



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**MODELADO "BIM" APLICADO A UN
PROYECTO ESTRUCTURAL DEL
SECTOR INMOBILIARIO**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Edwin Cortez Montes

ASESOR DE INFORME

M.I Miguel Ángel Rodríguez Vega



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019

Dedicatorias:

Dedicado a mis padres Jose Francisco Cortez Escamilla y Patricia Montes Perez por el gran esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional que me han impulsado a conseguir este gran logro.

Dedicado a mi Abuelita María del Carmen Perez Chavez por el cariño y amor que me ha brindado toda su vida. , siendo mi gran motivación a conseguir este mérito profesional.

Dedicado a mis hermanos Josephe Cortez Montes y Alexis Cortez Montes por ser mis principales compañeros de vida.

Dedicado a mis amigos Raúl Malangón Peñaloza, Cristian Nieto Trejo, Mario T. Cruceño Luna, Roberto Cruz Romero, y Juan Alfredo Rangel Carmona, por ser grandes amigos y excelentes compañeros de escuela.

Agradecimientos:

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por la oportunidad de pertenecer a la mejor universidad y orgullo de México.

Agradezco a la Facultad de Ingeniería por brindarme todos los medios necesarios para mi formación profesional.

Agradezco a los excelentes académicos que compartieron su tiempo, consejos y conocimientos durante mi estancia académica.

Agradezco al M.I Miguel Ángel Rodríguez Vega mi asesor de informe de actividades profesionales, por sus consejos, tiempo y conocimientos, siendo él, el precursor de mi gran gusto por área de estructuras, a la que hoy en día me desempeño como profesionista.

Agradezco a los profesores, M.I Juan Luis Umaña Romero, Dr. Mauro Niño Lázaro Pompeyo, M.I Rodrigo Takashi Sepúlveda Hirose, M.I Miguel Ángel Zúñiga Bravo, M.I Tomas Guadalupe Sanchez Reyes, M.I Alejandro Sanchez Huerta y al Ing. Victor Valdez Rubio por ser mis mejores mentores durante mi formación académica.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
I. ANTECEDENTES.....	1
1.1- Definición del problema o contexto de la participación profesional.....	1
1.2- Metodología Utilizada.....	2
1.3- ¿Qué es BIM?.....	3
II. ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL.....	4
Trabajos previos (estudio de mecánica de suelos)	
2.1.- Localización y trabajos de exploración en campo.....	4
2.2- Análisis Geotécnicos.....	6
2.2.1 Perfil estratigráfico.....	6
2.2.2 Cálculo de la capacidad de carga y asentamientos.....	7
2.2.3 Modulo de reacción.....	7
2.2.4 Solución de cimentaciones para viviendas.....	8
2.3- Descripción General.....	8
2.4- Plantas Arquitectónicas.....	9
2.5- Reglamentos y manuales empleados.....	12
2.6- Características de los materiales.....	12
2.7- Análisis de cargas.....	13
2.7.1- Cargas muertas	13
2.7.2- Diseño por sismo.....	14
2.7.3- Periodo natural de vibrar de la estructura.	15
2.7.4- Revisión del cortante basal.....	17
2.7.5- Revisión de desplazamientos horizontales debido al sismo...17	
2.7.6- Consideraciones de las características del suelo.....	18
2.8- Consideraciones de Diseño.....	20
2.8.1- Revisión de estados límite de servicio.....	20
2.8.2- Revisión de estados límite de falla.....	21
2.9- Diseño estructural de elementos de concreto.....	21
2.9.1- Diseño de trabes y dalas.....	21
2.9.2- Diseño de muros de concreto.....	27
2.9.3- Diseño de losas de azotea y entrepiso.....	30
2.9.4- Cimentación (contratraves y losas).....	32

III.	MODELADO BIM Y RESULTADOS.....	37
	3.1- Preliminares para el modelado en Revit.....	37
	3.2- Modelado en Revit Structure.....	38
	3.3- Cruce de ingenierías, modificaciones y cambios.....	42
	3.4- Documentación del modelo y planos finales.....	43
	3.5- Ventajas y Desventajas de modelado en Revit.....	46
	3.6- Formato CAD-BIM.....	47
IV.	CONCLUSIONES.....	48
	ANEXOS	
	Reporte fotográfico.....	49

Índice de tablas

• Tabla No.1 - Estratigrafía del terreno.....	6
• Tabla No. 2 - Propiedades del concreto utilizado.....	12
• Tabla No. 3 - Propiedades del acero de refuerzo utilizado.....	13
• Tabla No. 4 – Bajada de Cargas de la estructura.....	13
• Tabla No. 5 – Formas modales y periodo correspondiente.....	16
• Tabla No. 6 – Cortante Basal en dirección “x” y “y”.....	17
• Tabla No. 7 – Distorsiones máximas por entrepiso.....	18
• Tabla No. 8 – Calculo de peso propio de la estructura.....	19
• Tabla No. 9 – Calculo de cargas vivas de la estructura.....	19
• Tabla No. 10 – Envolvente de momentos y cortantes máximos en traves de azotea y entrepiso.....	25
• Tabla No. 11 – Envolvente de momentos y cortantes máximos en traves de azotea y entrepiso.....	26
• Tabla No. 12 – Asignación de Piers en muros de planta baja.....	28
• Tabla No. 13 – Asignación de Piers en muros de planta de entrepiso.....	29
• Tabla No. 14 – Diseño de tableros en losa de azotea.....	31
• Tabla No. 15 – Análisis y diseño de tableros en losa de cimentación.....	34
• Tabla No. 16 – Envolvente de cortantes en contratraves.....	36
• Tabla No. 17 – Envolvente de cortantes en contratraves.....	36

Índice de figuras

• Figura. No. 1- Modalidad de trabajo BIM.....	3
• Figura No. 2- Ubicación de etapa 5 en “Paseo de los Sauces”.....	4
• Figura No. 3- Ubicación de pozos y sondeos en etapa 5.....	5
• Figura No. 4- Planta Baja de Prototipo Ciprés DX.....	9
• Figura No. 5- Planta de Entrepiso de Prototipo Ciprés DX.....	10
• Figura No. 6- Planta de Azotea de Prototipo Ciprés DX.....	11
• Figura No. 7 – Espectro de diseño reducido.....	15
• Figura No. 8 – Definición del módulo de reacción en ETABS.....	18
• Figura No. 9 – Combinaciones cargadas en el modelo dentro de ETABS.....	20
• Figura No. 10 – Modelo isométrico en Etabs.....	21
• Figura No. 11 – Secciones de traves de entrepiso.....	22
• Figura No. 12 – Secciones de traves de azotea.....	22
• Figura No. 13 – Envolvente de momentos en traves de entrepiso.....	23
• Figura No. 14 – Envolvente de momentos en traves de azotea.....	23
• Figura No. 15 – Envolvente de cortantes en traves de entrepiso.....	24
• Figura No. 16 – Envolvente de cortantes en traves de azotea.....	24
• Figura No. 17 – Asignación de Piers en muros de planta baja.....	27
• Figura No. 18 – Asignación de Piers en muros de planta de entrepiso.....	27
• Figura No. 19 – Identificación de tableros analizados.....	30

• Figura No. 20 – Diagrama de momento en M11 en losa de azotea.....	30
• Figura No. 21 – Diagrama de momento en M22 en losa de azotea.....	31
• Figura No. 22 – Modelo analítico en isométrico de cimentación.....	32
• Figura No. 23 – Identificación de tableros de cimentación.....	32
• Figura No. 24 – Diagramas de momentos M11 en losa de cimentación (dirección X).....	33
• Figura No. 25 – Diagramas de momentos M22 en losa de cimentación (dirección Y).....	33
• Figura No. 26 – Envolvente de momentos en contratrabes.....	35
• Figura No. 27 – Envolvente de cortantes en contratrabes.....	35
• Figura No. 28 – Modelo arquitectónico en revit.....	38
• Figura No. 29 – Modelado de Contratrabes en prototipo Ciprés DX.....	38
• Figura No. 30 – Modelado de muros y castillos en prototipo Ciprés DX.....	39
• Figura No. 31 – Modelado de dalas y trabes en prototipo Ciprés DX.....	39
• Figura No. 32 – Modelado muros del segundo nivel en prototipo Ciprés DX.....	40
• Figura No. 33 – Modelado de vigueta y bovedilla en prototipo Ciprés DX.....	40
• Figura No. 34 – Modelado de escaleras en prototipo Ciprés DX.....	41
• Figura No. 35 – Acero de refuerzo estructural en prototipo Ciprés DX.....	41
• Figura No. 36 – Traslape de modelos arquitectónico y estructural.....	42
• Figura No. 37 – Documentación de planta de cimentación.....	43
• Figura No. 38 – Corte transversal sobre losa de entepiso.....	44
• Figura No. 39 – Traslape de modelos arquitectónico y estructural.....	44
• Figura No. 40 – Traslape de modelos arquitectónico y estructural.....	44
• Figura No. 41 – Traslape de modelos arquitectónico y estructural.....	45
• Figura No. 42 – Traslape de modelos arquitectónico y estructural.....	45
• Figura No. 43 – Comparación BIM-CAD.....	48
• Figura No. 44 – Colado de losa de cimentación.....	49
• Figura No. 45 – Muros de primer nivel y continuación del armado para muros de segundo nivel.....	49
• Figura No. 46 – Cimbra montada sobre segundo nivel.....	50
• Figura No. 47 – Instalaciones sanitarias debajo de baños.....	50
• Figura No. 48 – Prototipo Ciprés Dx construcción de obra negra finalizada.....	51
• Figura No. 49 – Prototipo Ciprés Dx terminado.....	51

MODELADO “BIM” APLICADO A UN PROYECTO ESTRUCTURAL DEL SECTOR INMOBILIARIO

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la tendencia del modelado BIM, ha sido una de las grandes vertientes dentro de las empresas en México para la realización de sus diversos proyectos, y es así que hoy en día, existes diversos software con los que podemos ejecutar esta forma de trabajar.

En este informe se presenta como ejemplo, un proyecto del sector inmobiliario, el cual se trabajó en una plataforma de modelado BIM, a través de uno de los software de la familia autodesk, el cual tiene como nombre “Revit Structure”, este programa es una herramienta de modelado BIM que permite representar un proyecto estructural como un elemento integral que conforma parte de un proyecto ejecutivo, que en este caso, será representado con una vivienda dúplex de dos niveles, teniendo como nombre prototipo “Ciprés DX”.

Finalmente se describirán las ventajas y desventajas de modelar un proyecto estructural del tipo inmobiliario en un software de formato BIM y en qué casos es conveniente seguir trabajando este tipo de proyecto en un formato 2D.

I. ANTECEDENTES

La empresa consorcio ARA tomo la decisión en el año 2012 de comenzar a realizar sus proyectos inmobiliarios con una nueva metodología, el modelado BIM, que por sus siglas en ingles significan Building Information Modeling, esto con el objetivo de reforzar el área técnica dentro de la empresa, teniendo como principales beneficios mejorar el cruce de ingenierías, reducir los errores en construcción, y disminuir los tiempos de cuantificación y de cambios técnicos emitidos por las diferentes áreas que integran los proyectos.

1.2- Definición del problema o contexto de la participación profesional

El proyecto en el que participe trata de una casa habitación de dos niveles con el nombre de prototipo “Ciprés Dúplex”, el cual forma parte de un conjunto habitacional llamado Bosques de los Sauces ubicado en el municipio de Huejotzingo estado de Puebla. El proyecto consiste en una vivienda de dos niveles con 70.7 m² de construcción y están conformadas por dos recamaras, estancia, cocina/comedor y uno y medio baños.

