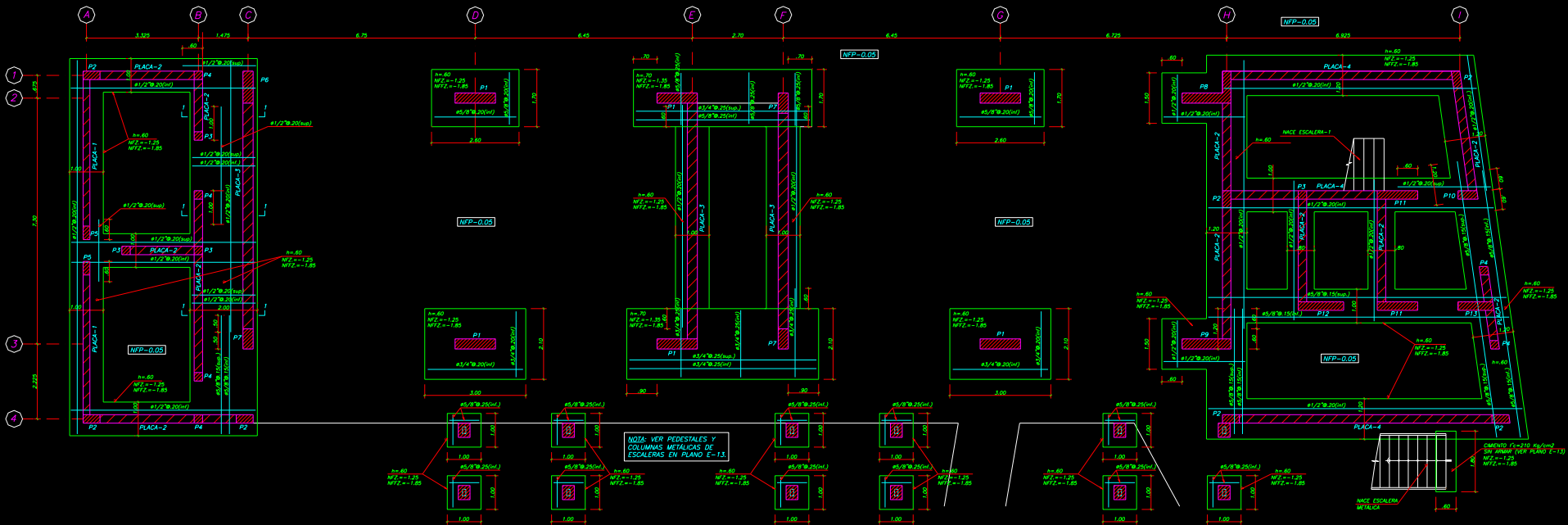
CORTE 1-1



CORTE 2-2



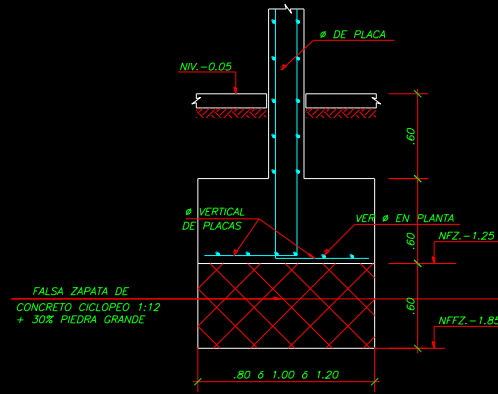
CIMENTACIÓN DEL EDIFICIO "B"



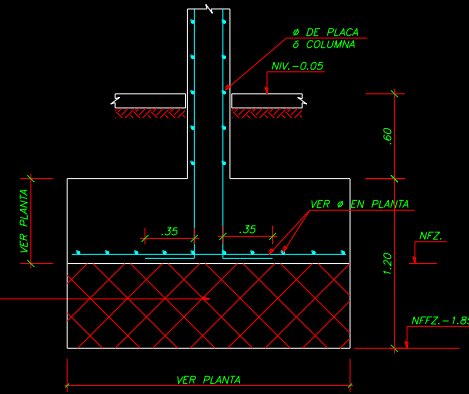
PLANTA DE CIMENTACIÓN



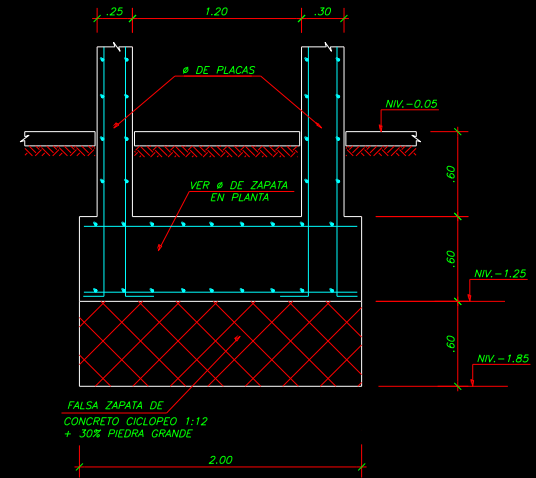
CIMENTACIÓN DEL EDIFICIO "B"



(CIMENTOS CORRIDOS PARA PLACAS)

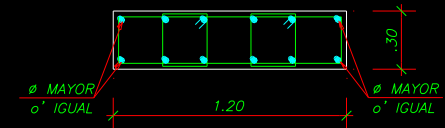
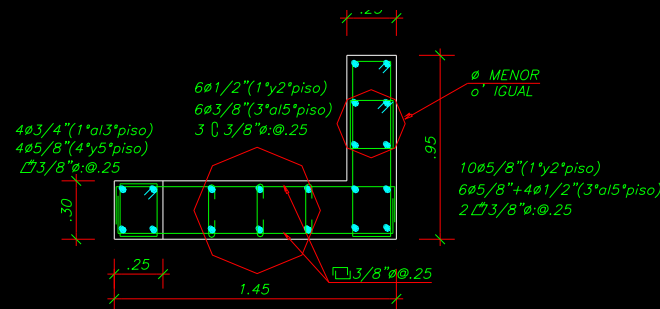
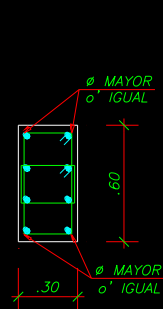


(ZAPATAS PARA COLUMNAS)

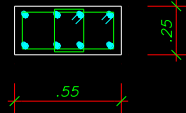
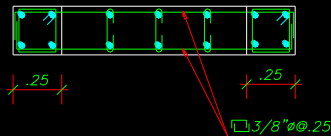


CORTE 1-1

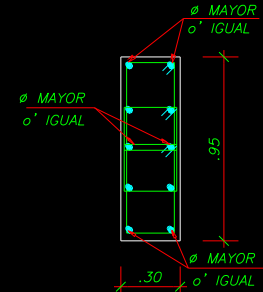
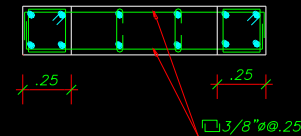
DETALLE TIPICO DE CIMENTOS CORRIDOS y ZAPATAS



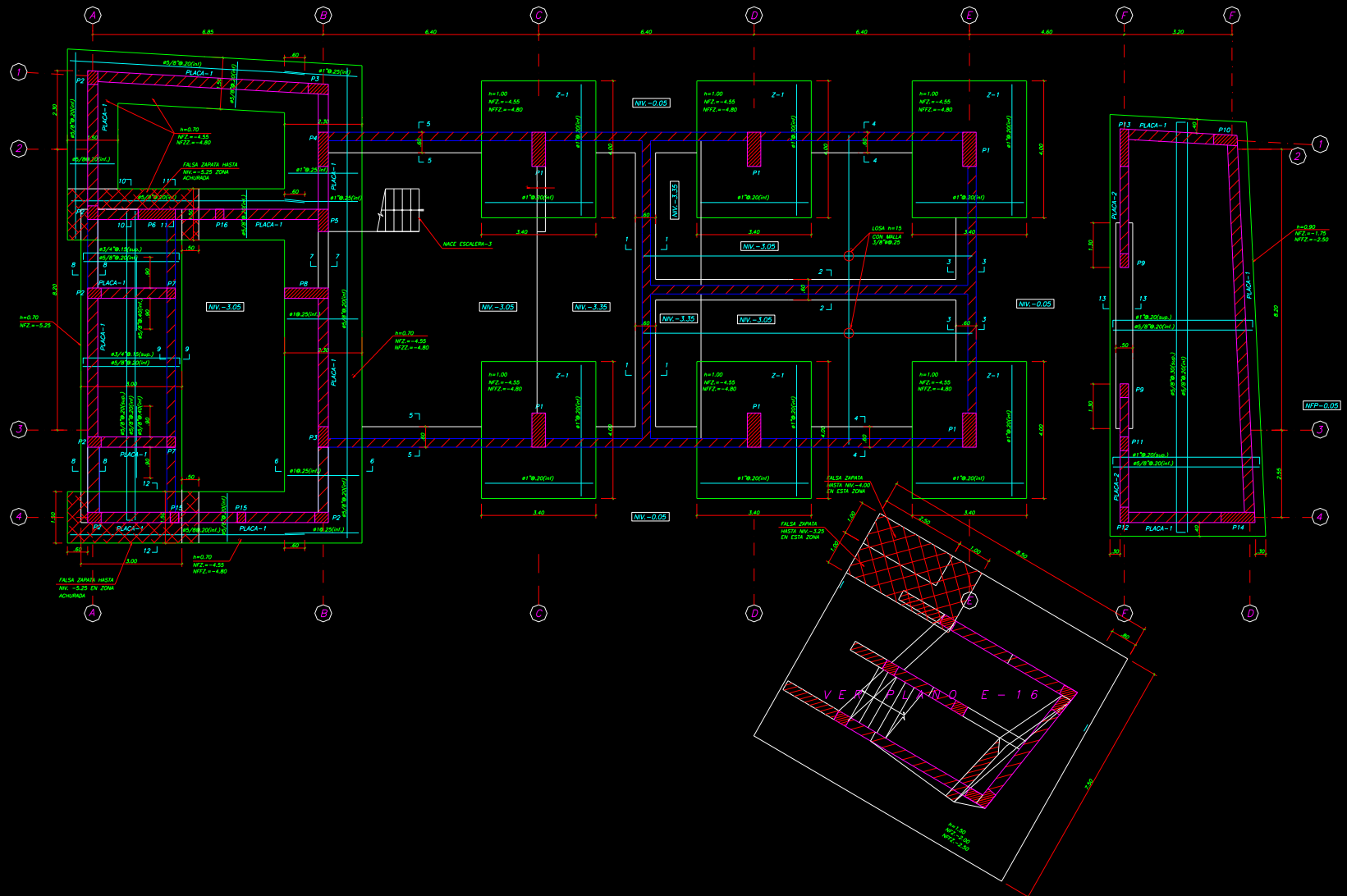
4#3/4"(1'al3"piso) 6#5/8"(1'y2"piso) 4#3/4"(1'al3"piso)
4#5/8"(4'y5"piso) 6#1/2"(3'al5"piso) 4#5/8"(4'y5"piso)
2#3/8"ø@.25 3#3/8"ø@.25 2#3/8"ø@.25



4#3/4"(1'al3"piso) 4#5/8"(1'y2"piso) 4#3/4"(1'al3"piso)
4#5/8"(4'y5"piso) 4#1/2"(3'al5"piso) 4#5/8"(4'y5"piso)
2#3/8"ø@.25 2#3/8"ø@.25 2#3/8"ø@.25

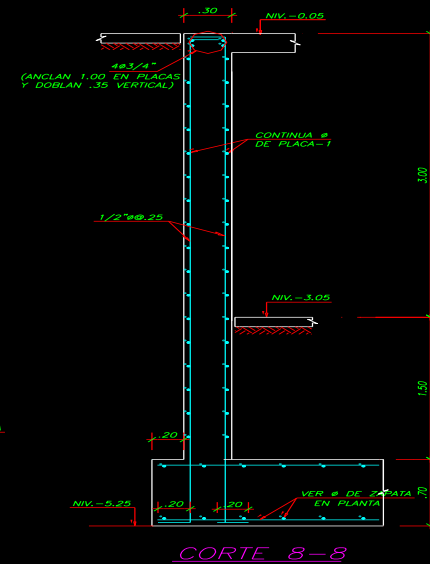
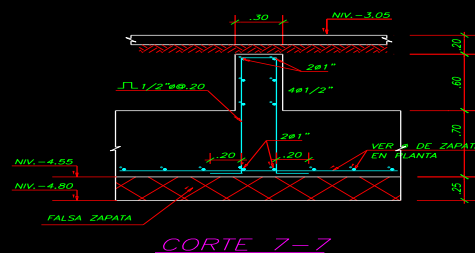
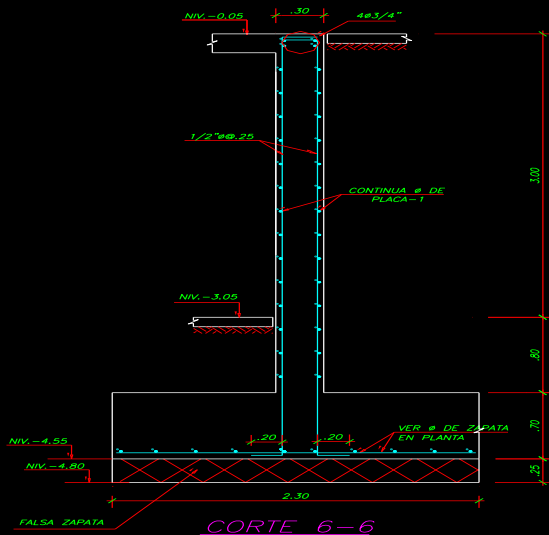
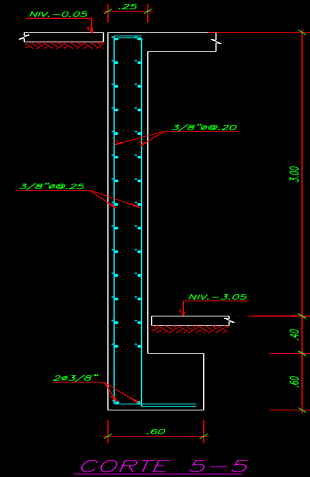
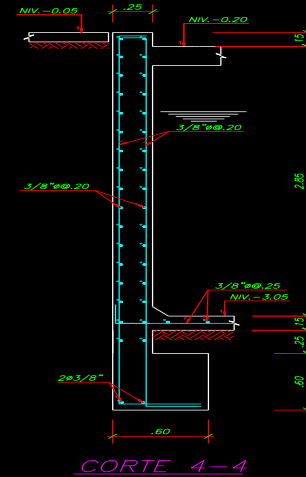
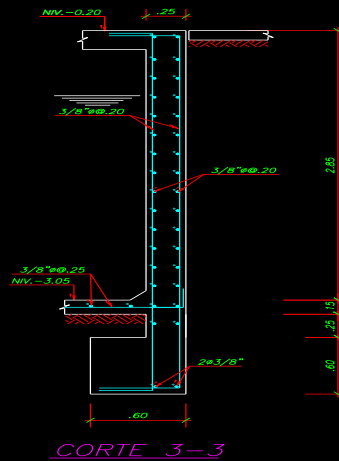
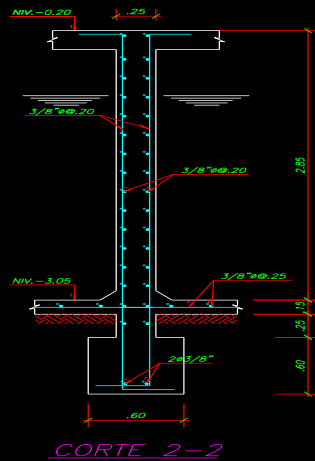
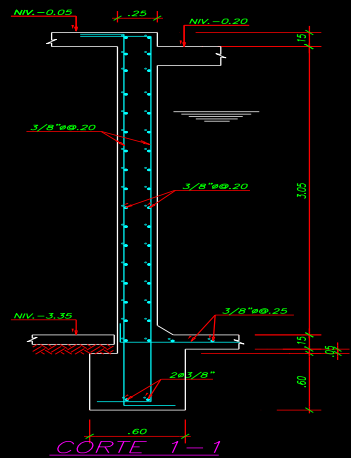