Mi participación en el proyecto Ciprés Dx consistió en el análisis, diseño y modelado estructural utilizando un software de formato BIM.

1.3- Metodología utilizada

El modelado BIM conlleva una serie de fases que conforman todo el proyecto, y es por ello que antes de iniciar con el levantamiento de un modelo tridimensional en el software revit, se es necesario conocer cierta información de diferentes disciplinas como lo son, geotécnica y arquitectura.

Ya teniendo conocimiento de la información relevante al proyecto como el estudio de mecánica de suelos y el proyecto ejecutivo emitido por arquitectura, se comenzó a trabajar en un análisis estructural del prototipo, siguiendo los pasos y técnicas correspondientes a las NTC-DS-2004 de RCDF, tomando en consideración ciertos criterios de análisis y diseño estructural.

Teniendo un serie de resultados obtenidos del análisis estructural, se procedió de manera a la par con el diseño estructural y el modelado tridimensional en el software revit, siendo en esta etapa del proyecto el gran intercambio de información entre las disciplinas involucradas dentro del proyecto, como lo son: el área instalaciones sanitarias, hidráulicas y eléctricas.

Finalizado el modelo estructural del prototipo previamente conciliado y sincronizado con las demás ingenierías, se continuó con la documentación de la información para la generación de planos estructurales, los cuales fueron integrados al proyecto ejecutivo para su futura construcción en obra.

1.5-¿Qué es BIM?

BIM por sus siglas en inglés: Building Information Modeling, es una plataforma tecnológica que integra diversas áreas implicadas en la realización de un proyecto, como lo son: arquitectura, ingeniería y construcción, permitiendo el modelado de la información de las distintas disciplinas para facilitar la construcción, el diseño y la operación.

BIM es un proceso que comienza por la creación de un modelo de diseño 3D inteligente y que posteriormente utiliza ese modelo para facilitar la coordinación, simulación y visualización, así como para ayudar a propietarios y proveedores de servicios a mejorar la manera de planificar, diseñar, construir y administrar edificios e infraestructuras. BIM puede aliviar muchos de los desafíos empresariales que los arquitectos, ingenieros y profesionales de la construcción, ya que ofrece más información sobre el proyecto, desde las primeras etapas del proceso de diseño y construcción con el objetivo de tomar decisiones mejor fundamentadas.

En un proyecto en donde se explotan las ventajas de BIM, la información es coordinada y consistente, lo que se traduce en eficiencia en el ciclo de vida del proyecto. BIM también mejora la planeación, la predicción de costos y el control del proyecto, lo que facilita la colaboración y comunicación del equipo.



Figura. No. 1- Modalidad de trabajo BIM.

Fuente: <https://bimchannel.net/es/>

II. ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

Trabajos Previos

2.1- Localización y trabajos de exploración en campo

La etapa 5 de interés se localiza al sur del actual desarrollo habitacional Paseo de los Sauces, dentro del municipio de Huejotzingo en el Estado de Puebla, tal como se indica en la Figura No. 2.

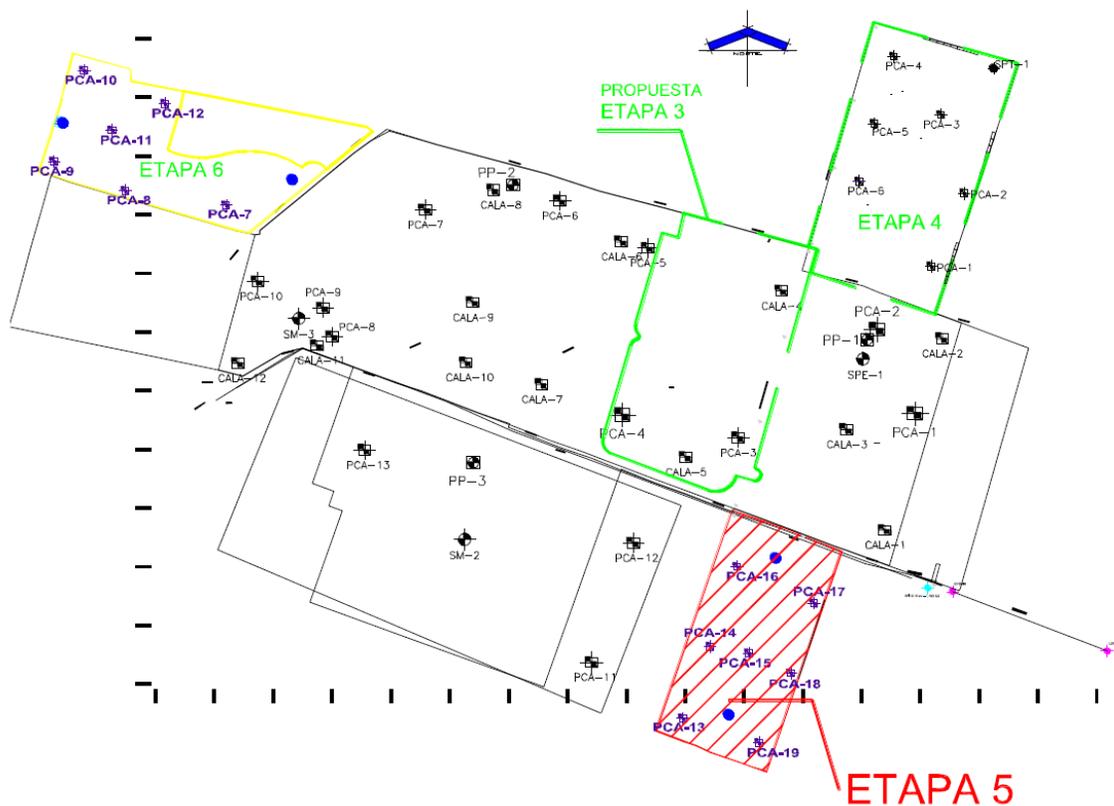


Fig. No. 2- Ubicación de etapa 5 en "Paseo de los Sauces".
Fuente: Estudio de mecánica de suelos gerencia de geotecnia.

Se programaron y ejecutaron los trabajos de exploración que se indican en la Figura 3. Al igual se programaron y ejecutaron trabajos de laboratorio para definir las propiedades índice, mecánicas y de calidad de los materiales que conforman el subsuelo en esta nueva etapa del proyecto.

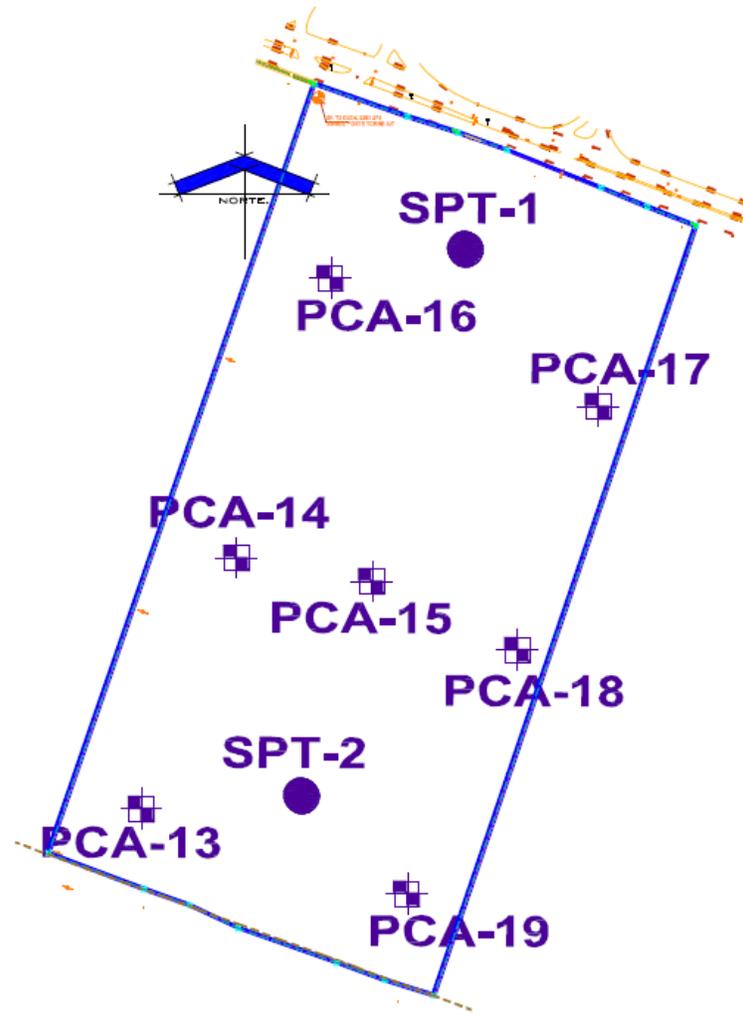


Fig. No. 3- Ubicación de pozos y sondeos en etapa 5.
 Fuente: Estudio de mecánica de suelos gerencia de geotecnia.

PCA = Pozos a cielo abierto. Excavados con equipo mecánico (retroexcavadora) hasta 3.0m de profundidad.

SPT = Sondeo de penetración estándar a 15m de profundidad.

Cabe señalar que en estos 2 sondeos de penetración estándar no se encontró nivel de aguas freáticas.

2.2- Análisis Geotécnicos

2.2.1- Perfil estratigráfico

El modelo estratigráfico del subsuelo quedo definido a partir de los trabajos de campo, laboratorio, y en base a la experiencia acumulada en estudios previos realizados en otras etapas del conjunto habitacional paseo de los sauces. Tal y como se muestra en la tabla No. 1.

Se propuso la estratigrafía con las características y propiedades mecánicas que se indican en la siguiente tabla.

Estrato	Espesor	Clasificación
1.- Capa Vegetal	0.00 a 0.15 m	Limo arenoso con raíces
2.- Arena arcillosa o arcilla arenosa	5.0m (promedio)	Están constituidos por arenas arcillosas color café grisáceo de compacidad media. El número de golpes en la prueba de penetración estándar (N) varía entre $6 < N < 22$. Con base en los resultados de penetración estándar y las pruebas de compresión simple, se proponen las siguientes propiedades mecánicas: Cohesión entre 1.6 y 3.0 T/m ² , Ángulo de fricción interna entre 28° a 30° Peso volumétrico natural varía entre 1234 kg/m ³ y 1751 kg/m ³ . El VRS natural se determinó en promedio en 2.5%.
3.- Arenas arcillosas o limosas con gravillas y grumos del mismo material.	10.0m (promedio)	Una secuencia de arenas limosas y arcillosas color café claro y café grisáceo de grano fino a medio y limo en poca cantidad con algunas gravillas de compacidad variable pero en general de media a muy compacta con $N > 15$. Las propiedades mecánicas por correlación con las pruebas de penetración estándar son: Cohesión de 2.5 T/m ² Ángulo de fricción interna: 30° Peso volumétrico de 1600 kg/m ³ .

Tabla No.1- Estratigrafía del terreno.

2.2.2- Cálculo de Capacidad de Carga y Asentamientos.

Capacidad de Carga.

Para calcular la capacidad de carga se utilizó el criterio de falla general propuesto por el Dr. Terzaghi para un suelo con comportamiento cohesivo-friccionante cuya ecuación es:

$$q_u = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \dots\dots\dots \text{Ecu. (1)}$$

Aplicando la ecuación (1) con los valores obtenidos de las propiedades mecánicas de suelo obtenidas en la tabla No. 1, se obtuvieron valores de capacidad de carga admisible del terreno de cimentación entre 14.0 y 18.0 t/m² para anchos de losa entre 4.0 y 12.0m respectivamente.