CIMENTACIÓN DEL EDIFICIO "C"

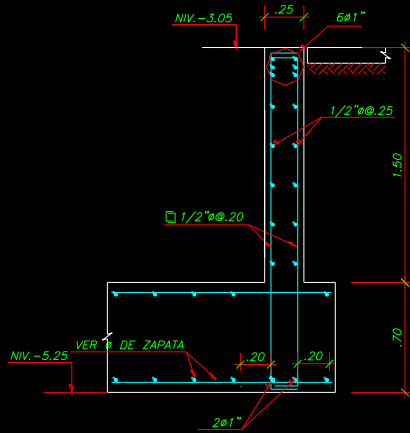


PLANTA DE CIMENTACION

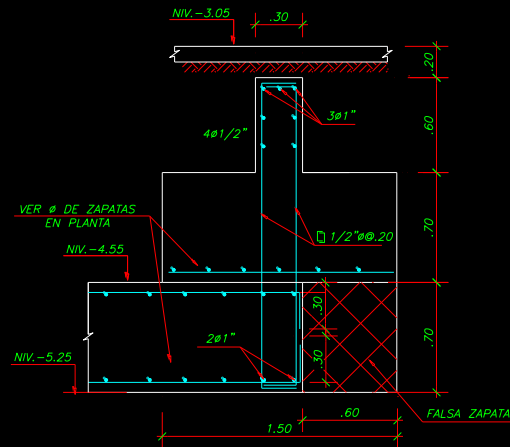
CIMENTACIÓN DEL EDIFICIO "C"



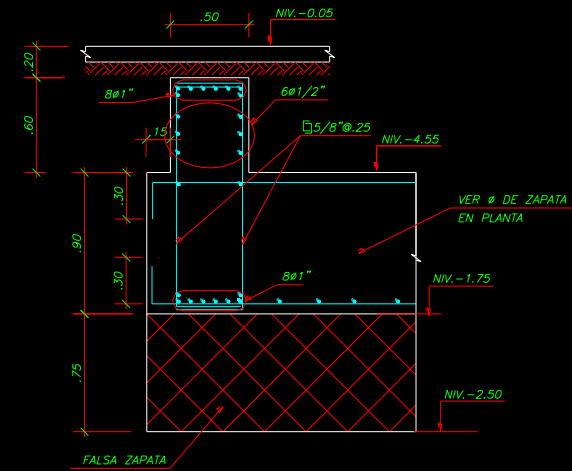
CIMENTACIÓN DEL EDIFICIO "C"



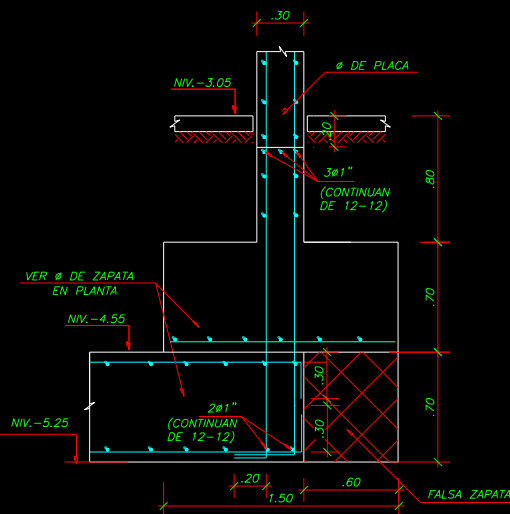
CORTE 9-9



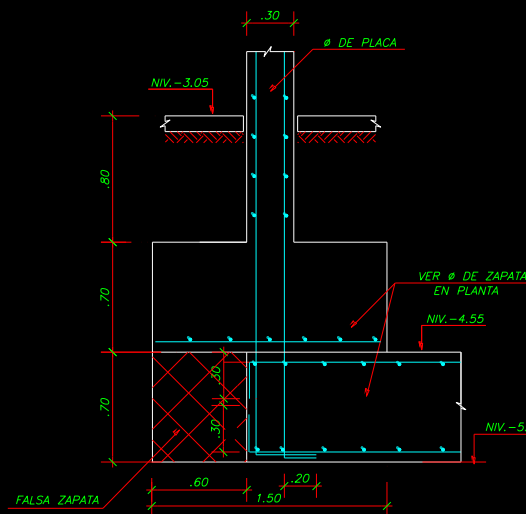
CORTE 10-10



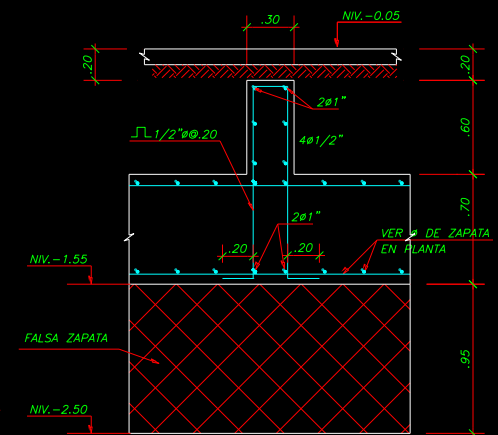
CORTE 13-13



CORTE 11-11



CORTE 12-12



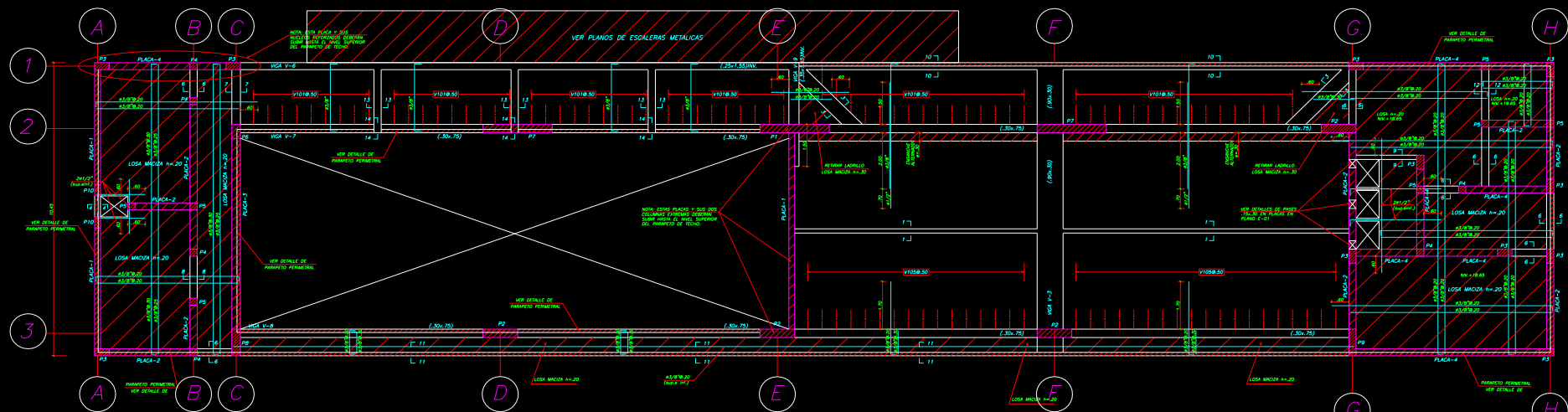
CORTE 14-14



ESTRUCTURACION DE LOS EDIFICIOS A, B y C



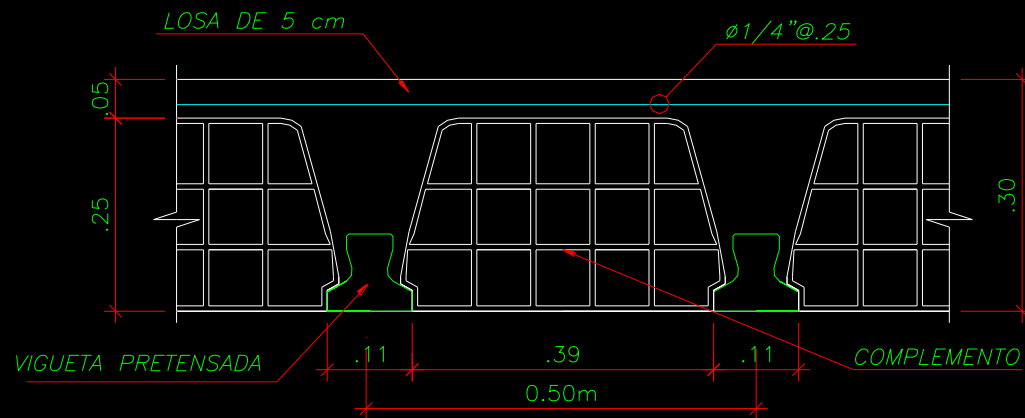
LOSA MACIZA $h=.20$ (ZONA ACHURADA)
 ALIGERADO $h=.30$ CON VIGUETAS FIRTH @ .50 (RESTO)
 $S/c=400$ Kg/m² (CORREDORES)
 $S/c=300$ Kg/m² (RESTO)



LOSA MACIZA $h=.20$ (ZONA ACHURADA)
ALIGERADO $h=.30$ CON VIGUETAS FIRTH @ .50 (RESTO)
 $S/c=100 \text{ Kg/m}^2$

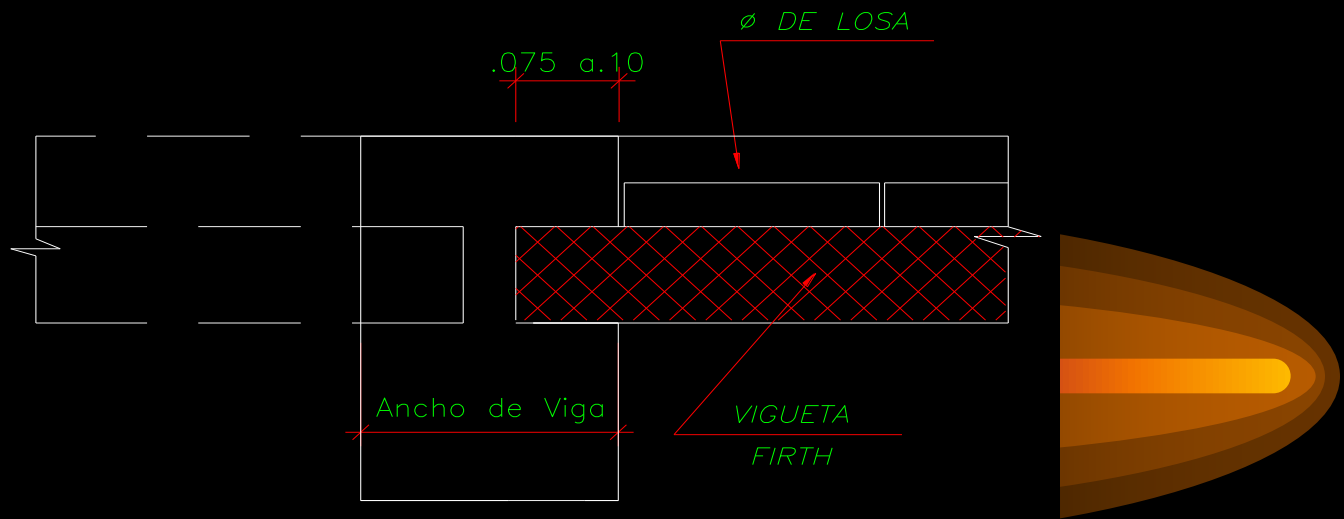
ESTRUCTURACION DE LOS EDIFICIOS A y B

Los edificios “A” y “B” tienen una estructuración similar:
Las losas en la zona central de estos edificios son aligeradas de 30cm de espesor armadas en la dirección corta del edificio (ejes de letras), con viguetas prefabricadas espaciadas a 50cm a ejes.

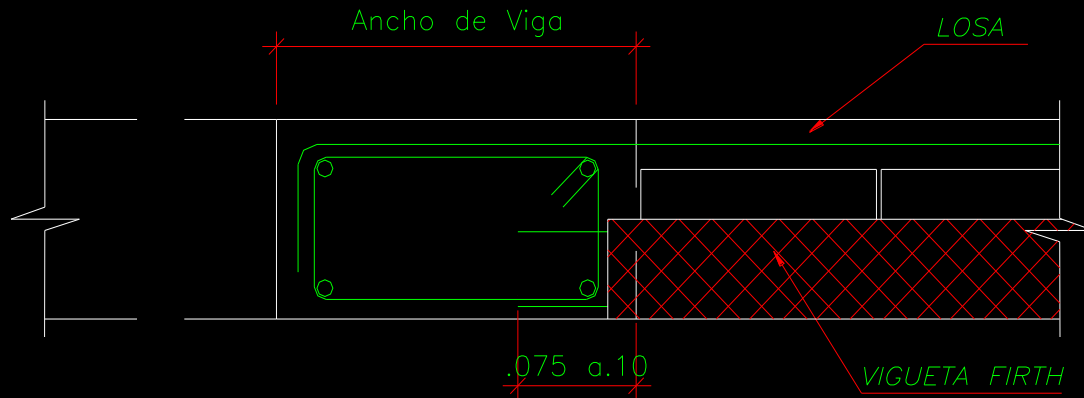


DETALLE DE ALIGERADO H=.30@.50





DETALLE DE APOYO DE VIGUETA EN VIGA PERALTADA



DETALLE DE APOYO DE VIGUETA EN SOLERA O VIGA CHATA

La vigueta debe ingresar a la viga chata por lo menos 2cm de concreto (recubrimiento de viga)





Estas losas se apoyan en dos ejes de columnas y vigas (ejes 2 y 3) y vuelan hacia la fachada para conformar el corredor frontal de los edificios.

La luz entre los ejes 2 y 3 es de 7.00m tanto para el edificio “A” con para el “B”, y los volados tienen una luz de 2.20m.

En los extremos de los edificios, donde se tiene placas importantes en ambas direcciones, se han utilizado losas macizas de 20cm de espesor.

Las vigas que corren a lo largo del edificio en los ejes 2 y 3 son de 30cm de ancho y 70cm de peralte. Estas vigas se apoyan en columnas de 30cm de ancho y largo variable. En la otra dirección (dirección corta del edificio) se tienen vigas chatas en la zona central del edificio

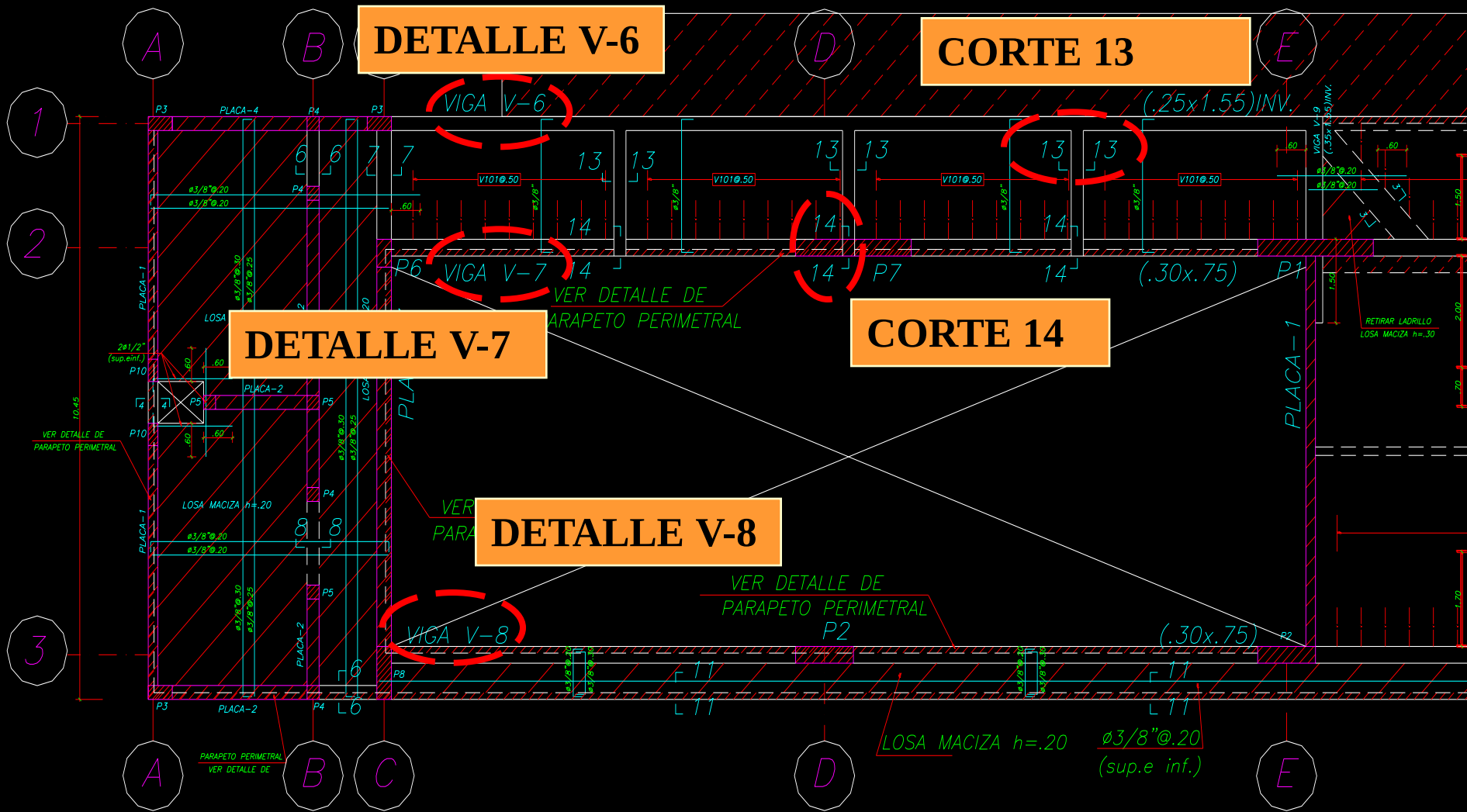




En los extremos del edificio se tienen placas en las dos direcciones principales, que proveen la **rigidez** y **resistencia** necesaria ante las acciones laterales de sismo.



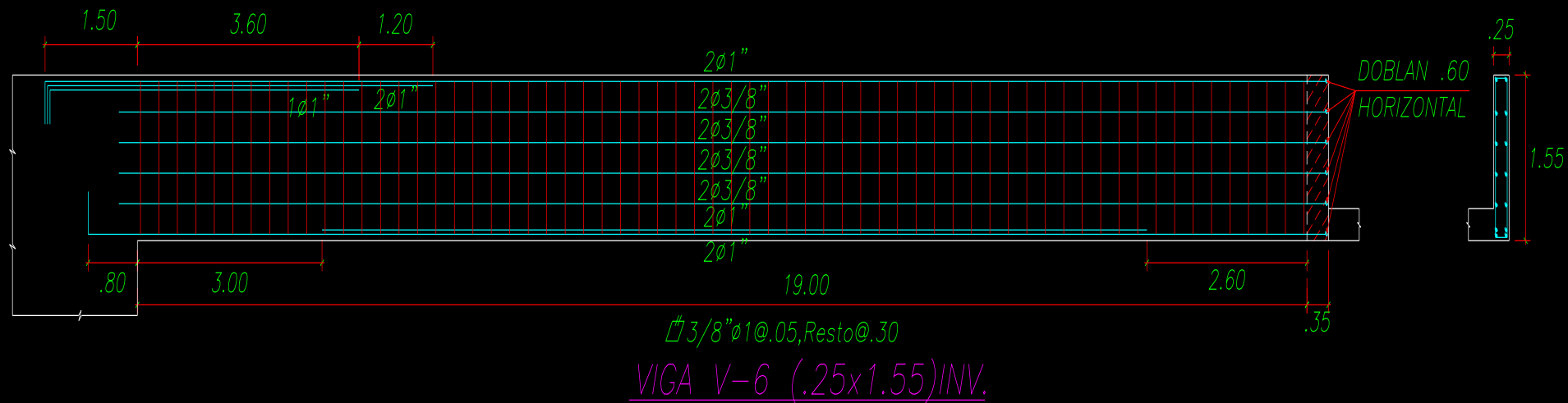
ENCOFRADO DEL 5º PISO



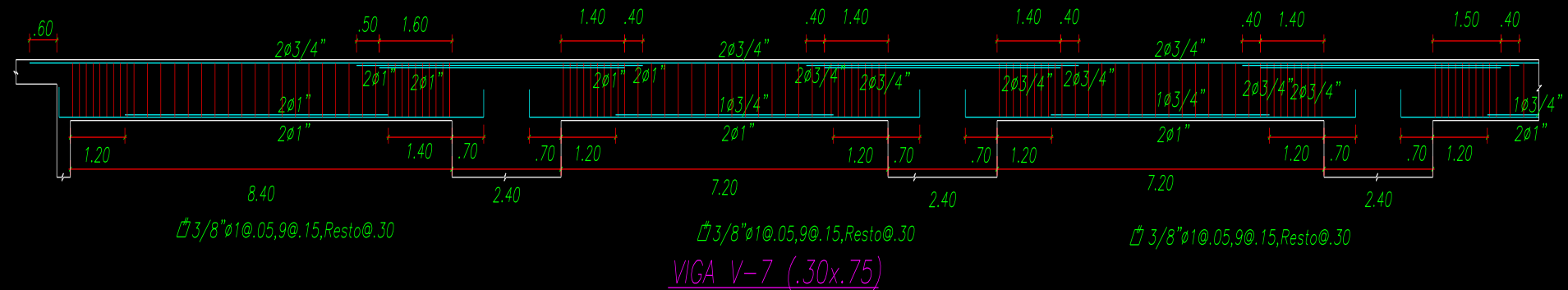
ENCOFRADO 5º PISO



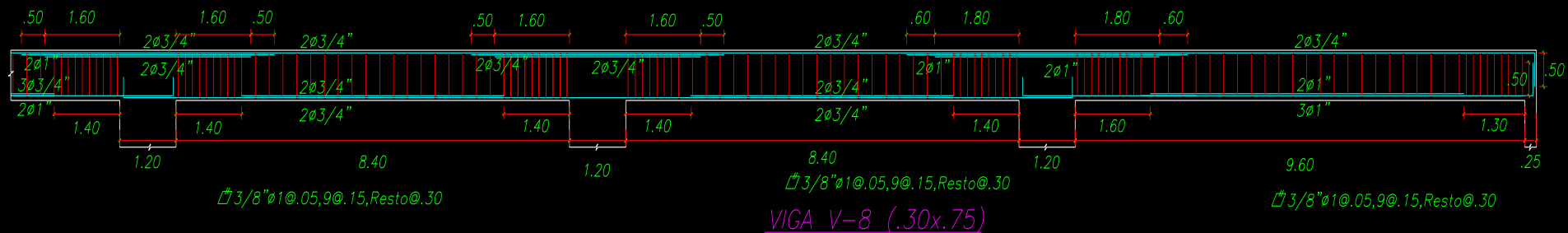
DETALLE V-6



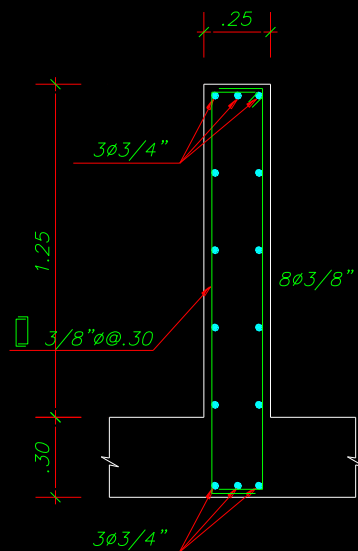
DETALLE V-7



DETALLE V-8

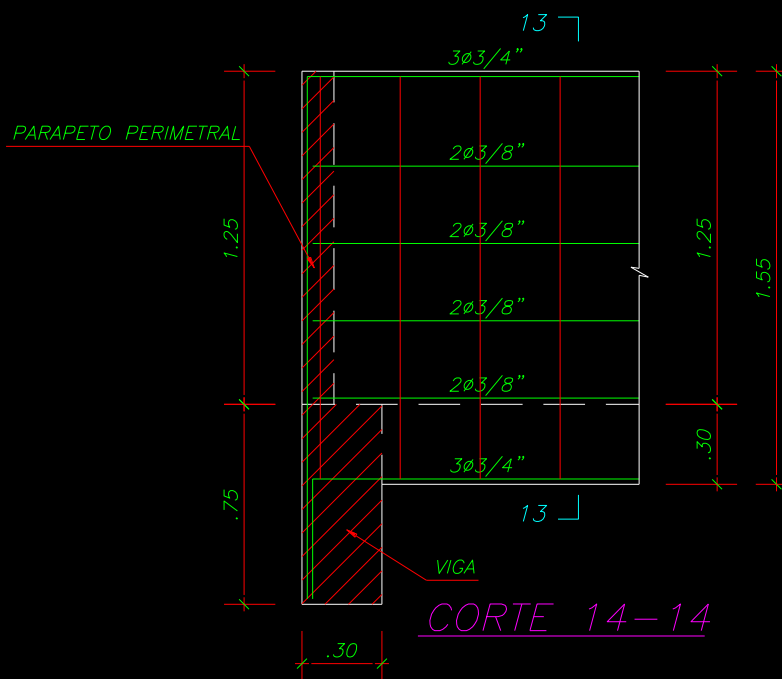


CORTE 13



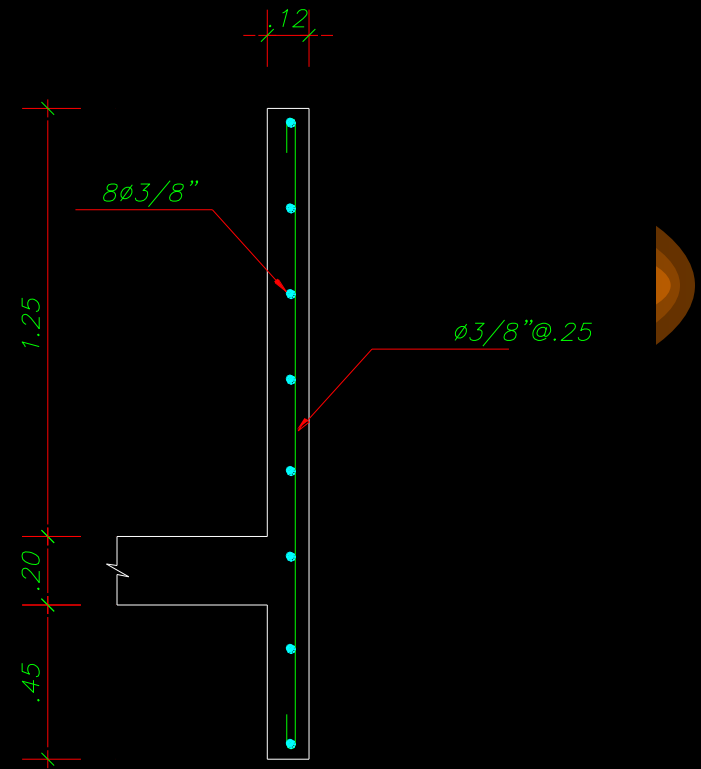
CORTE 13-13

CORTE 14



CORTE 14-14

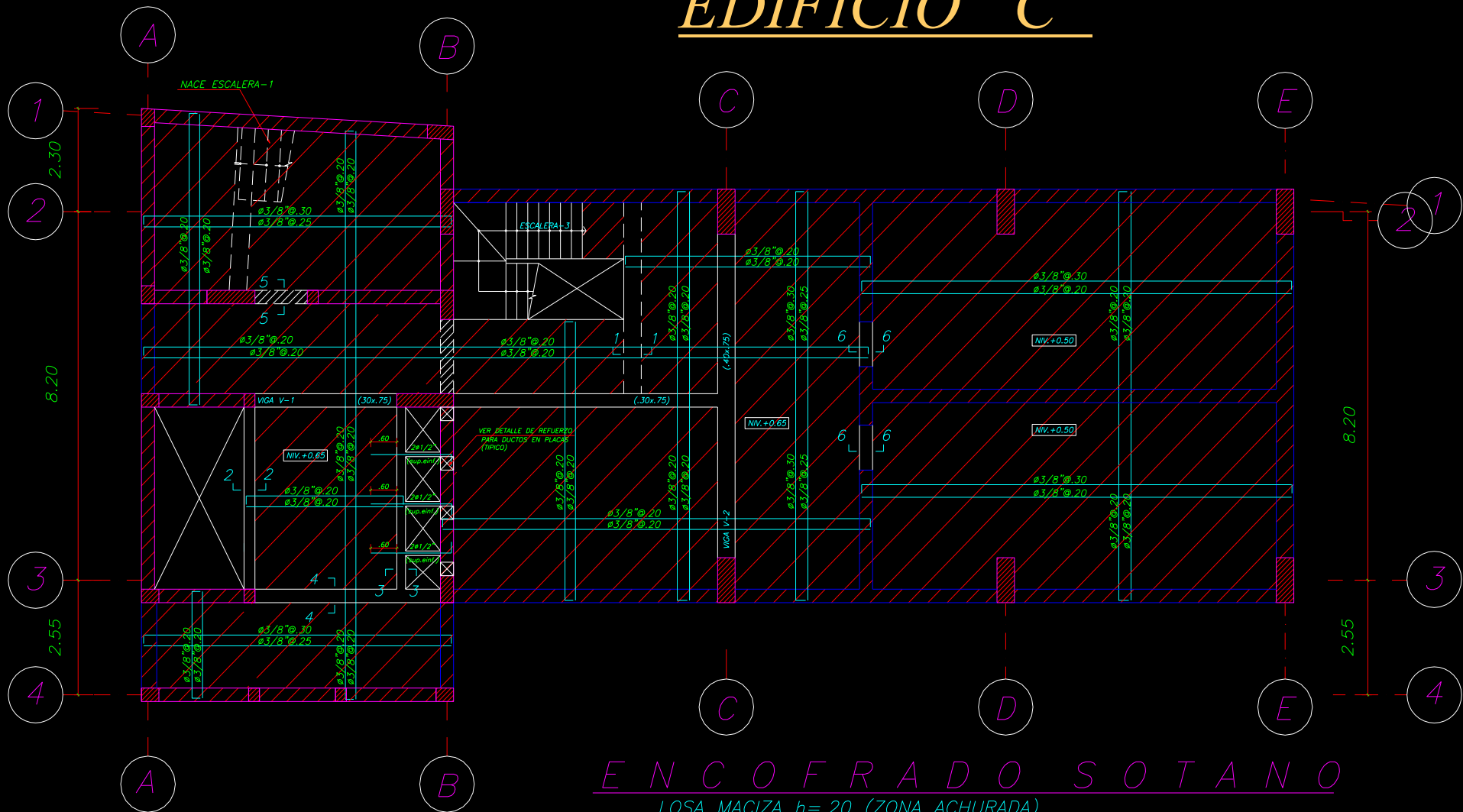




CORTE 11-11

Detalle de parapeto perimetral

EDIFICIO "C"