En general este valor de capacidad de carga es muy superior al que pueden imponer estructuras de 4 niveles (4.8 t/m²).

Asentamientos.

El perfil estratigráfico está formado predominantemente por arenas, es decir un material granular que permite que los asentamientos se presenten en forma inmediata a la aplicación de la carga representando un material de comportamiento elástico, por lo que se empleará la teoría de la elasticidad para determinar la magnitud probable de los asentamientos del terreno de cimentación. Para el cálculo se hará la consideración de que la arena suelta se ha recompactado y por lo tanto el módulo elástico es mayor al que tiene en condiciones naturales. Los asentamientos teóricos resultan de la siguiente expresión:

$$\Delta H = qB \frac{(1 - \mu^2)}{E_s} I_s$$

La presión de contacto aplicada al suelo por las losas proviene de la combinación de acciones permanentes y acciones variables, éstas con su intensidad media. La magnitud de los hundimientos varía entre 0.50cm y 2.3cm para cargas de 0.1 a 0.4kg/cm² respectivamente y anchos de 8.0m. Para la misma carga pero ancho de 1.0m el asentamiento varía entre 0.7cm y 2.8cm.

En general los asentamientos están dentro de los límites permitidos por el Reglamento de Construcciones para la Cd. de México, mismos que se han tomado como marco de referencia para este estudio.

2.2.3- Módulo de Reacción.

Se realizaron pruebas de placa sobre el terreo natural para obtener valores del módulo de reacción, donde se alcanzaron valores de 0.526kg/cm².

2.2.4 Solución de Cimentación de Vivienda.

Por procedimiento constructivo, la solución de cimentación de las nuevas edificaciones se resolvió a base de una losa corrida rigidizada con contratrabes. Para apoyar la losa de cimentación se conformará una plataforma de apoyo construida de cualquiera de las dos maneras siguientes:

Se plantean dos situaciones:

1. La losa puede ser apoyada directamente sobre terreno natural despalmado (arena arcillosa color café claro), al escarificar y recompactar el terreno natural al 98% de su PVSM (Próctor estándar) en un espesor mínimo de 40cm. El espesor de 40cm es para mejorar el estrato superficial de arena arcillosa en estado suelto que tiende a modificar su volumen cuando se satura. Si por proyecto de rasantes se hacen cortes mayores a 40cm de espesor, la solución de la cimentación se hará únicamente escarificando y recompactando al 98% de su PVSM Próctor Estándar, 20cm de espesor de la superficie descubierta con el corte.

2. La losa se apoya sobre un terraplén de 20cm de espesor conformado con material producto del corte, o de banco cuyas características correspondan a una subrasante según normas SCT. El terraplén será conformado por capas no mayores de 20cm compactadas al 98% de su PVSM en el patrón Próctor estándar. En este caso, el terraplén tiene que ligarse con el terreno natural escarificado y recompactado este último en un espesor también de 40cm.

2.3- Descripción General.

La construcción del prototipo CIPRES DX consta de 2 Niveles que se conforman de la siguiente manera:

- ✓ 3 Recamaras.
- ✓ 1 Baño y 1 Sanitario.
- ✓ Cocina
- ✓ Y Estancia-Comedor

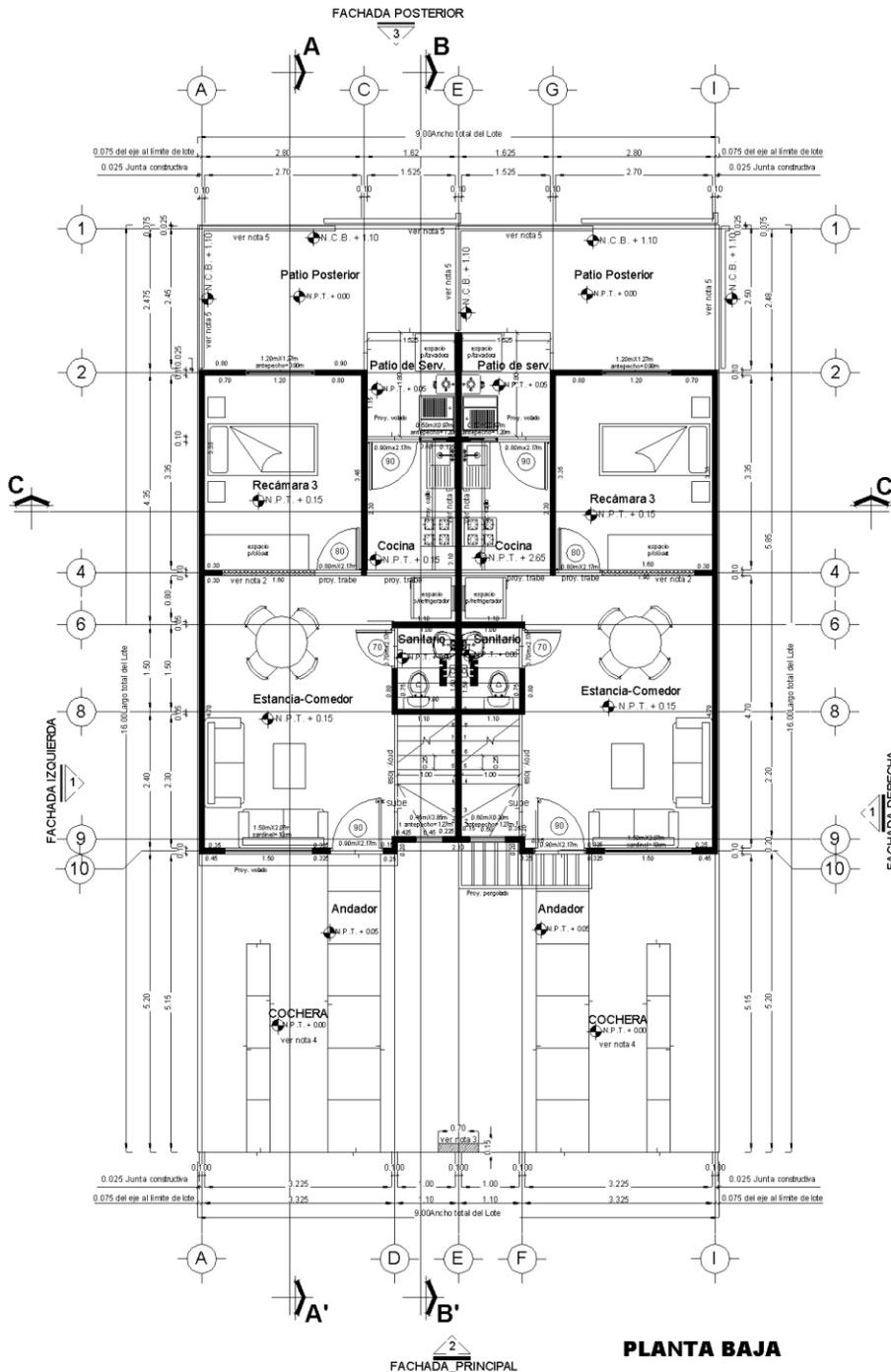
El Prototipo tiene como dimensiones generales en planta 8.85m de largo por 8.25m de ancho, y una altura total promedio de 5.21m.

La cimentación se solucionó con losa de cimentación de 10cm de espesor, rigidizado con contratrabes perimetrales e intermedias. Respetando las características que se indican en el estudio de mecánica de suelos.

La estructura principal está conformada por muros de carga de concreto reforzados interiormente con un espesor de 10cm en general y ligados con cerramientos, trabes y losas.

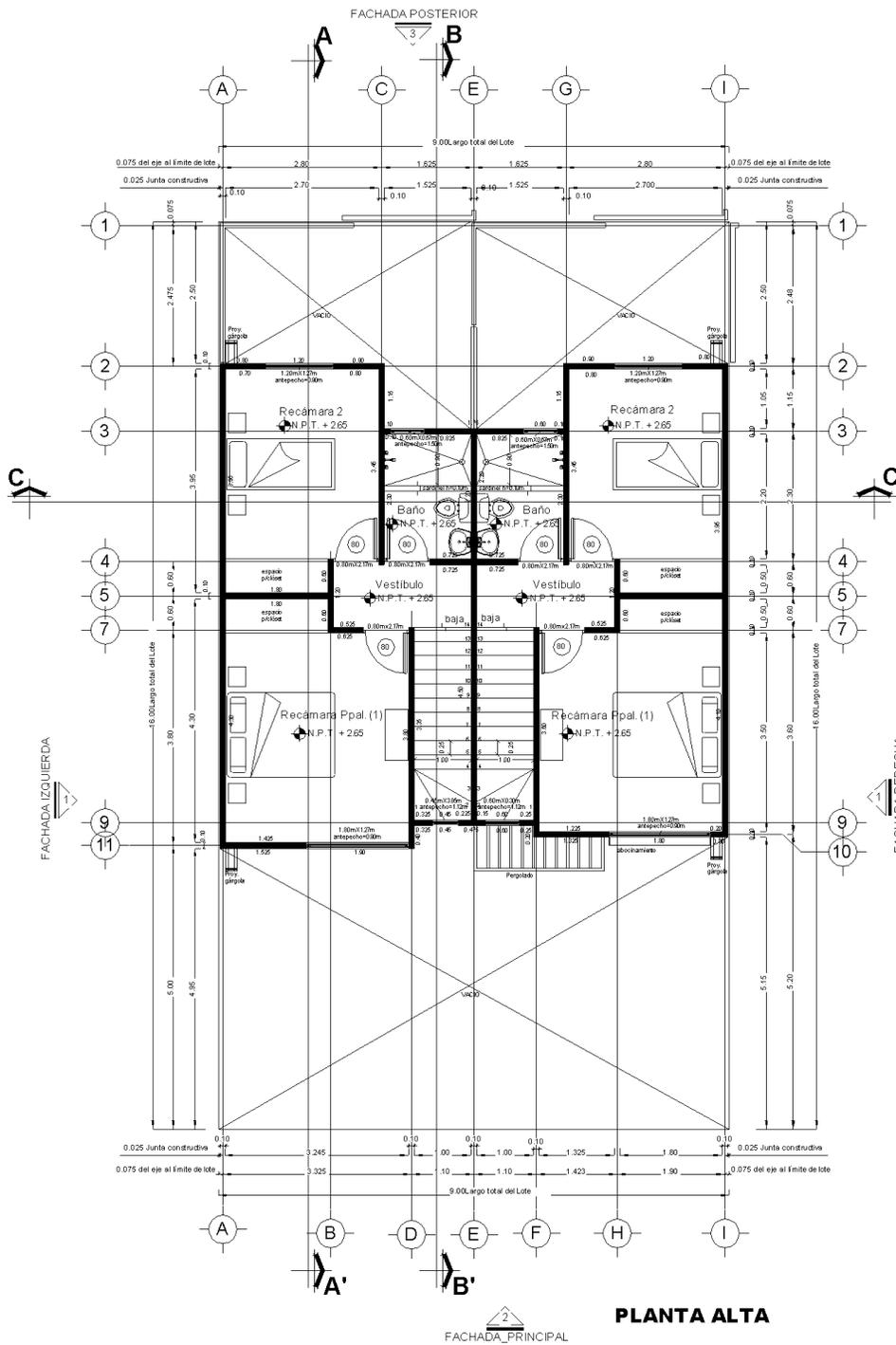
Las losas de entrespiso y azotea están resueltas con losa maciza y losa de vigueta y bovedilla de 10 y 17.5cm de espesor respectivamente.

2.4- Plantas Arquitectónicas.