LOSA MACIZA $h=.20$ (ZONA ACHURADA)

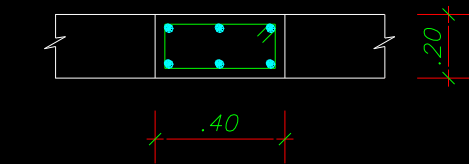
$S/c=350$ Kg/m² (AULAS)

$S/c=400$ Kg/m² (CORREDORES)

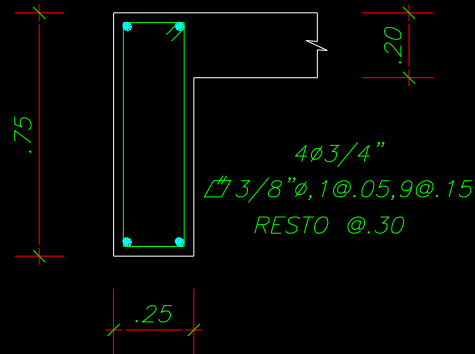
ENCOFRADO DEL SOTANO



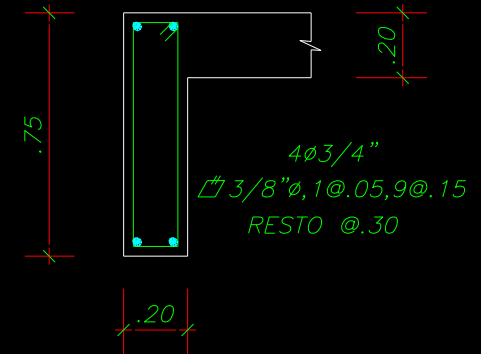
DETALLES DE LA LOSA MACIZA DEL SOTANO DEL EDIFICIO "C"



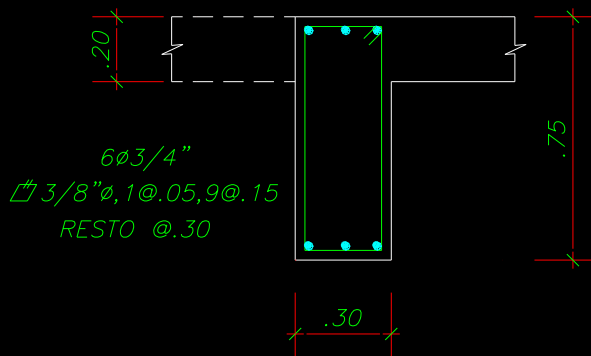
CORTE 1-1



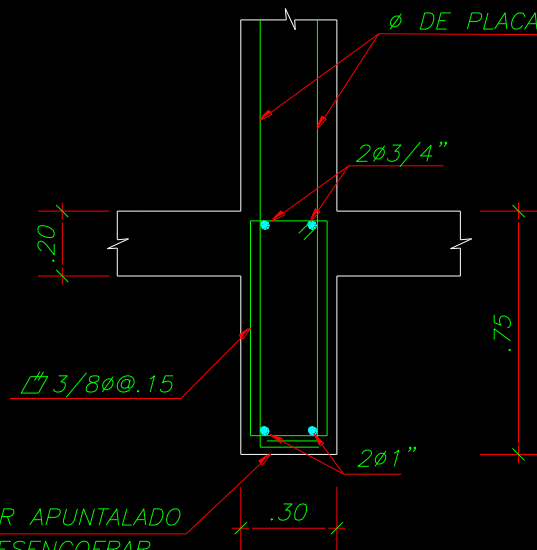
CORTE 2-2



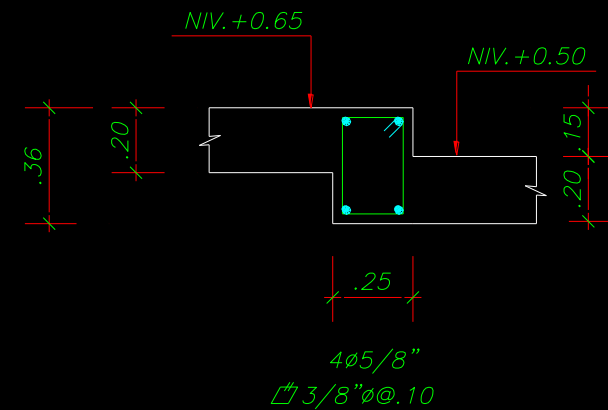
CORTE 3-3



CORTE 4-4



CORTE 5-5



CORTE 6-6

ESTRUCTURACION DEL EDIFICIO “C”

En la zona central del edificio “C” se tienen losas aligeradas de 25cm de espesor, orientadas en la dirección larga del edificio (ejes de números), con viguetas prefabricadas espaciadas cada 50cm a ejes. Estas losas tienen luces libres de 6.00m. En los extremos del edificio, donde se encuentran las placas principales en ambas direcciones, se han utilizado losas macizas de 20cm de espesor.



DETALLE V-9

ENCOFRADO 1º PISO

LOSA MACIZA (ZONA ACHURADA CON LINEAS CONTINUAS)

ALIGERADO $h=.25$ CON VIGUETAS FIRTH @.50 (ZONA ACHURADA CON LINEAS DISCONTINUAS)

ALIGERADO $h=.30$ CON VIGUETAS FIRTH @.50 (RESTO - PUENTE ESCALERA-2)

$S/c=350 \text{ Kg/m}^2$ (AULAS)

$S/c=400 \text{ Kg/m}^2$ (CORREDORES)

NOTA: ESTA COLUMNA SE REDUCE
a .30x.40 EN EL 2º PISO

NOTA: ESTE VANO SE ABRE
A PARTIR DEL 2º PISO

PUENTE METALICO
HACIA EL EDIFICIO-A

PUENTE DE CONCRETO
HACIA EL EDIFICIO-B

VER DETALLE DE REFUERZO
PARA DUCTOS EN PLACAS

VER DETALLE DE REFUERZO
PARA DUCTOS EN PLACAS

LOSA MACIZA $h=.30$

LOSA MACIZA $h=.30$

LOSA MACIZA $h=.30$

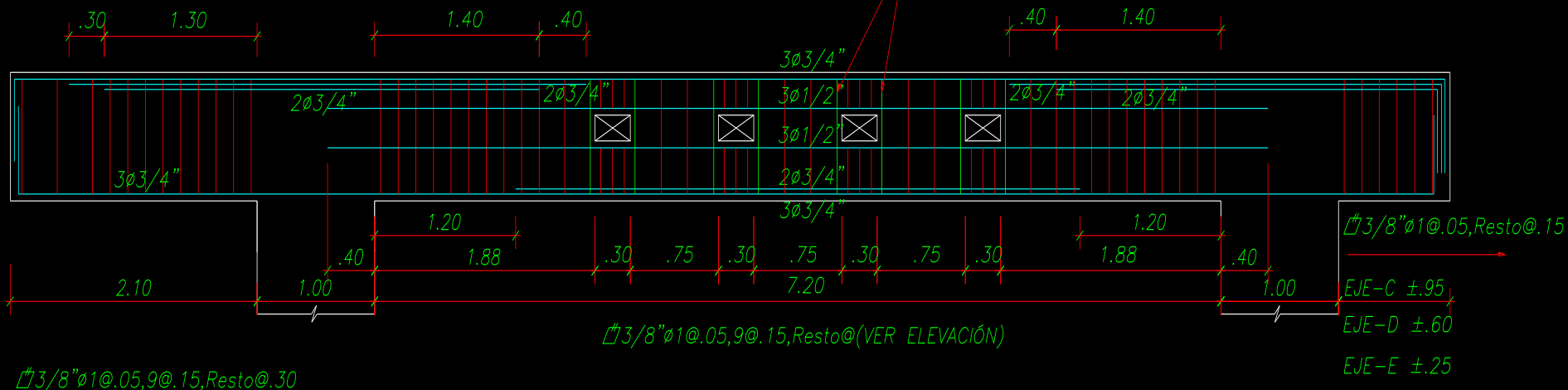
LOSA MACIZA $h=.30$

UBICACION DE PLACA EN NIVEL SUPERIOR

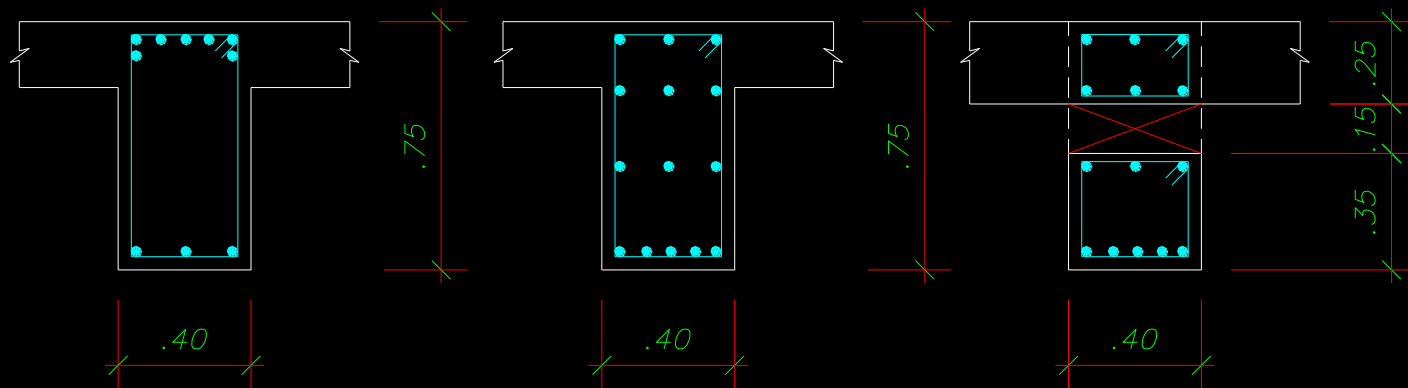
UBICACION DE PLACA EN NIVEL INFERIOR

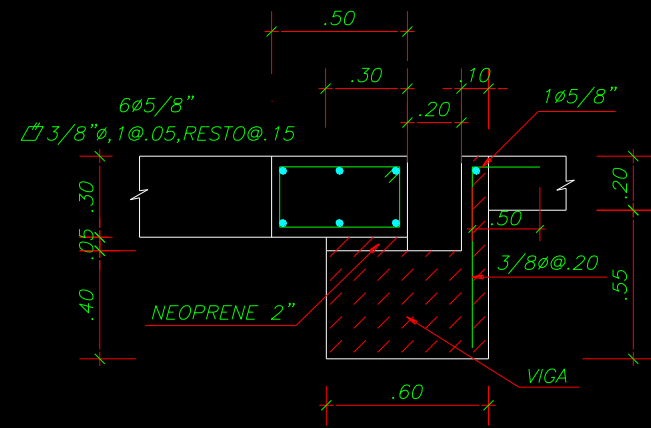
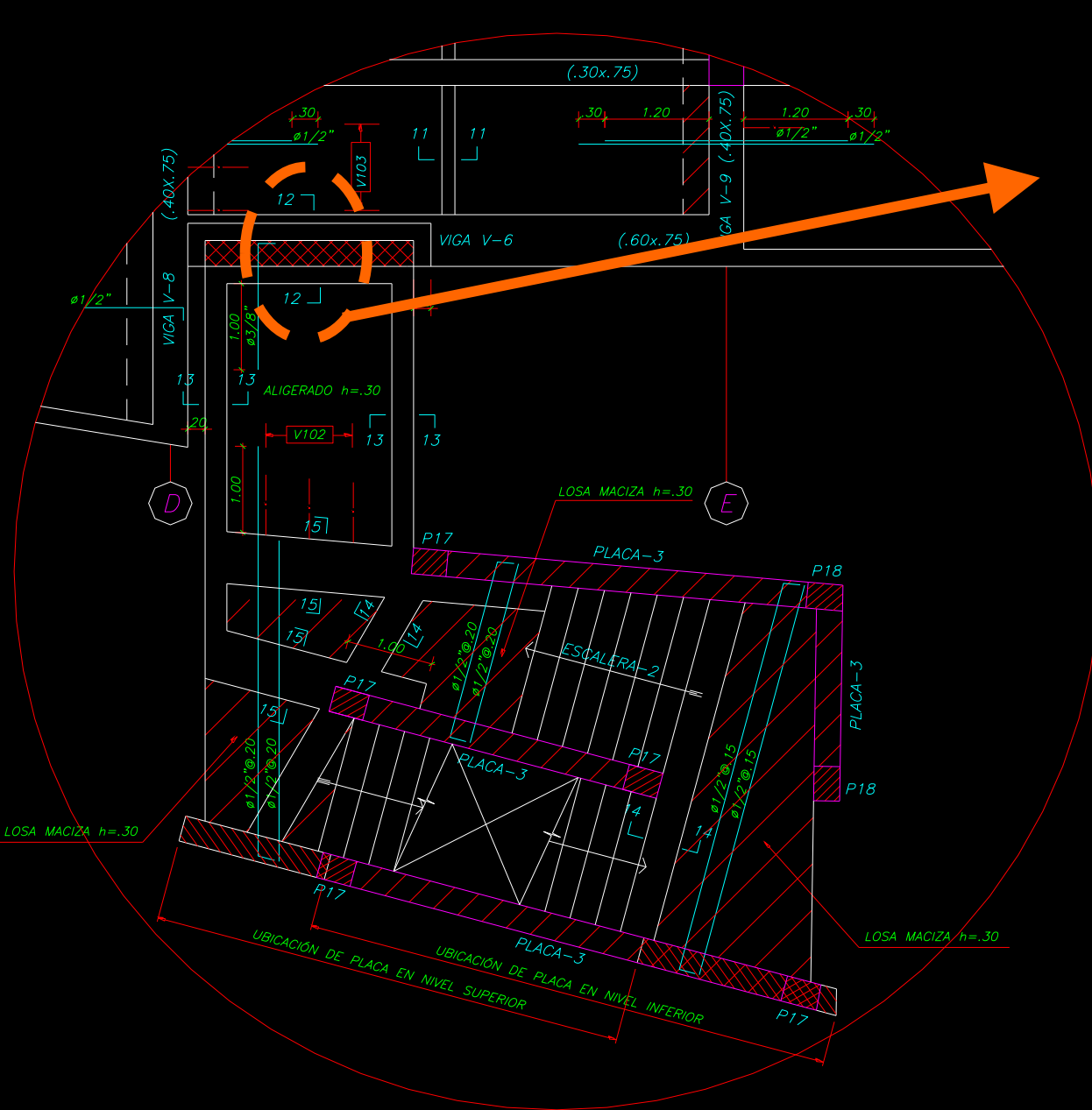
Detalle de Viga V-9

NOTA: LOS ESTRIBOS EN LOS BORDES DE LOS DUCTOS (MOSTRADOS CON LÍNEA GRUESA) SON DE 1/2".