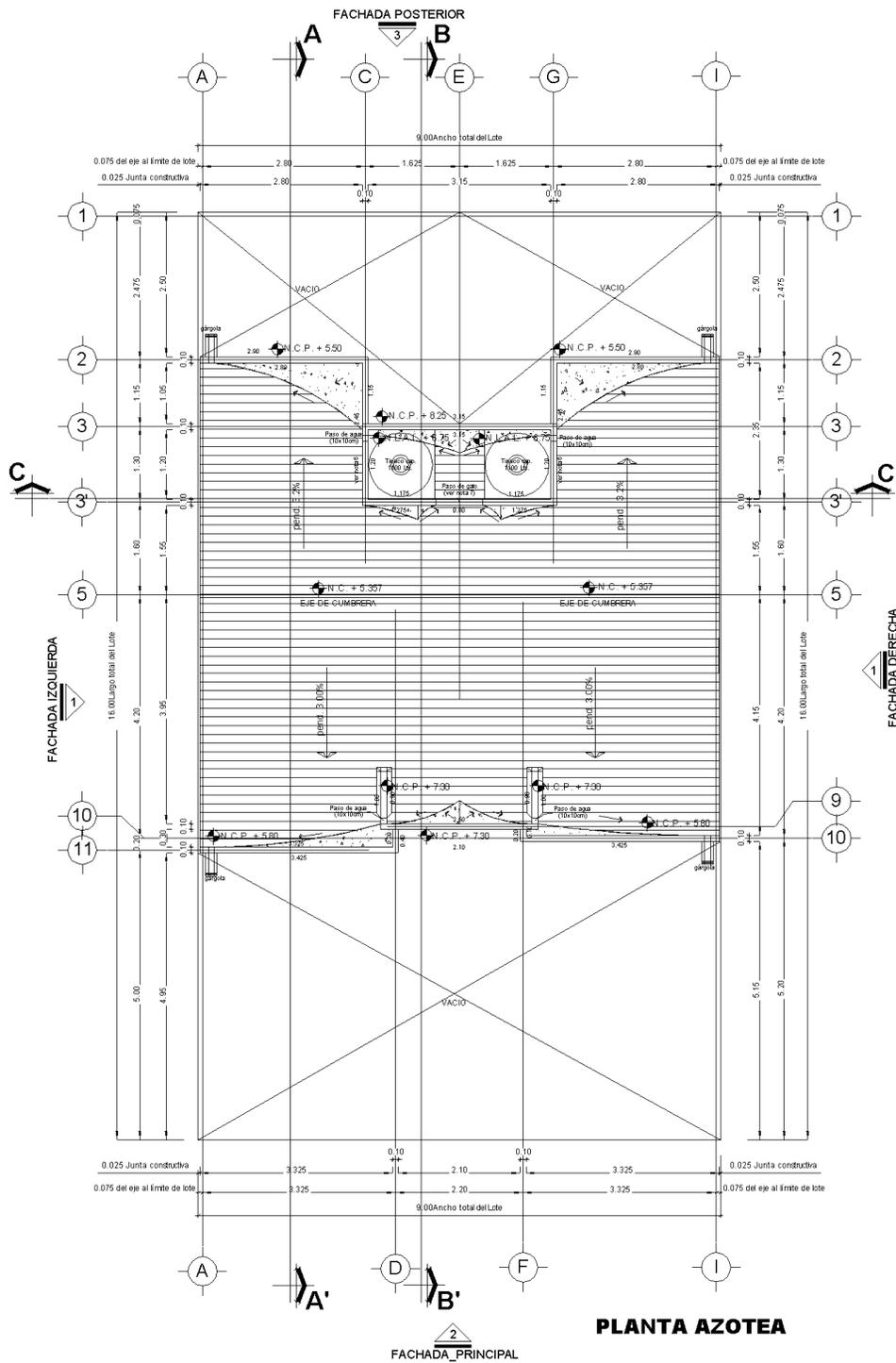
La planta baja del prototipo Ciprés Dx está conformada por una estancia-comedor, medio baño, 1 recamara, cocina, patio de servicio, un patio trasero y un cajón de cochera por cada una de las viviendas.

Figura No. 4, Planta Baja de Prototipo Ciprés DX.
Fuente: Departamento de arquitectura de la empresa.



La planta de entrespiso del prototipo Ciprés Dx está conformada por dos recamaras 1 un baño completo por cada una de las viviendas.

Figura No. 5, Planta de Entrespiso de Prototipo Ciprés DX.
Fuente: Departamento de arquitectura de la empresa.



La planta de azotea del prototipo Ciprés Dx está conformada únicamente por un torreón que alberga dos tinacos de 1100 litros.

Figura No. 6, Planta de Azotea de Prototipo Ciprés DX.
Fuente: Departamento de arquitectura de la empresa.

2.5- Reglamentos y Manuales Empleados

Para el desarrollo del análisis y diseño de la estructura en cuestión, se han utilizado los siguientes reglamentos:

- ✓ Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, 2004
- ✓ Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones RCDF 2004
- ✓ Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo, RCDF 2004
- ✓ Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, RCDF 2004.
- ✓ Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones, RCDF 2004.
- ✓ Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por Sismo Comisión Federal de Electricidad, 1993 (MDC-CFE).

2.6- Características de los Materiales

A continuación se presentan las características de los materiales empleados en los elementos que forman la estructura:

CONCRETO

Clase:	Concreto clase 1 y 2.
$f'c$:	200 kg/cm² , concreto clase 1, en losa de cimentación, entrepiso y azotea cerramientos, traveses y contra-traveses. 150 kg/cm² , concreto clase 2, en muros de concreto.
$E_c (14000\sqrt{f'c})$:	113,137.085 kg/cm²
$E_c (8000\sqrt{f'c})$:	97,979 kg/cm²
Peso volumétrico:	2,400.0 kg/m³

Tabla No. 2 - Propiedades del concreto utilizado.

ACERO DE REFUERZO

f'y:	Varilla grado 60 : 6,000 kg/cm ² Varilla grado 42 : 4,200 kg/cm ² Malla electro soldada : 5,000 kg/cm ² Malla electro-soldada tipo Ara-malla: 6,000 kg/cm ²
Es	2.1x10⁶ kg/cm ²

Tabla No. 3 - Propiedades del acero de refuerzo utilizado.

2.7- Análisis de Cargas

2.7.1 - Cargas muertas y Cargas vivas

CARGA MUERTA DEL SISTEMA LOSA DE ENTREPISO				CARGA MUERTA DEL SISTEMA LOSA DE AZOTEA			
MATERIAL	ESPESOR (m)	PESO kg/m ³	W kg/m ²	MATERIAL	ESPESOR (m)	PESO kg/m ³	W kg/m ²
LOSETA	0.017 m	2600.00 kg/m ³	44.20 kg/m ²	Bovedilla de poliestiren	0.120 m	14.00 kg/m ³	1.68 kg/m ²
PEGAZULEJO	0.010 m	1500.00 kg/m ³	15.00 kg/m ²	Peralte de vigueta	0.130 m	2400.00 kg/m ³	
LOSA DE CONCRETO	0.100 m	2400.00 kg/m ³	240.00 kg/m ²	Ancho de vigueta	0.120 m	2400.00 kg/m ³	
FALSO PLAFOND	0.014 m	1500.00 kg/m ³	21.00 kg/m ²	Separacion entre vigue	0.700 m		65.83 kg/m ²
INSTALACIONES			15.00 kg/m ²	Capa de compresion	0.040 m	2400.00 kg/m ³	96.00 kg/m ²
			0.00 kg/m ²	Pafon	0.014 m	1500.00 kg/m ³	21.00 kg/m ²
			0.00 kg/m ²	Instalaciones			15.00 kg/m ²
			0.00 kg/m ²	Impermeabilizante			5.00 kg/m ²
SOBRECARGA 1 POR MORTERO ¹			20.00 kg/m ²	SOBRECARGA 1 POR MORTERO ¹			20.00 kg/m ²
SOBRECARGA 2 POR CONCRETO ¹			20.00 kg/m ²	SOBRECARGA 2 POR CONCRETO ¹			20.00 kg/m ²
			375.20 kg/m²				242.83 kg/m²
			135.2				81.00

Tinacos Peso= 1.1 Ton 2 Pzas

Tabla No. 4 – Bajada de Cargas de la estructura.

CARGAS VIVAS

Nivel de aplicación	CVmax Kg/m ²	CVins Kg/m ²	CVmed. Kg/m ²
-			
Entrepiso	170	90	70
Azotea	100	70	15

2.7.2 - Diseño por sismo

Con base en Manual de Diseño Sísmico de Obras Civiles de la C.F.E., el predio se ubica en la zona sísmica B.

El tipo de Terreno considerado es Tipo de suelo II.

Para el diseño por sismo del edificio se realizará un análisis dinámico, empleando las siguientes expresiones para el cálculo de la ordenada del espectro de diseño:

$$a = a_0 + (c - a_0) \frac{T}{T_a} \quad ; \quad \text{si } T < T_a$$
$$a = c; \quad \text{si } T_a \leq T \leq T_b$$
$$a = qc; \quad \text{si } T > T_b$$

donde

$$q = (T_b/T)^r$$

En donde T es el periodo fundamental de la estructura, c es el coeficiente sísmico, y r, Ta y Tb dependen del tipo de suelo en el que se encuentra la estructura. Los parámetros de diseño sísmico, para definir el espectro de diseño, son los siguientes:

$$a_0 = 0.08$$

$$C_s = 0.30$$

$$T_a = 0.30$$

$$T_b = 1.50$$

$$r = 0.67$$

Con fines de diseño, para el cálculo de las fuerzas sísmicas, obtenidas del análisis dinámico modal, se empleó un factor de reducción Q' que se calculó como sigue:

$$Q' = Q \quad ; \quad \text{si se desconoce } T, \text{ o si } T \geq T_a$$

$$Q' = 1 + \frac{T}{T_a}(Q - 1) \quad ; \quad \text{si } T < T_a$$

Se consideró como factor de comportamiento sísmico Q=2.0, por tratarse de una estructura que en sus dos direcciones la resistencia a fuerzas laterales es suministrada por losas planas y muros de concreto reforzado.

El factor de corrección por irregularidad se tomó igual a 0.9, por no cumplir con el inciso 6 de las condiciones establecidas en la sección 6.2 de las NTC-DS.

Con la información anterior obtenemos que el espectro de diseño será el siguiente:

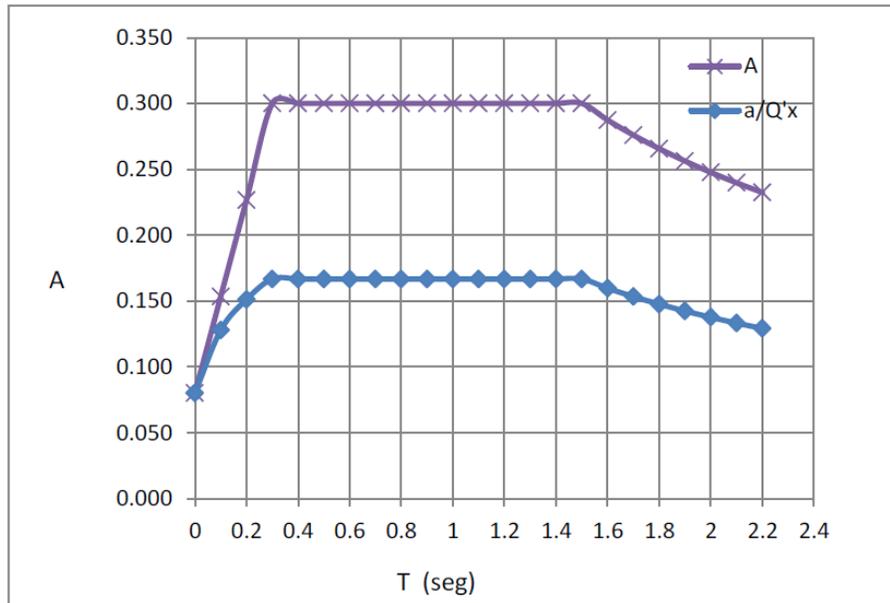


Figura No. 7 – Espectro de diseño reducido.