VIGA V-9 (.40x.75)

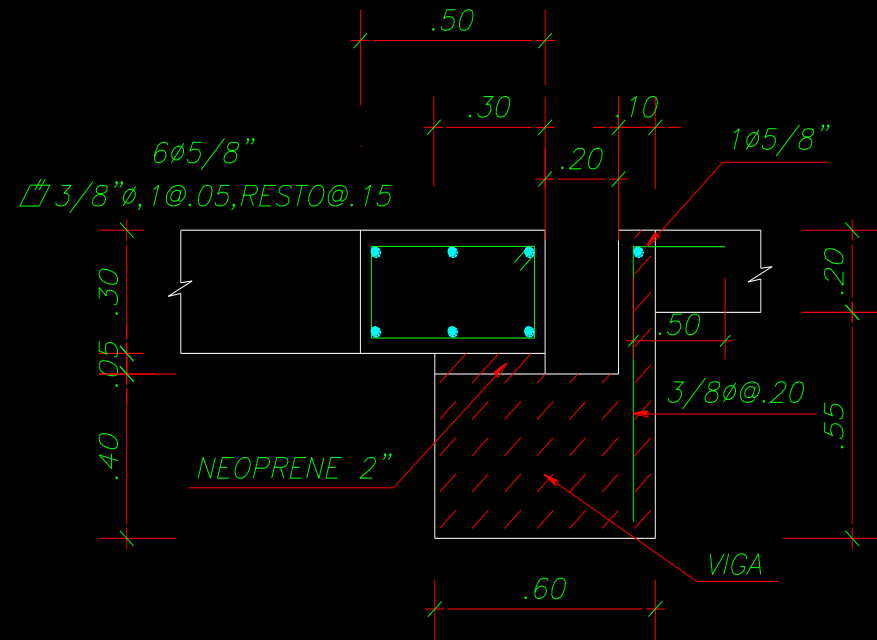
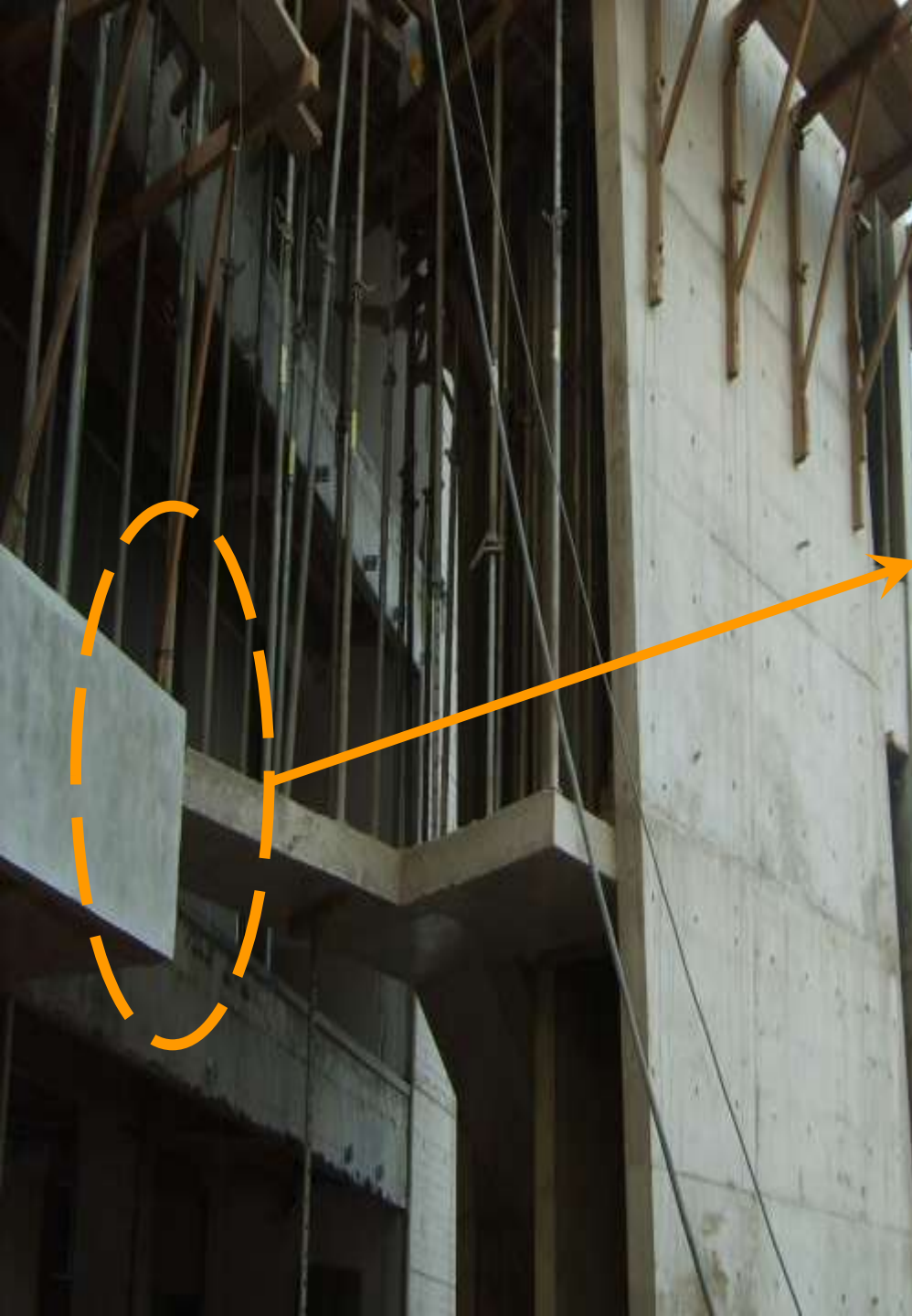




CORTE 12-12

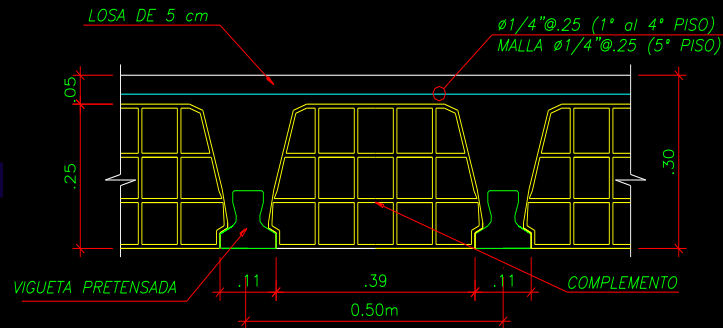
Detalle de la unión
del puente con la
escalera de concreto
exterior.



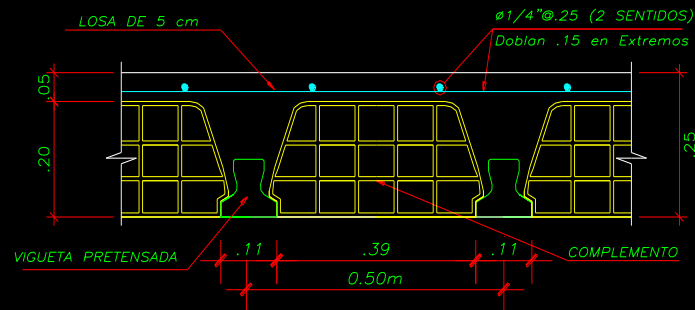


CORTE 12-12

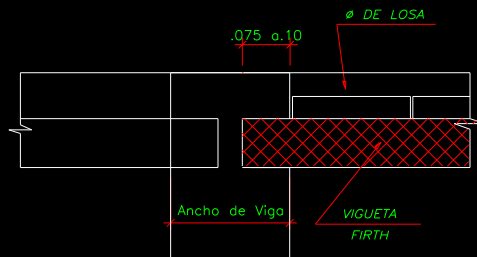
LOSAS ALIGERADAS DEL ENCOFRADO DEL 1º PISO



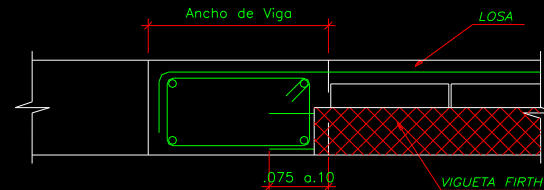
DETALLE DE ALIGERADO H=.30 @ .50



DETALLE DE ALIGERADO H=.25



DETALLE DE APOYO DE
VIGUETA EN VIGA PERALTADA
ESC. 1/10



DETALLE DE APOYO DE VIGUETA
EN SOLERA O VIGA CHATA
ESC. 1/10

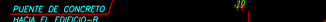
LA VIGUETA DEBE INGRESAR A LA VIGA CHATA
POR LO MENOS 2cm DE CONCRETO (RECUBRIMIENTNO
DE LA VIGA)





Las losas aligeradas de 25cm de espesor se apoyan sobre vigas de 40cm de ancho y 75cm de peralte.

Estas vigas tienen una luz libre de 7.20m en su zona central, entre los ejes 2 y 3 del edificio, y vuelan a partir de estos ejes en ambos extremos, siendo estos volados de longitud variable hasta 4.20m.



NOTA: SE CIERRA VANO
EN EL TECHO DEL 5° PISO

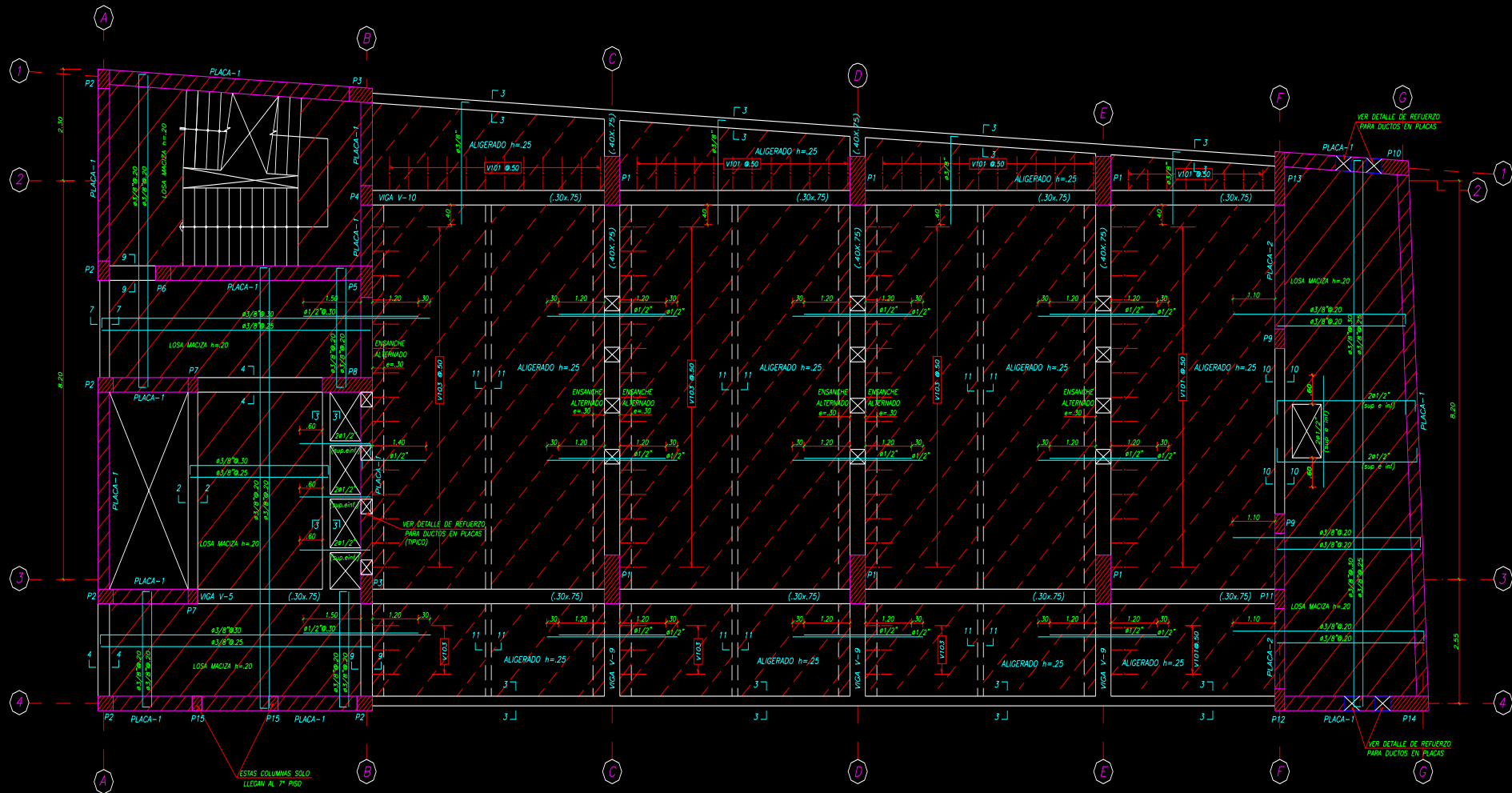
**PUENTE METALICO
HACIA EL EDIFICIO-A**

LOSA MACIZA $n=30$

UBICACIÓN DE: UBIC: PLACA:

$S/c = 400 \text{ Kg/m}^2$ (CORREDORES)