La estructura se analizó bajo la acción simultánea de dos componentes horizontales ortogonales del movimiento del terreno. Los efectos de las componentes horizontales del movimiento se combinaron tomando en cada dirección que se analizó la estructura, el 100% de los efectos de una componente actuando en la dirección y el 30% de los efectos de la otra componente horizontal, para la condición de signos más desfavorable.

2.7.3- Periodo natural de vibrar de la estructura.

La determinación del periodo de vibrar de la estructura es el resultado del análisis dinámico de la misma, sin embargo, para establecer un rango del periodo se recurren a expresiones aproximadas sencillas con el propósito de detectar errores en el cálculo del modelo matemático. A continuación se presentan dos expresiones populares para el cálculo aproximado del periodo de vibrar de un edificio.

La expresión más usual para obtener el periodo de una estructura de forma aproximada es la siguiente:

$$T = n/10 = 0.1n \dots \dots \dots \text{(Ecu. 2)}$$

Dónde:

T: es el periodo de la estructura [s].

n= Número de niveles del edificio.

En base a lo anterior tendríamos:

$$T=0.1 \times 2=0.2s$$

De igual forma existe otra expresión un poco más refinada que toma en cuenta la estructuración de la estructura en estudio.

$$T= \alpha H^{3/4} \dots\dots\dots (Ecu. 3)$$

Dónde: “ α ” es el Coeficiente que depende del tipo de estructuración:

- 0.085, para edificios a base de marcos de acero.
- 0.075, para edificios a base de marcos de concreto.
- 0.050, para edificios con muros de rigidez o contravientos.

De lo anterior tenemos que:

Periodo en dirección “X” $T_x = 0.05 \times 5.21^{(3/4)} = 0.172 \text{ s}$

Periodo en dirección “Y” $T_y = 0.05 \times 5.21^{(3/4)} = 0.172 \text{ s}$

TABLE: Modal Direction Factors						
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	RZ
		sec				
Modal	1	0.142	0.999	0	0	0.001
Modal	2	0.048	0.987	0	0	0.012
Modal	3	0.043	0.1	0.541	0	0.359
Modal	4	0.041	0.011	0.748	0	0.24
Modal	5	0.04	0.01	0.304	0	0.686
Modal	6	0.039	0.006	0.788	0	0.206
Modal	7	0.039	0.016	0.067	0	0.917
Modal	8	0.038	0.003	0.656	0	0.341
Modal	9	0.037	0.003	0	0	0.996
Modal	10	0.037	0.003	0.978	0	0.018
Modal	11	0.036	0.006	0.764	0	0.23
Modal	12	0.036	0.01	0.009	0	0.981

Tabla No. 5 – Formas modales y periodo correspondiente.

Comparando los valores obtenidos del modelo en ETABS tenemos que el periodo en dirección “x” es igual $T_x=0.142s$ y el periodo en dirección “y” es igual a $T_y=0.048s$, estos valores son aproximados a los antes calculados con las ecuaciones empíricas (2 y 3) con lo cual podemos corroborar que nuestro modelo no tiene errores dentro del análisis del software utilizado.

2.7.4- Revisión por cortante basal

De acuerdo con el capítulo 9.3 de las NTC-DS, establece que se debe de cumplir con la condición de que las fuerzas provocadas por el análisis dinámico, deben ser al menos 80% de las fuerzas sísmicas dadas por el método estático, además de que V_0 no deberá ser menor que $a_0 \cdot W_0$.

$$W_0 = 123.70 \text{ ton}$$

$$a_0 = 0.08$$

$$c = 0.30$$

$$Q' = 1.79$$

$$0.8 a W_0 / Q' = 16.49 \text{ ton}$$

$$c W_0 / Q' = 20.62 \text{ ton}$$

$$a_0 W = 9.89 \text{ ton}$$

$$0.8a \frac{W_0}{Q'}$$

TABLE: Base Reactions

Load Case/Combo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	X	Y	Z
	tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m	m	m	m
CM	0.00	0.00	110.98	-718.11	-500.81	0.00	0.00	0.00	0.00
CVmax	0.00	0.00	17.67	-116.77	-78.26	0.00	0.00	0.00	0.00
CVinst	0.00	0.00	10.60	-70.25	-46.97	0.00	0.00	0.00	0.00
CVmed	0.00	0.00	5.35	-35.14	-23.72	0.00	0.00	0.00	0.00
Sx Max	16.49	9.41	0.00	38.37	65.14	108.70	0.00	0.00	0.00
Sy Max	28.91	16.50	0.00	67.26	114.20	190.55	0.00	0.00	0.00

Tabla No. 6 – Cortante Basal en dirección “x” y “y”.

2.7.5- Revisión de desplazamientos horizontales debido al sismo

Las NTC-DS establecen los desplazamientos máximos horizontales relativos entre dos pisos sucesivos, o distorsiones, causados por las fuerzas de inercia o sísmicas calculadas con alguno de los métodos descritos en dicha norma, dichos desplazamientos no rebasarán los siguientes valores de acuerdo al tipo de estructuración que se tiene en la edificación, siendo de 0.006 veces la diferencia de elevaciones de los entresijos correspondientes cuando haya muros ligados a la estructura principal, y de 0.012 veces la diferencia de elevaciones de los entresijos cuando existan muros ligados a la estructura, para nuestro caso consideraremos una distorsión de 0.006 veces.

TABLE: Story Drifts								
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	
					m	m	m	
Torreón	Sx Max	X	0.00003	83	6.05	-4.93	6.3	
Torreón	Sx Max	Y	0.00006	85	4.85	-4.93	6.3	
Torreón	Sy Max	X	0.00004	83	6.05	-4.93	6.3	
Torreón	Sy Max	Y	0.00011	85	4.85	-4.93	6.3	
Azotea	Sx Max	X	0.00019	77	7.36	-10.93	5.1	
Azotea	Sy Max	X	0.00033	77	7.36	-10.93	5.1	
Entrepiso	Sx Max	X	0.00023	46	6.73	-10.73	2.5	
Entrepiso	Sy Max	X	0.00039	46	6.73	-10.73	2.5	

Tabla No. 7 – Distorsiones máximas por entrepiso.

La distorsión máxima obtenida es de $0.00063 < 0.006$, por lo que se deduce que cumple con lo dispuesto en norma.

2.7.6- Consideraciones de las características del suelo

En el modelo matemático – estructural se utilizó un valor de 0.526 kg/cm^3 para el módulo de reacción.

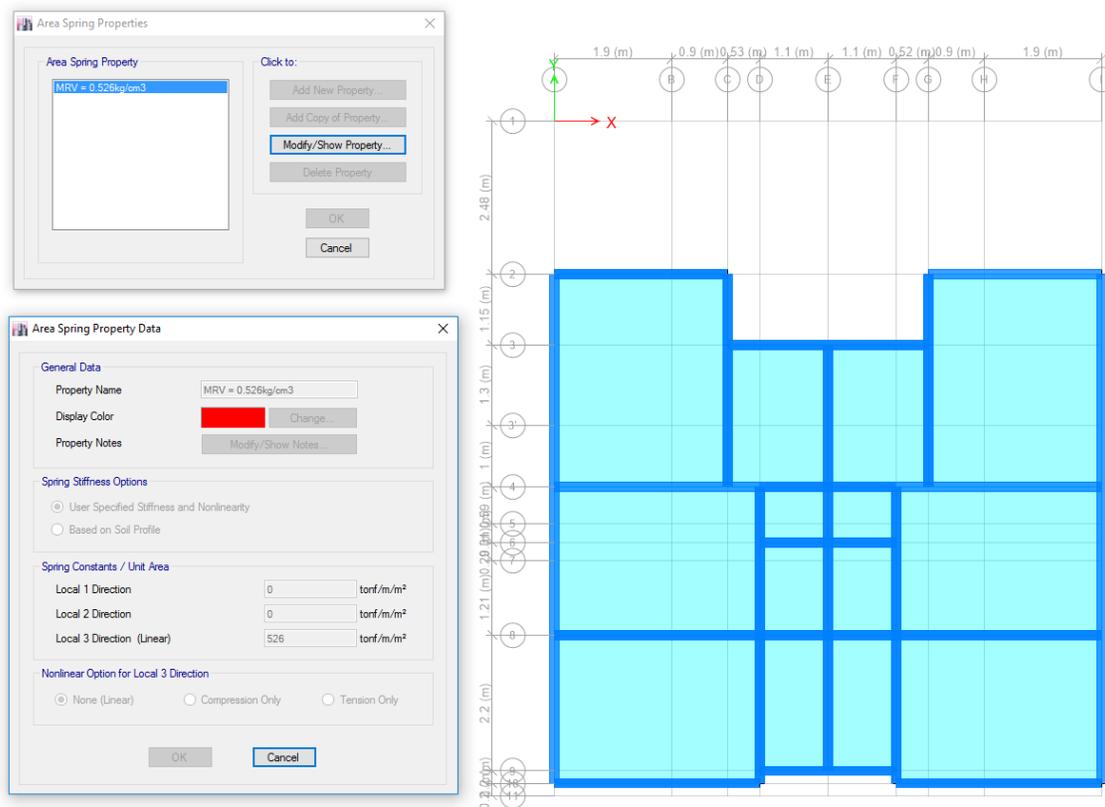


Figura No. 8 – Definición del módulo de reacción en ETABS.

Respecto a la revisión por capacidad de carga del suelo se tiene lo siguiente:

Capacidad de carga del suelo según lo indica el Estudio de Mecánica de Suelos es de 14 ton/m².

Descarga de la estructura:

- Peso de la estructura P= 131.00 ton
- Superficie de contacto A= 68.81 m²

De la fórmula:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{131.0 \text{ ton}}{98.81 \text{ m}^2} = 1.80 \text{ ton/m}^2$$

De lo anterior se deduce que la capacidad de carga del suelo es superior a la transmitida por la estructura 1.80 ton/m² < 14.00 ton/m².

Las siguientes dos tablas muestran el cálculo del peso total de la estructura.

CARGA MUERTA SUPERESTRUCTURA								
Ubicación	Elemento	Ancho	Alto	Largo	No piezas	Volumen	Peso Vol.	Peso Total
-	-	m	m	m	-	m3	ton/m3	Ton
Entrepiso	Muros 10cm	44.05	2.50	0.10	1.00	11.01	2.40	26.43
Entrepiso	T 10x33	20.35	0.10	0.33	1.00	0.67	2.40	1.61
Entrepiso	T 10x40	4.40	0.10	0.40	1.00	0.18	2.40	0.42
Azotea	Muros 10cm	56.55	2.60	0.10	1.00	14.70	2.40	35.29
Azotea	T 10x50	5.20	0.10	0.50	1.00	0.26	2.40	0.62
Azotea	T 10x45	1.20	0.10	0.50	1.00	0.06	2.40	0.14
Azotea	T 10x40	7.10	0.10	0.40	1.00	0.28	2.40	0.68
Torreón	Muros 10cm	13.60	1.20	0.10	1.00	1.63	2.40	3.92
Entrepiso	Losa 10cm	8.00	8.00	0.10	1.00	6.40	2.40	15.35
Azotea	Losa Vig y Bov	8.33	8.33	0.07	1.00	4.65	2.40	11.16
Torreón	Losa 10cm	1.76	1.76	0.10	1.00	0.31	2.40	0.74
						0.00	2.40	0.00
						0.00	2.40	0.00
								96.37

Tabla No. 8 – Cálculo de peso propio de la estructura.