ENCOFRADO DEL 6° AL 11° PISO



ENCOFRADO 6° al 11° PISO

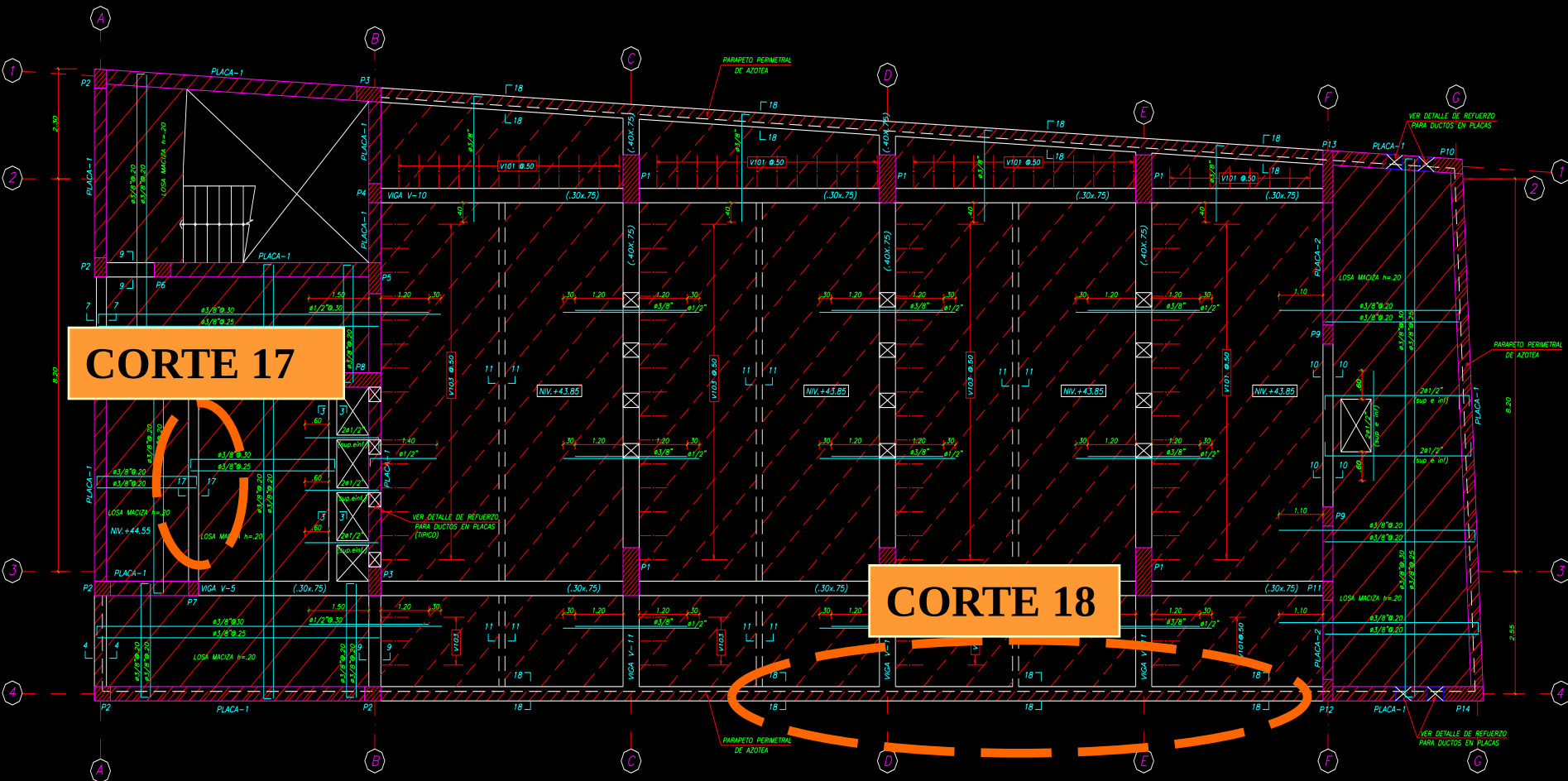
LOSA MACIZA (ZONA ACHURADA CON LINEAS CONTINUAS)

ALIGERADO $h=.25$ CON VIGUETAS FIRTH @.50 (ZONA ACHURADA CON LINEAS DISCONTINUAS)

$S/c=350 \text{ Kg/m}^2$ (AULAS)

$S/c=400 \text{ Kg/m}^2$ (CORREDORES)

ENCOFRADO DEL 12º PISO



ENCOFRADO 12º PISO

LOSAS MACIZAS (ZONA ACHURADA CON LINEAS CONTINUAS)

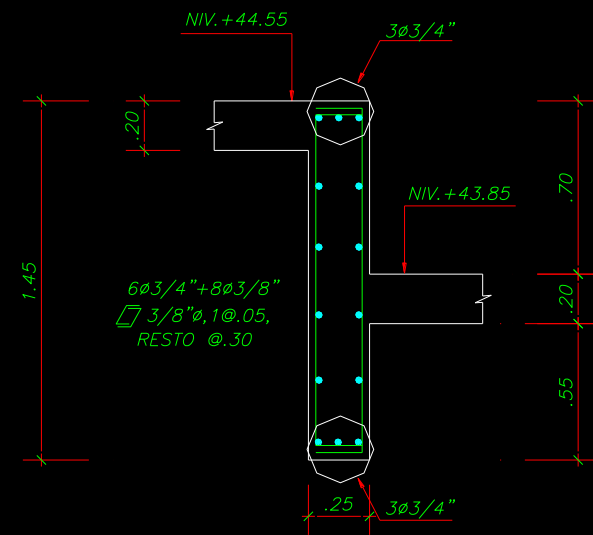
ALIGERADO h=.25 CON VIGUETAS FIRTH @.50 (ZONA ACHURADA CON LINEAS DISCONTINUAS)

S/C = 100 Kg/m²

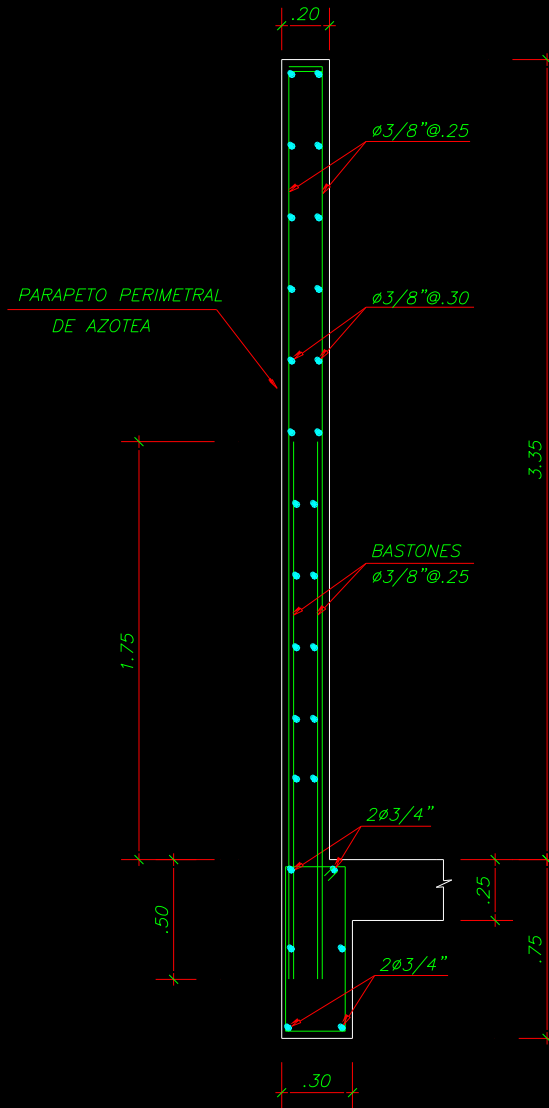
CORTE 18

Parapeto Perimetral

CORTE 17

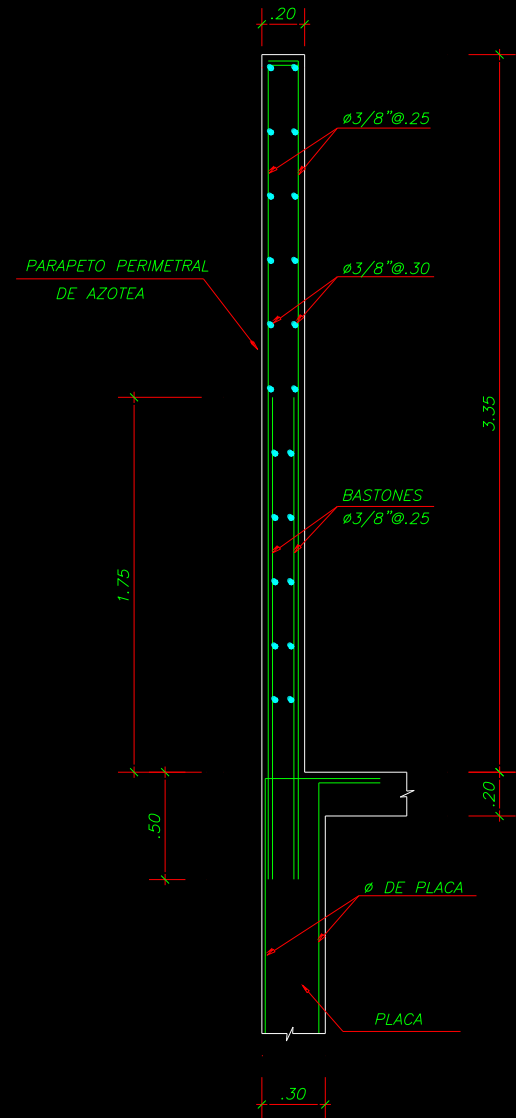


CORTE 17-17



4 #3/4" + 2 #3/8"
 3 #3/8" @ 0.1 @ 0.05, 9 @ 0.15
 RESTO @ 0.30

CORTE 18-18



ELEVACION

DETALLE DE PARAPETO PERIMETRAL
 DE AZOTEA QUE NACE DE PLACAS





Adicionalmente, se tienen placas en ambas direcciones en los extremos laterales del edificio, que proveen la resistencia y rigidez necesaria ante las acciones laterales de sismo.



ESCALERAS METÁLICAS Y PUENTES DE CONEXIÓN

Se tienen, además de los 3 edificios, una serie de escaleras metálicas en las fachadas de los edificios “A” y “B”, puentes metálicos que unen ambos edificios, un puente metálico que une los edificios “A” y “C”.

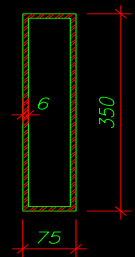
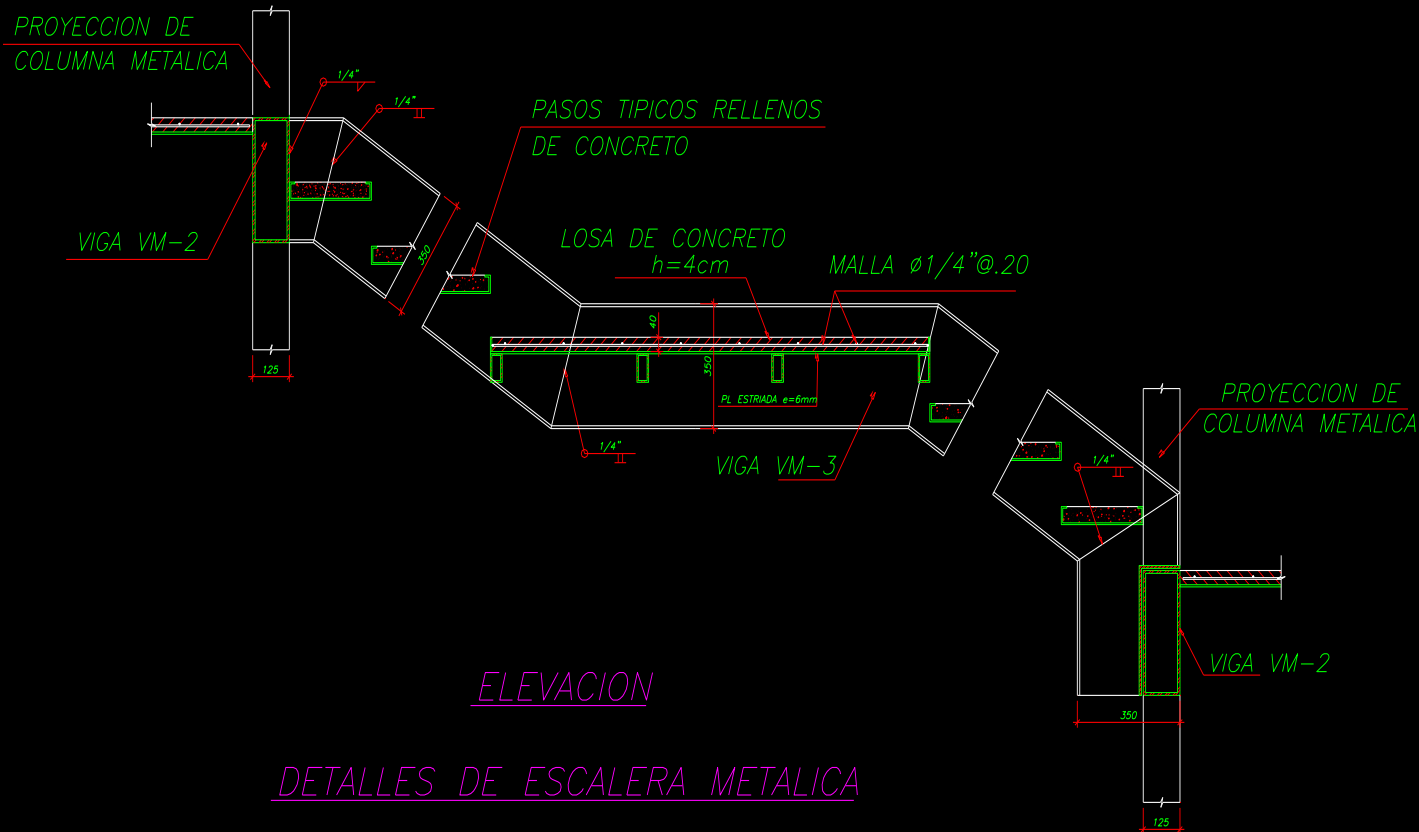




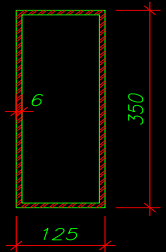
Los edificios “A” y “B”, que tienen 5 pisos cada uno, tienen en la zona frontal unas plataformas y escaleras metálicas que unen los diferentes pisos.

La estructura de estas plataformas y escaleras está constituida por 12 (2 filas de 6) columnas metálicas.

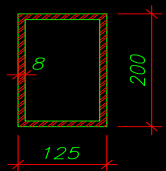
Estas escaleras están constituidas por dos vigas metálicas tubulares de sección 75x350x6mm, unidas por pasos metálicos sección "C" rellenos de concreto pobre, que forman los pasos de la escalera, y unidos por viguetas metálicas, plancha estriada y una losa de concreto de 4cm de espesor en las zonas de los descansos.



VM-3

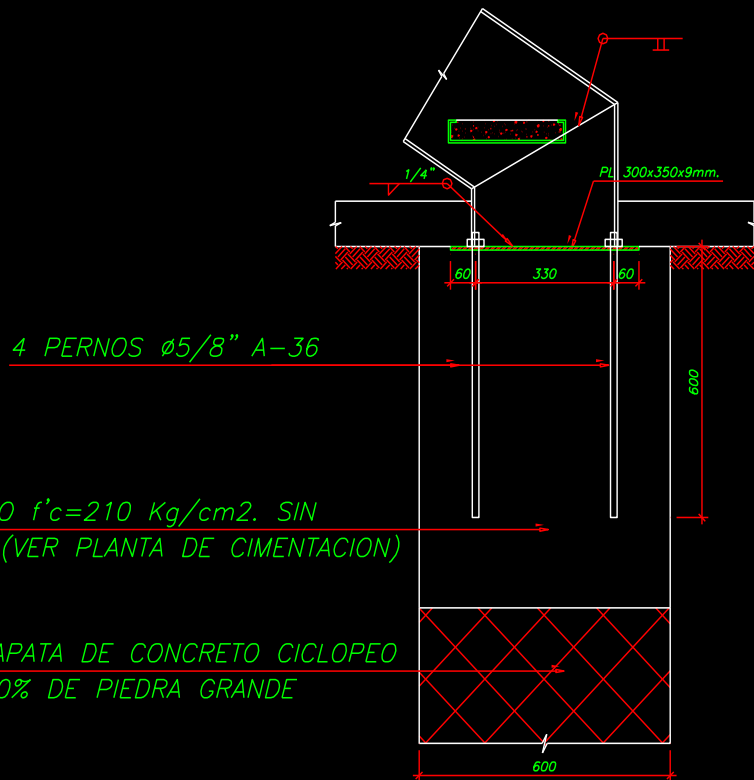


VM-2



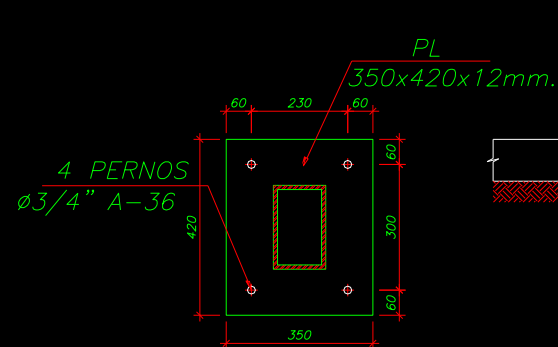
COLUMNA TIPICA

Las columnas están apoyadas en la cimentación sobre zapatas aisladas, en algunos casos, y sobre las zapatas del edificio, en otros.



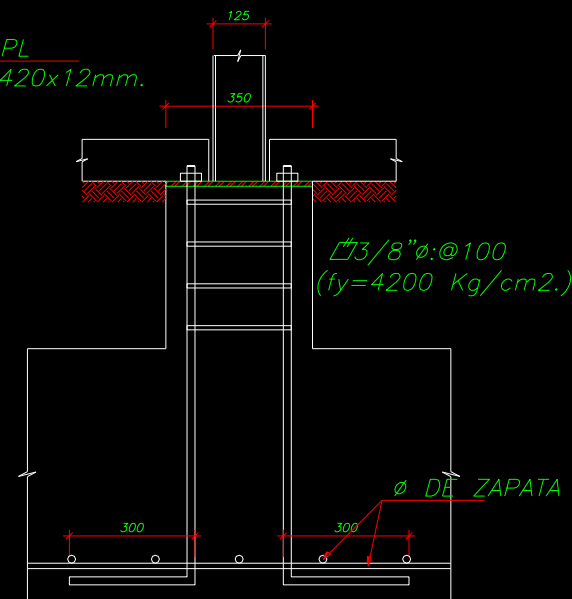
ELEVACION

DETALLE DE ANCLAJE DE ESCALERA
METALICA A CIMENTOS



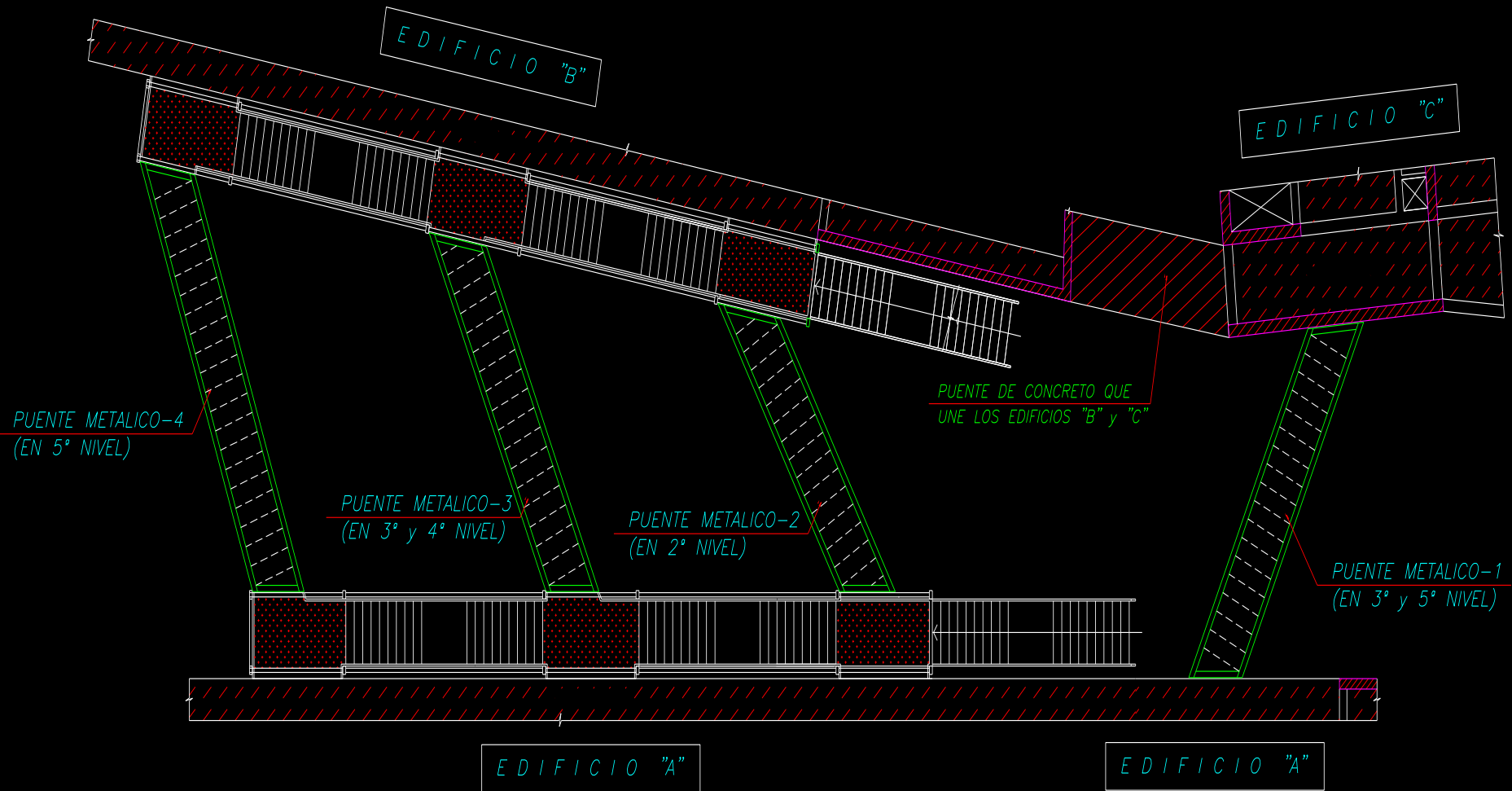
ELEVACION

DETALLE DE ANCLAJE DE COLUMNAS METALICAS



ELEVACION

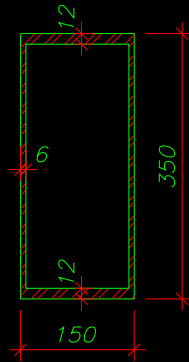
PUENTES DE UNION ENTRE LOS EDIFICIOS



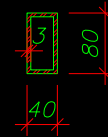
PLANTA PUENTES METALICOS



Los puentes que unen los edificios están constituidos por dos vigas metálicas laterales de sección tubular rectangular de **150x350mm**. El espesor de las alas superior e inferior son de 12mm, y el espesor de las almas laterales es de 6mm. Estas 2 vigas laterales están unidas por viguetas metálicas sección cajón de **40x80x3mm** de espesor, que soportan una plancha estriada y encima de esta una losa de concreto de 4cm de espesor, reforzada con una malla de 1/4"@.20.



VIGA VM-A



40x80x3mm.



El diseño estructural de estos puentes se realiza idealizando unas vigas simplemente apoyadas en los extremos, considerando el peso del puente mismo y la sobrecarga máxima que soportará, en este caso 400 kg/m^2 .



Como el puente está apoyado sobre edificaciones distintas, independientes estructuralmente y que al ser sometidas a fuerzas laterales de sismo tendrán movimientos muy diferentes, es necesario considerar en el diseño estructural que el puente tendrá movimientos relativos de los apoyos. Para esto, el diseño ha considerado utilizar una unión rígida en uno de los apoyos y una unión deslizante, que permita el movimiento lateral máximo que pueda ocurrir, en el otro.



Para el caso del apoyo móvil, se ha considerado también un apoyo con braquetes. En este caso, entre los braquetes y el puente se coloca unos apoyos de neopreno de 50mm de espesor, que permiten el movimiento lateral sin producir fuerzas importantes sobre el puente.

La junta entre el puente y el edificio en esta zona, de acuerdo al análisis sísmico de los edificios, es del orden de los 40mm. Para dar una mayor holgura, se ha considerado una junta de 75mm para movimientos en las dos direcciones.



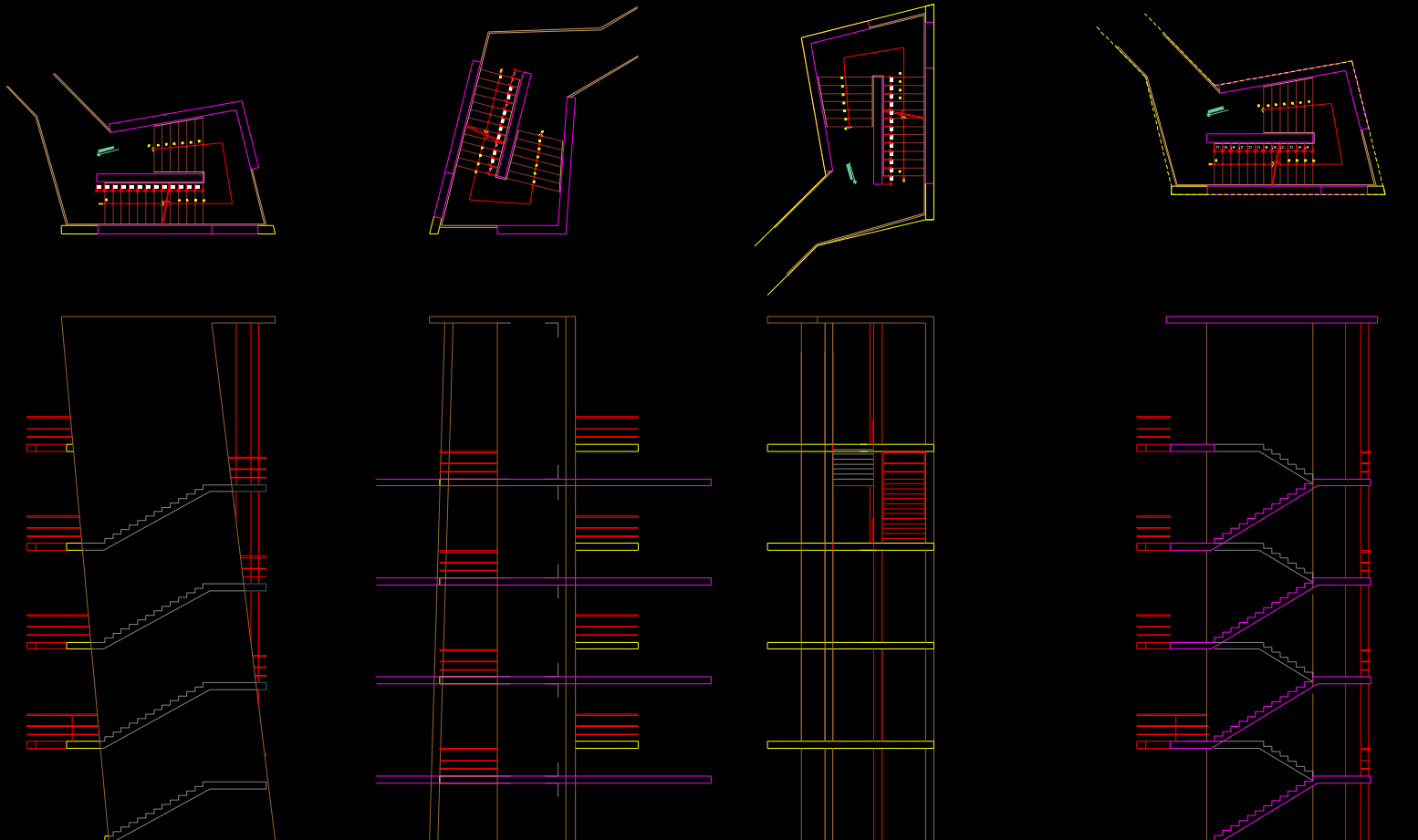
ESCALERA DE CONCRETO EXTERIOR



En la zona frontal del edificio "C", se tiene una escalera exterior independiente del edificio, de 5 pisos de altura.



Esta escalera tiene la particularidad de estar "desplomada" en dos sentidos. Este desplome entre el extremo superior y el inferior es de hasta casi 1.80m



Adicionalmente, se tiene un puente en cada nivel que une esta escalera independiente con el edificio "C".



Cerramiento posterior

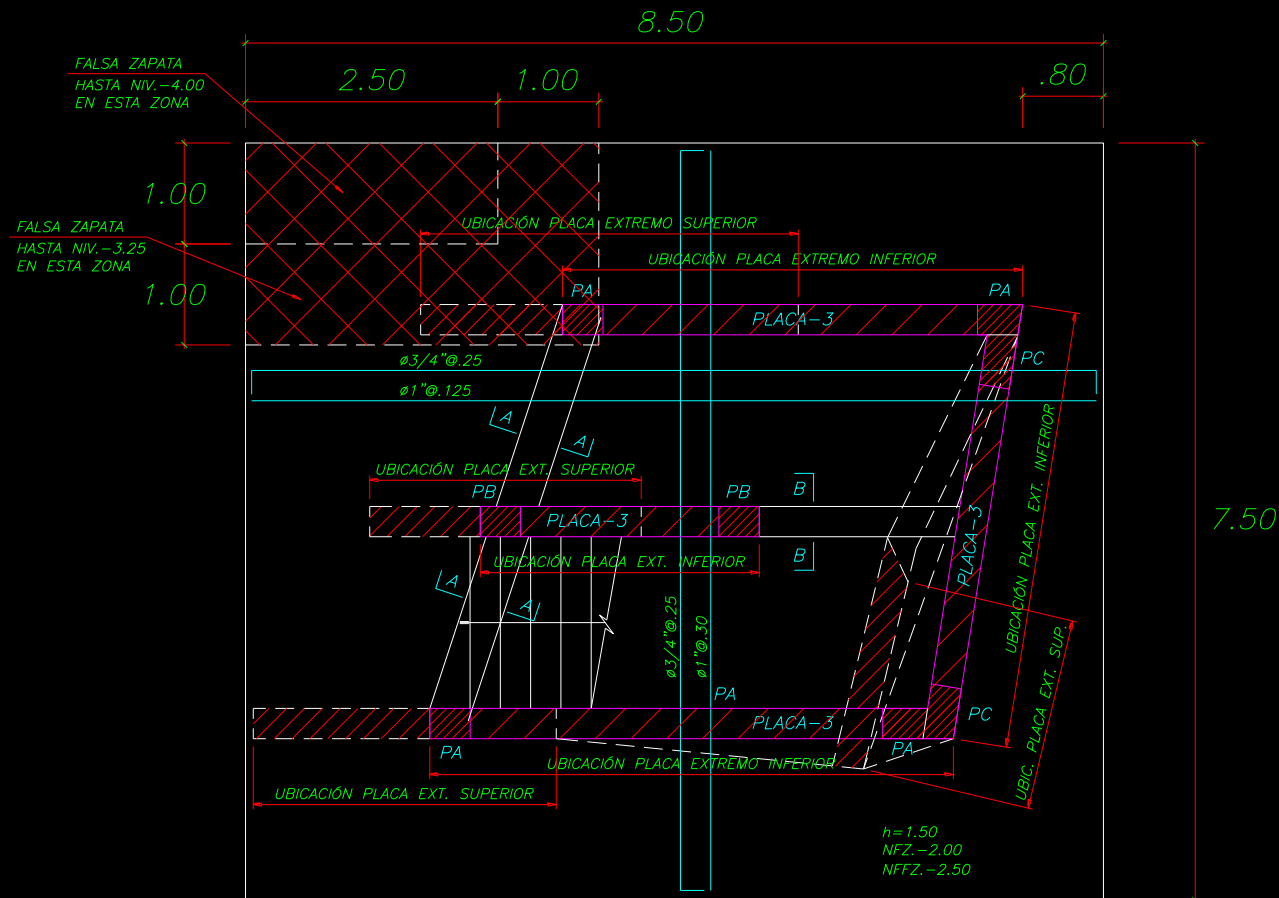


Como esta escalera tiene poca rigidez lateral en la dirección transversal a los tramos

(dirección de la placa posterior), se coordinaron con arquitectura vigas adicionales que unieran las placas en los niveles intermedios y en el nivel superior de la escalera, de tal forma que las placas funcionen en conjunto y se tenga mayor rigidez.