CARGAS VIVAS Y MUERTAS SUPERESTRUCTURA								
Ubicación	Elemento	Ancho	Alto	Área	No piezas	Clasif.	W	Peso Total
-	-	m	m	m2	-	-	kg/m2	Ton
Entrepiso	Losa 10cm	8.00	8.00	64.00	1.00	CM	135.20	8.65
Entrepiso	Losa 10cm	8.00	8.00	64.00	1.00	Cvmax	170.00	10.88
Entrepiso	Losa 10cm	8.00	8.00	64.00	1.00	Cvinst	90.00	5.76
Entrepiso	Losa 10cm	8.00	8.00	64.00	1.00	Cvmed	70.00	4.48
Azotea	Losa Vig y Bov	8.33	8.33	69.39	1.00	CM	81.00	5.62
Azotea	Losa Vig y Bov	8.33	8.33	69.39	1.00	Cvmax	100.00	6.94
Azotea	Losa Vig y Bov	8.33	8.33	69.39	1.00	Cvinst	70.00	4.86
Azotea	Losa Vig y Bov	8.33	8.33	69.39	1.00	Cvmed	15.00	1.04
Torreón	Losa 10cm	1.76	1.76	3.10	1.00	CM	720.00	2.23
Torreón	Losa 10cm	1.76	1.76	3.10	1.00	Cvmax	100.00	0.31
Torreón	Losa 10cm	1.76	1.76	3.10	1.00	Cvinst	70.00	0.22
Torreón	Losa 10cm	1.76	1.76	3.10	1.00	Cvmed	15.00	0.05

Tabla No. 9 – Cálculo de cargas vivas de la estructura.

2.8- Consideraciones de Diseño

2.8.1- Revisión de Estado Limite de servicio

Se revisó que la ocurrencia de desplazamientos, agrietamientos o vibraciones que afecten al correcto funcionamiento de la estructura ante combinaciones de acciones que corresponden a condiciones normales de operación.

Las combinaciones de carga consideradas para el estado límite de servicio son las siguientes:

Para desplazamientos verticales.

- PP+CM+CVmáx
- PP+CM+CVmed

Donde:

PP = Peso propio de la estructura.

CM = Carga Muerta (sin incluir peso propio de la estructura).

CVmáx= Carga viva máxima.

CVmed= Carga viva media.

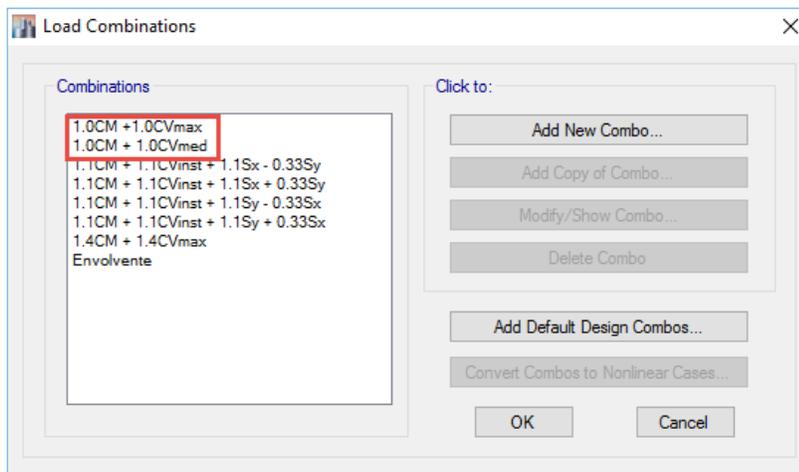


Figura No. 9 – Combinaciones cargadas en el modelo dentro de ETABS.

2.8.2- Revisión de Estado Límite de Falla

La estructura tendrá seguridad adecuada contra la aparición de cualquier situación que corresponda al agotamiento de la capacidad de carga de la estructura y cualquiera de sus componentes, incluyendo la cimentación, ante las combinaciones de acciones más desfavorables que puedan presentarse durante su vida útil, o bien al hecho de que ocurran daños irreversibles que afectan significativamente la resistencia bajo nuevas aplicaciones de cargas.

Las combinaciones de carga consideradas para el estado límite de falla son las siguientes:

- ✓ $1.4(PP+CM+CV_{m\acute{a}x})$
- ✓ $1.1PP + 1.1CM + 1.1CV_{inst} \pm 1.1s_x \pm 0.33s_y$
- ✓ $1.1PP + 1.1CM + 1.1CV_{inst} \pm 1.1s_y \pm 0.33s_x$
- ✓ ENV

Dónde:

PP = Peso propio de la estructura.

CM = Carga Muerta (sin incluir peso propio de la estructura).

CV_{inst} = Carga viva instantánea.

CV_{máx}= Carga viva máxima.

±s_x= sismo en dirección x

±s_y= sismo en dirección y

ENV= envolvente

2.9- Diseño estructural de elementos de concreto

2.9.1 Diseño de traveses y dalas

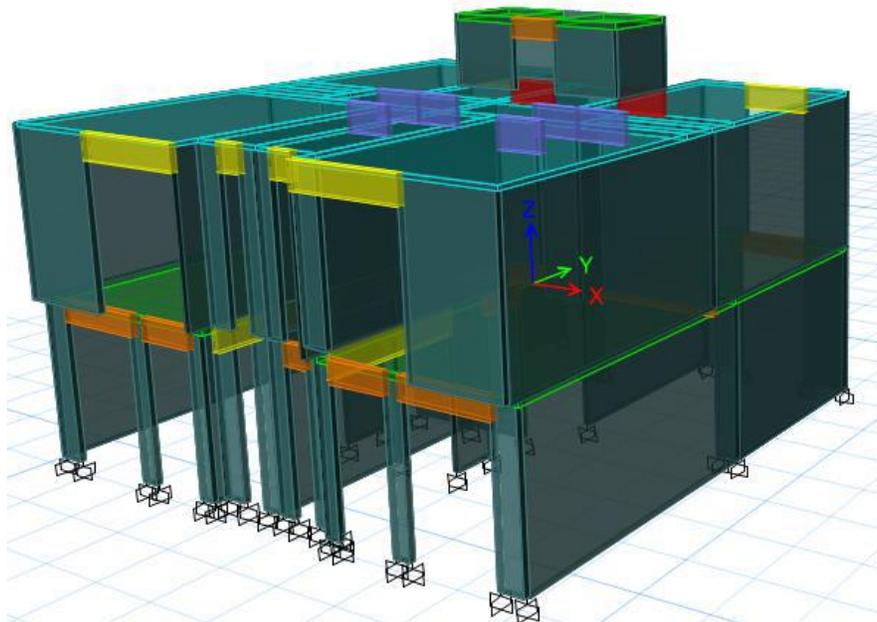


Figura No. 10 – Modelo isométrico en Etabs.

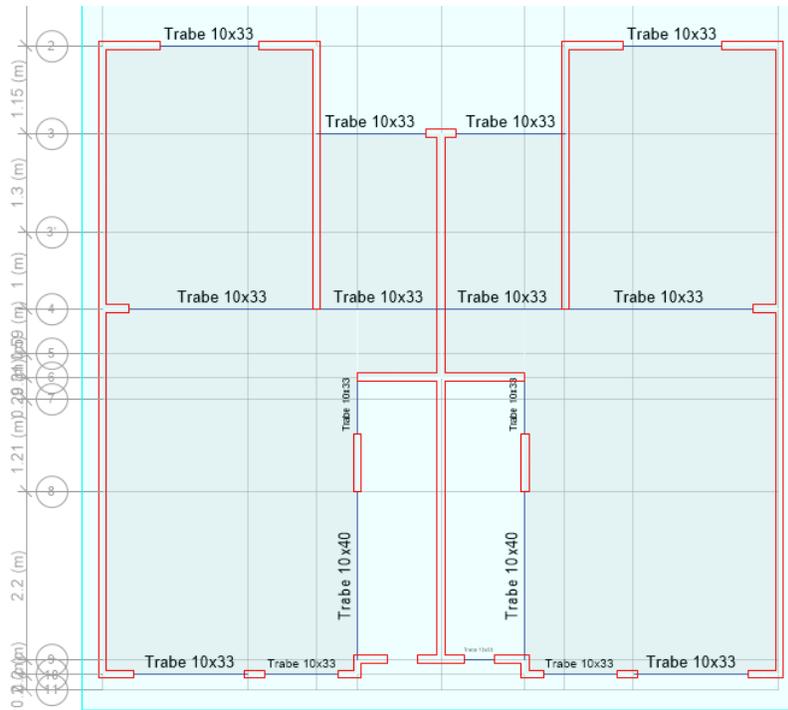


Figura No. 11 – Secciones de trabes de entepiso.

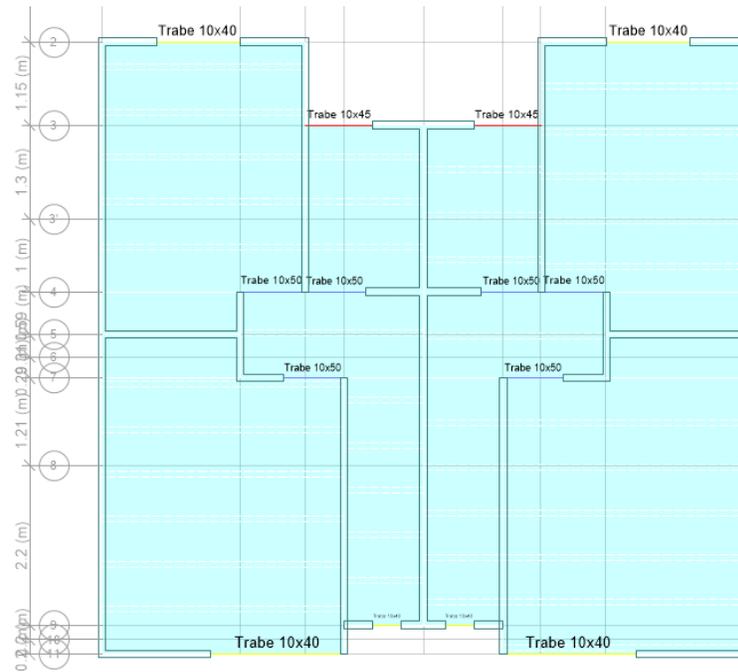


Figura No. 12 – Secciones de trabes de azotea.

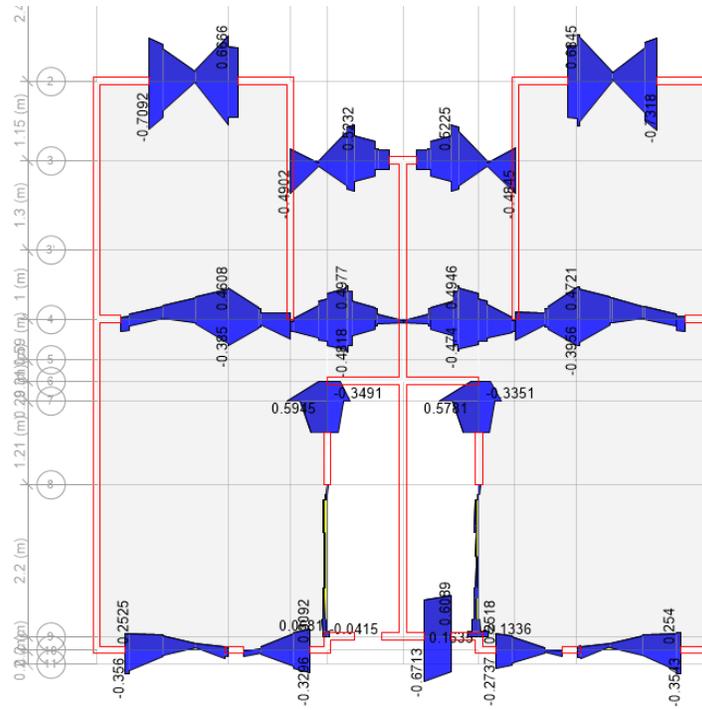


Figura No. 13 – Envoltura de momentos en trabes de entpiso.

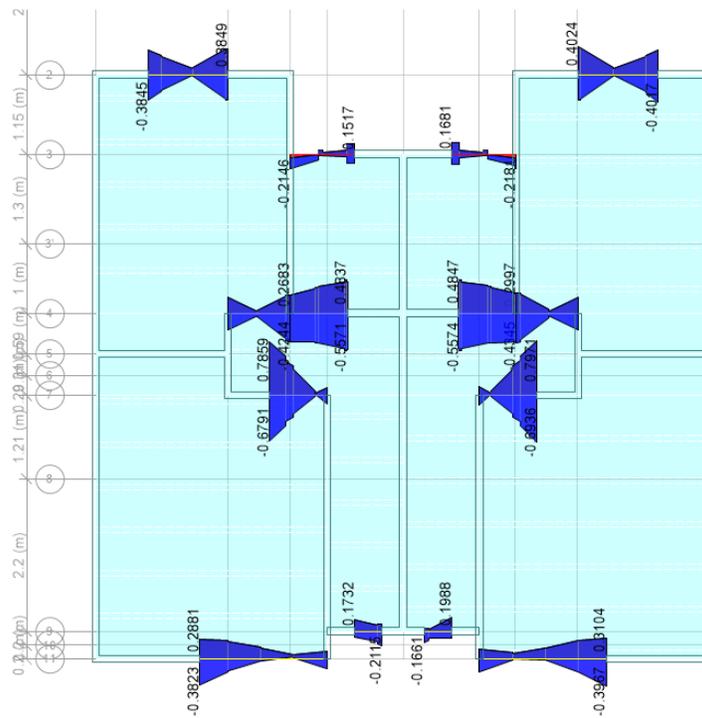


Figura No. 14 – Envoltura de momentos en trabes de azotea.

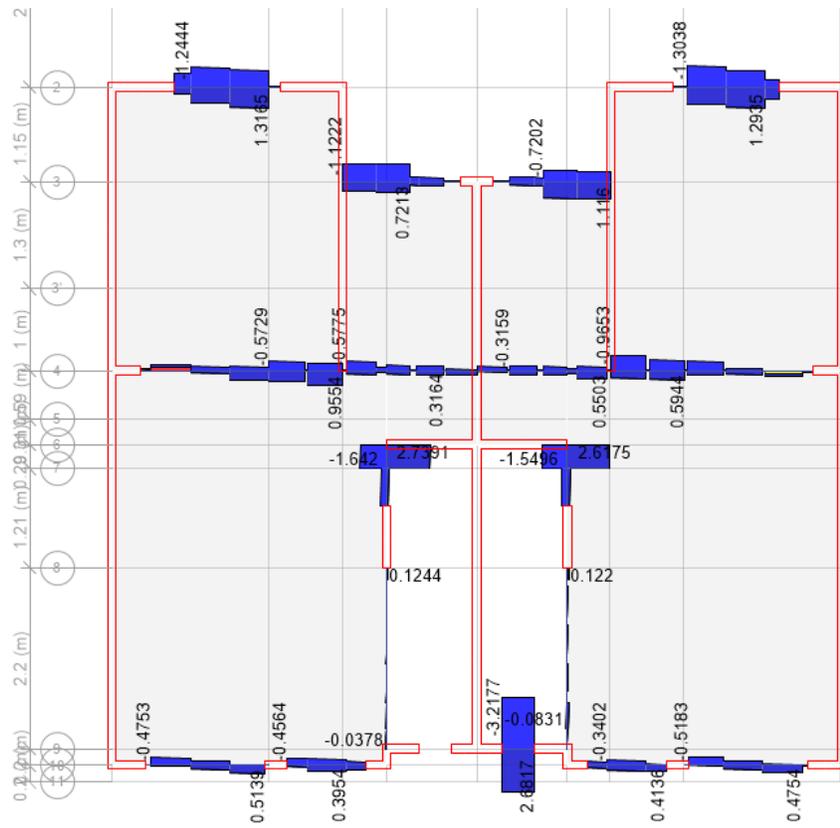


Figura No. 15 – Envolve de cortantes en traves de entrepiso.

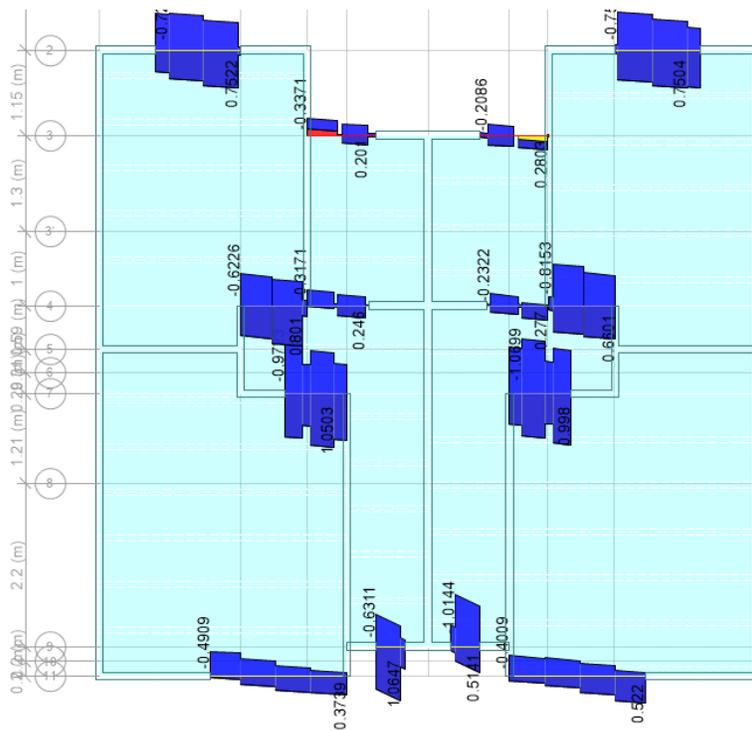


Figura No. 16 – Envolve de cortantes en traves de azotea.

Envolvente de elementos mecánicos de diseño en traves de Entrepiso y Azotea.

TABLE: Beam Forces												
-	Story	Beam	Jnique Name	Load Case/Combo	Station m	P tonf	V2 tonf	V3 tonf	T tonf-m	M2 tonf-m	M3 tonf-m	
D-2	Azotea	B24	45	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Max	0.00	0.10	0.07	0.00	0.03	0.00	0.40	
	Azotea	B24	45	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Min	1.15	-0.08	-0.42	0.00	-0.02	0.00	-0.40	
	Azotea	B22	22	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Max	0.33	0.02	1.06	0.00	0.00	0.00	0.08	
D-3	Azotea	B29	50	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Min	0.07	-0.01	-1.01	0.00	0.00	0.00	-0.10	
	Azotea	B30	51	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Max	1.83	0.15	0.52	0.01	0.03	0.00	0.31	
	Azotea	B30	51	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Min	1.83	-0.11	-0.07	0.00	0.01	0.00	-0.40	
	Azotea	B23	23	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Min	0.00	-0.11	-0.49	-0.01	-0.03	0.00	-0.38	
	Azotea	B30	51	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Max	1.83	0.15	0.52	0.01	0.03	0.00	0.31	
D-4	Azotea	B25	46	1.4CM+1.4CVmax	0.93	0.08	0.01	-0.06	0.01	0.00	-0.22	
	Azotea	B25	46	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Max	0.00	0.52	0.04	0.00	0.00	0.00	0.17	
	Azotea	B18	18	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Min	0.00	-0.42	-0.34	-0.02	-0.01	0.00	-0.21	
	Azotea	B25	46	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Max	0.92	0.40	0.28	0.01	0.01	0.00	-0.06	
D-1	Entrepiso	B9	9	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Max	0.15	0.16	0.03	0.00	0.03	0.00	-0.68	
	Entrepiso	B9	9	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Min	1.30	-0.13	-0.42	0.00	-0.03	0.00	-0.73	
	Entrepiso	B5	5	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Max	0.75	0.00	2.74	0.00	0.06	0.00	0.12	
T-1	Entrepiso	B29	53	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Min	0.00	0.00	-3.22	0.00	0.00	0.00	-0.67	
	Entrepiso	B3	3	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Max	0.83	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.50	
	Entrepiso	B3	3	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Min	0.82	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.48	
	Entrepiso	B2	2	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Max	2.45	0.08	0.96	0.00	0.01	0.00	0.09	
T-2	Entrepiso	B10	10	1.1CM+1.1CVinst+1.15y+0.33Sx Min	0.00	-0.04	-0.97	0.00	-0.01	0.00	-0.31	
	Entrepiso	B8	8	1.4CM+1.4CVmax	1.03	0.01	0.02	0.00	-0.02	0.00	1.02	
	Entrepiso	B8	8	1.4CM+1.4CVmax	2.20	-0.01	0.48	0.00	0.01	0.00	-0.39	
	Entrepiso	B8	8	1.4CM+1.4CVmax	1.98	-0.01	0.89	0.00	0.00	0.00	0.17	
	Entrepiso	B16	16	1.4CM+1.4CVmax	0.25	0.00	-0.60	0.00	0.03	0.00	0.34	

Tabla No. 10 – Envolvente de momentos y cortantes máximos en traves de azotea y entrepiso.