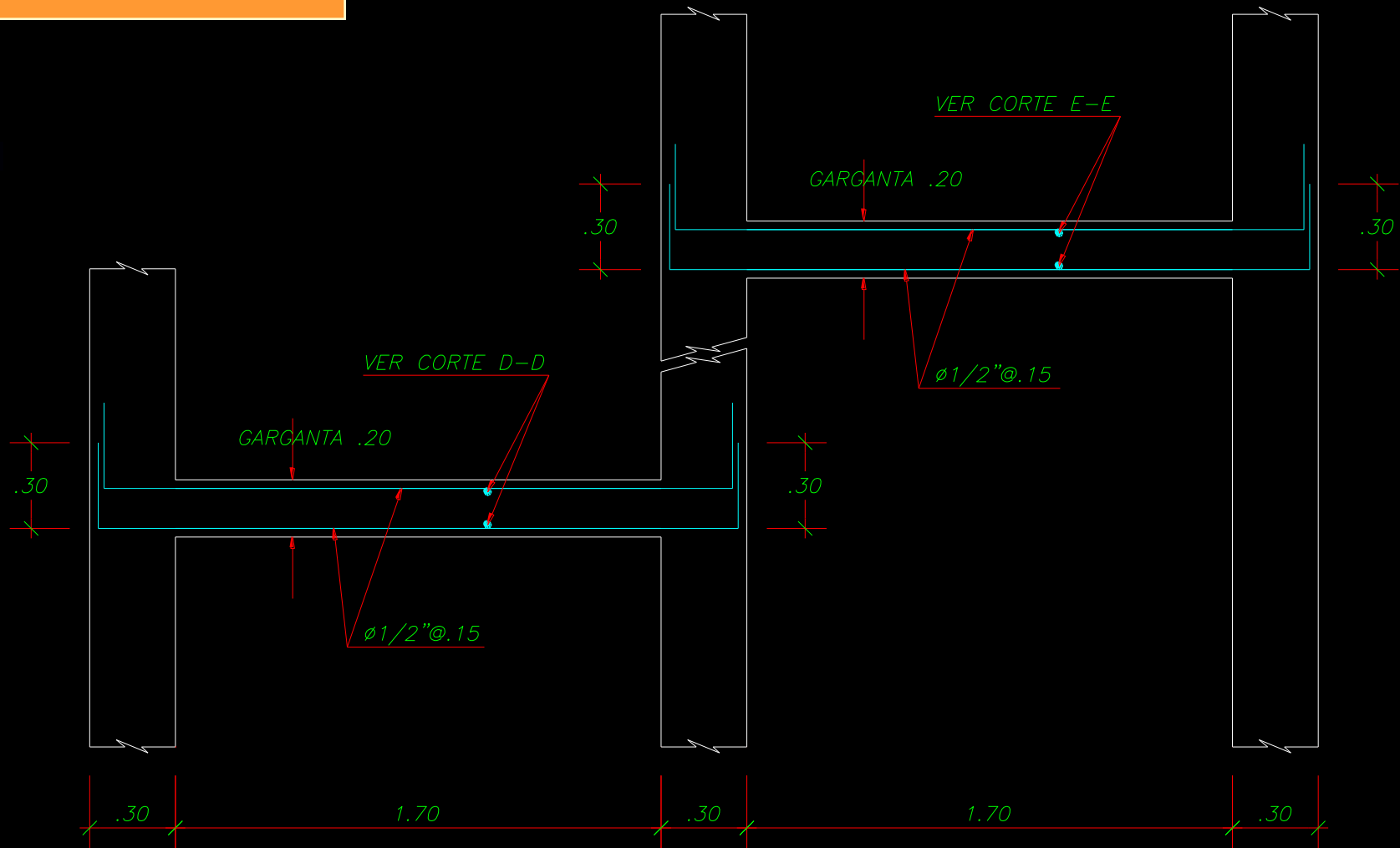
Como las dimensiones de esta edificación son pequeñas en relación a su altura, se requirió un gran cimiento que "empotre" la escalera en su base y le de la estabilidad lateral que requiere ante acciones laterales de sismo.



PLANTA DE CIMENTACION



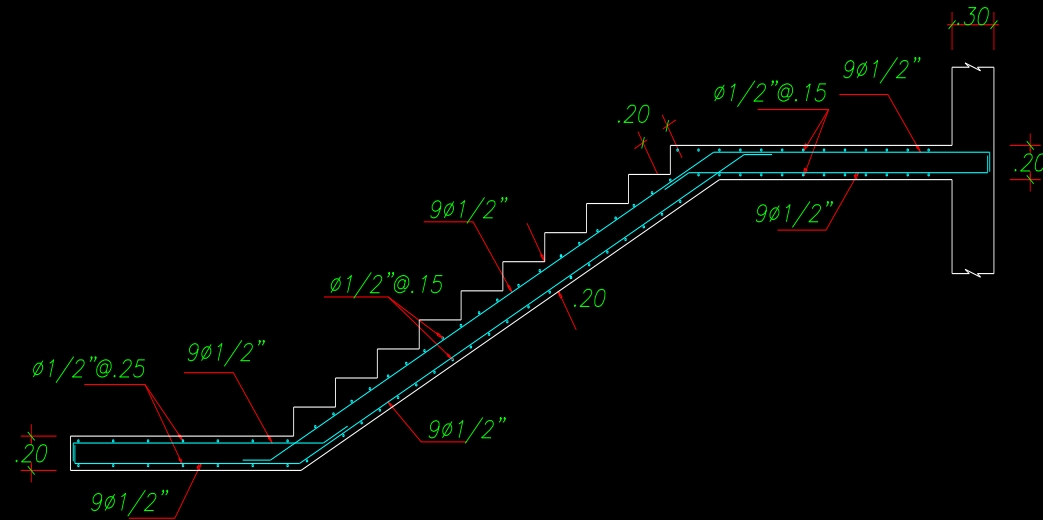
CORTE C-C



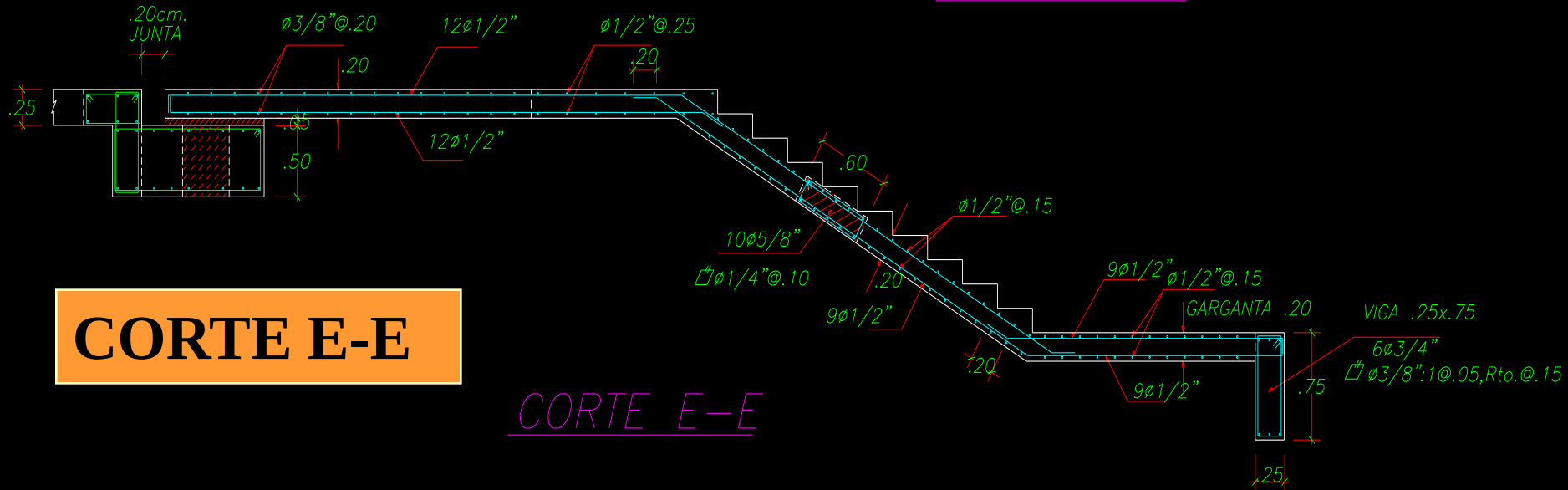
CORTE C-C



CORTE D-D

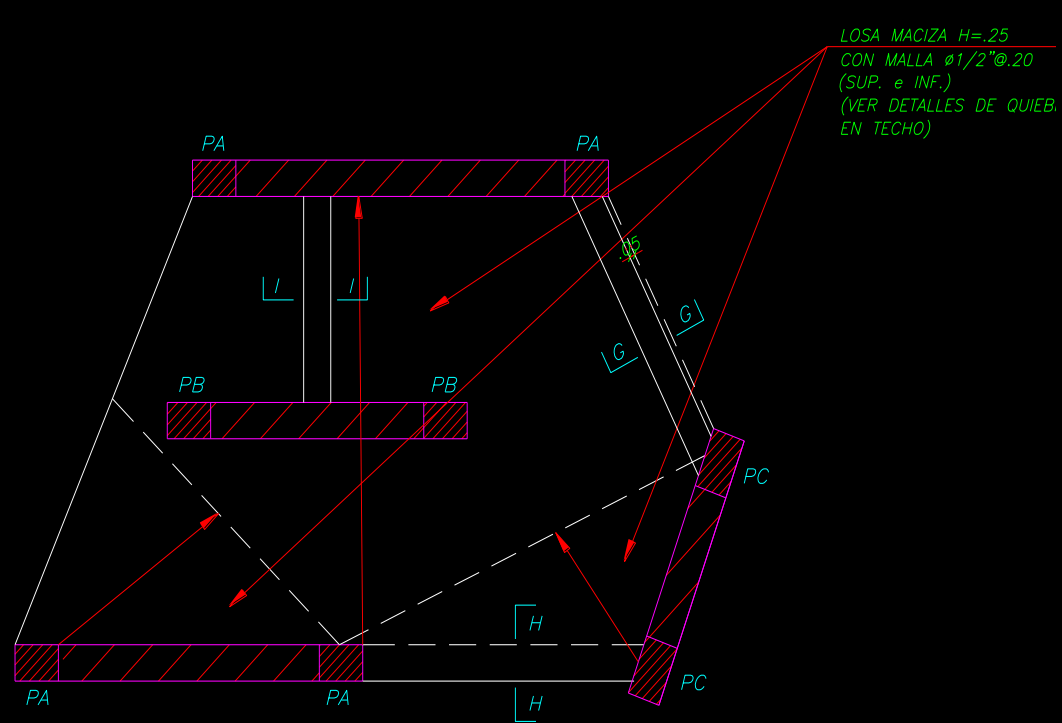


CORTE D-D



CORTE E-E

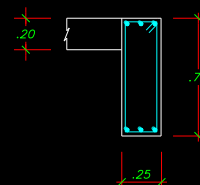
CORTE E-E



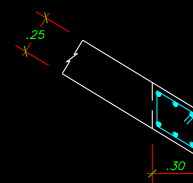
LOSA MACIZA $H=.25$
CON MALLA $\phi 1/2" @ .20$
(SUP. e INF.)
(VER DETALLES DE QUIEB.
EN TECHO)

TECHO ESCALERA
 $S/C = 100 \text{ Kg/m}^2$

DETALLE DE QUIEBRE
EN TECHO

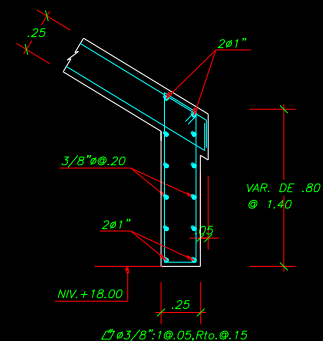


$\phi 3/8": 1 @ .05, \text{Rto. } \phi .15$
CORTE F-F

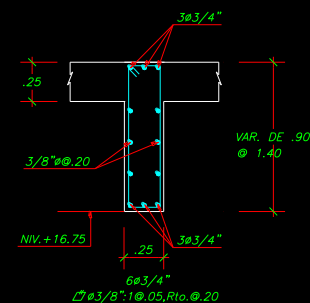


$\phi 3/8": 1 @ .05, \text{Rto. } \phi .125$

CORTE H-H



CORTE G-G

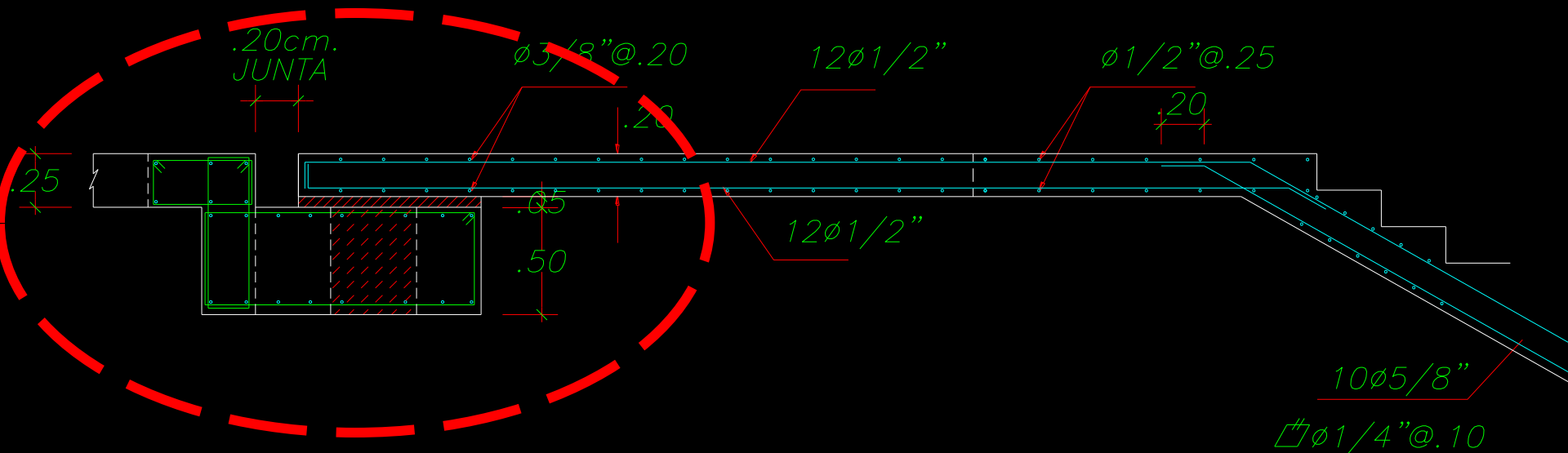


CORTE I-I

ENCOFRADO DEL TECHO DE ESCALERA Y CORTES



El puente que une la escalera con el edificio es de concreto armado, y se poya sobre el extremo del edificio mediante planchas de **NEOPRENE** que permitan el movimiento relativo entre edificaciones. Como los desplazamientos de la escalera son importantes se ha considerado conservadoramente una junta de 20cm, que permita un desplazamiento relativo entre las edificaciones de esta magnitud.





GRACIAS

¿PREGUNTAS?