Diseño de traveses

UBICACIÓN	ELEM	Vu	signo	Mu	b	h	r	d	Fr	f'c	f'c	f'c	Fy	AS _{NEC}	ARMADO			AS	Fy ₂	AS	Q _{dis}	M _R	V _{CR}	V _U	STRIBOS CAL	fy	DISEÑO DE ESTRIBOS
		Ton		Ton.m											cm	cm	cm										
																	CANT	TIPO	CAL								
Entrepiso	D-1	2.74	-	0.730	10	33	2.5	30.5	0.9	200	160	136	6,000	0.610	2	tec-60	1/4	0.63	6,000	0.63	0.0916	0.995	745	2,740	18	6,000	e.# 5/32 @15 en 1 serie
		3.22	+	0.680	10	33	2.5	30.5	0.9	200	160	136	6,000	0.567	2	tec-60	1/4	0.63	6,000	0.63	0.0916	0.995	745	3,220	14	6,000	e.# 5/32 @14 en 1 serie
Azotea	D-2	1.06	-	0.400	10	40.5	2.5	38	0.9	200	160	136	6,000	0.262	2	tec-60	1/4	0.63	6,000	0.63	0.0735	1.252	897	1,060	277	6,000	e.# 5/32 @19 en 1 serie
		1.01	+	0.400	10	40.5	2.5	38	0.9	200	160	136	6,000	0.262	2	tec-60	1/4	0.63	6,000	0.63	0.0735	1.252	897	1,010	400	6,000	e.# 5/32 @19 en 1 serie
Azotea	D-3	0.49	-	0.400	10	39.5	2.5	37	0.9	200	160	136	6,000	0.270	2	tec-60	1/4	0.63	6,000	0.63	0.0755	1.218	877	490	439,410	6,000	e.# 5/32 @18 en 1 serie
		0.52	+	0.310	10	39.5	2.5	37	0.9	200	160	136	6,000	0.208	2	tec-60	1/4	0.63	6,000	0.63	0.0755	1.218	877	520	439,410	6,000	e.# 5/32 @18 en 1 serie
Azotea	D-4	0.34	-	0.220	10	44	2.5	41.5	0.9	200	160	136	6,000	0.131	2	tec-60	5/16	0.99	6,000	0.99	0.1052	2.101	1,040	340	492,852	6,000	e.# 5/32 @20 en 1 serie
		0.28	+	0.170	10	44	2.5	41.5	0.9	200	160	136	6,000	0.101	2	tec-60	5/16	0.99	6,000	0.99	0.1052	2.101	1,040	280	492,852	6,000	e.# 5/32 @20 en 1 serie
Azotea	D-5	0.99	-	0.690	10	51	2.5	48.5	0.9	200	160	136	6,000	0.355	2	tec-60	5/16	0.99	6,000	0.99	0.0900	2.475	1,182	990	575,983	6,000	e.# 5/32 @24 en 1 serie
		0.86	+	0.790	10	51	2.5	48.5	0.9	200	160	136	6,000	0.407	2	tec-60	5/16	0.99	6,000	0.99	0.0900	2.475	1,182	860	575,983	6,000	e.# 5/32 @24 en 1 serie
Azotea	D-6	0.01	-	0.010	10	30	2.5	27.5	0.9	200	160	136	6,000	0.009	2	tec-60	1/4	0.63	6,000	0.63	0.1016	0.893	685	10	326,588	6,000	e.# 5/32 @13 en 1 serie
		0.01	+	0.010	10	30	2.5	27.5	0.9	200	160	136	6,000	0.009	2	tec-60	1/4	0.63	6,000	0.63	0.1016	0.893	685	10	326,588	6,000	e.# 5/32 @13 en 1 serie
Entrepiso	T-1	0.96	-	0.480	10	33	2.5	30.5	0.9	200	160	136	6,000	0.396	2	tec-60	1/4	0.63	6,000	0.63	0.0916	0.995	745	960	168	6,000	e.# 5/32 @15 en 1 serie
		0.97	+	0.500	10	33	2.5	30.5	0.9	200	160	136	6,000	0.413	2	tec-60	1/4	0.63	6,000	0.63	0.0916	0.995	745	970	161	6,000	e.# 5/32 @15 en 1 serie
Entrepiso	T-2	0.89	-	0.390	10	40	2.5	37.5	0.9	200	160	136	6,000	0.259	2	tec-60	1/4	0.63	6,000	0.63	0.0745	1.235	887	890	15,542	6,000	e.# 5/32 @18 en 1 serie
		0.60	+	1.020	10	40	2.5	37.5	0.9	200	160	136	6,000	0.691	2	tec-60	1/4	0.63	6,000	0.63	0.0745	1.235	887	600	445,348	6,000	e.# 5/32 @18 en 1 serie
Azotea	N-1 L=2.78	0.41	-	0.190	8	15	2.0	13	0.9	200	160	136	6,000	0.288	2	tec-60	1/4	0.63	6,000	0.63	0.2687	0.385	339	410	216	5,000	e.# 5/32 @6 en 1 serie
		0.41	+	0.095	8	15	2.0	13	0.9	200	160	136	6,000	0.185	2	tec-60	1/4	0.63	6,000	0.63	0.2687	0.385	339	410	216	5,000	e.# 5/32 @6 en 1 serie
Azotea	N-2 L=3.31	0.49	-	0.270	8	15	2.0	13	0.9	200	160	136	6,000	0.422	2	tec-60	1/4	0.63	6,000	0.63	0.2687	0.385	339	490	102	5,000	e.# 5/32 @6 en 1 serie
		0.49	+	0.135	8	15	2.0	13	0.9	200	160	136	6,000	0.201	4	tec-60	1/4	1.27	6,000	1.27	0.5374	0.650	467	490	667	5,000	e.# 5/32 @6 en 1 serie
Azotea	N-2 L=1.61	0.54	-	0.100	8	15	2.0	13	0.9	200	160	136	6,000	0.196	2	tec-60	1/4	0.63	6,000	0.63	0.2687	0.385	339	544	75	5,000	e.# 5/32 @6 en 1 serie
		0.54	+	0.050	8	15	2.0	13	0.9	200	160	136	6,000	0.096	4	tec-60	1/4	1.27	6,000	1.27	0.5374	0.650	467	544	200	5,000	e.# 5/32 @6 en 1 serie

Tabla No. 11 – Envoltorio de momentos y cortantes máximos en traveses de azotea y entresuelo.

2.9.2- Diseño de muros de concreto

La revisión de los muros se hizo en base a lo estipulado en el NTC-DEC, en el capítulo 6.5.2 Muros de concreto sujetos a fuerzas horizontales en su plano y NTC-DEM para muros de mampostería sujetos a fuerzas horizontales en su plano.

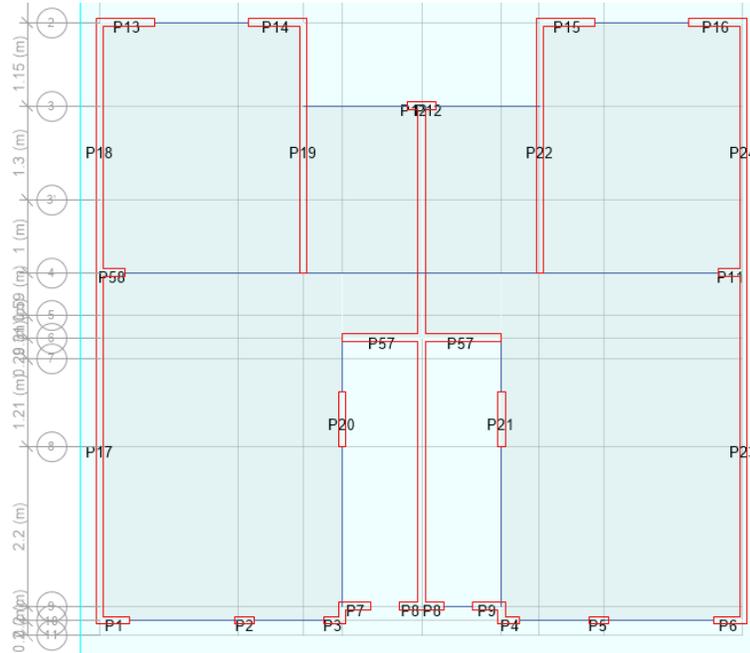


Figura No. 17 – Asignación de Piers en muros de planta baja.

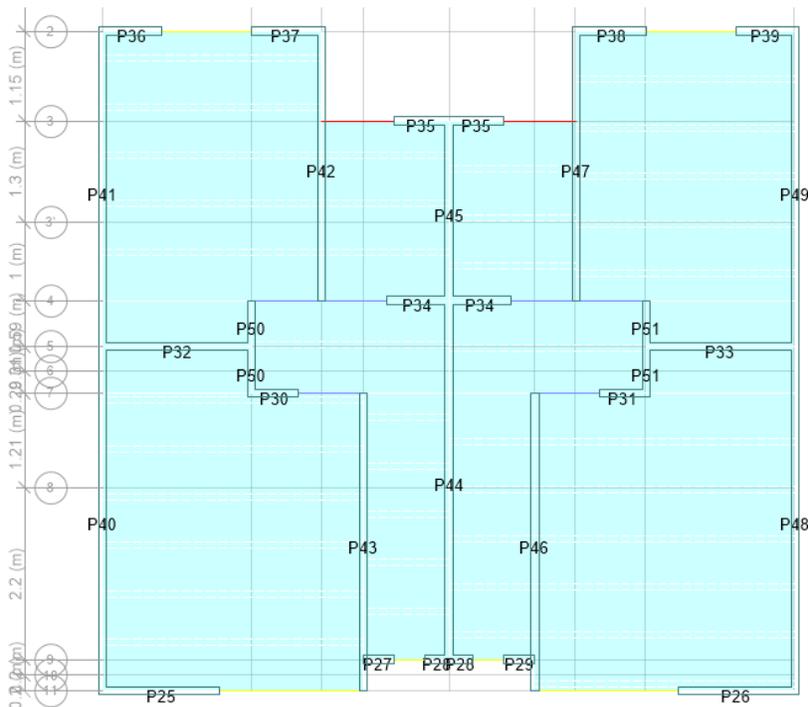


Figura No. 18 – Asignación de Piers en muros de planta de entrepiso.

MURO	ELEM. MECANICOS			MATERIALES		PROPIEDADES DEL MURO			FLEXION					CORTANTE			PARAMETROS				ARMADOS					
No	M _u ton-m	P _u ton	V _u ton	f _c kg/cm ²	f _y kg/cm ²	L cm	t cm	H cm	RELACION 0.3F _R tL ³ /c	F _R	H/L	z	A _s cm ²	F _R	V _{CR} ton	Pasa	0.3 f _c A _g Ton	L/t<70	cantidad	tipo	calibre	area				
P1	0.56	4.740	0.748	150	6000	40.0	10	250	16.20	> Pu	0.90	6.25	32.00	0.32	0.8	Vcr1	1.8	Si	18.00	OK	4	OK	2	Tec 60-	1/4	0.63
P2	0.28	1.145	0.188	150	6000	28.0	10	250	11.34	> Pu	0.90	8.93	22.40	0.23	0.8	Vcr1	1.2	Si	12.60	OK	2.8	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P3	0.23	0.070	0.393	150	6000	25.0	10	250	10.13	> Pu	0.90	10.00	20.00	0.21	0.8	Vcr1	1.1	Si	11.25	OK	2.5	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P4	0.20	2.270	0.416	150	6000	25.0	10	250	10.13	> Pu	0.90	10.00	20.00	0.19	0.8	Vcr1	1.1	Si	11.25	OK	2.5	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P5	0.28	0.882	0.185	150	6000	28.0	10	250	11.34	> Pu	0.90	8.93	22.40	0.23	0.8	Vcr1	1.2	Si	12.60	OK	2.8	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P6	0.56	2.192	0.739	150	6000	40.0	10	250	16.20	> Pu	0.90	6.25	32.00	0.32	0.8	Vcr1	1.8	Si	18.00	OK	4	OK	2	Tec 60-	1/4	0.63
P7	0.48	1.359	0.595	150	6000	40.0	10	250	16.20	> Pu	0.90	6.25	32.00	0.28	0.8	Vcr1	1.8	Si	18.00	OK	4	OK	2	Tec 60-	1/4	0.63
P8	1.53	2.406	1.014	150	6000	60.0	10	250	24.30	> Pu	0.90	4.17	48.00	0.59	0.8	Vcr1	2.6	Si	27.00	OK	6	OK	2	Tec 60-	1/4	0.63
P9	0.65	4.774	0.967	150	6000	40.0	10	250	16.20	> Pu	0.90	6.25	32.00	0.38	0.8	Vcr1	1.8	Si	18.00	OK	4	OK	2	Tec 60-	1/4	0.63
P11	0.39	2.334	0.618	150	6000	35.0	10	250	14.18	> Pu	0.90	7.14	28.00	0.26	0.8	Vcr1	1.5	Si	15.75	OK	3.5	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P12	0.43	0.502	0.272	150	6000	40.0	10	250	16.20	> Pu	0.90	6.25	32.00	0.25	0.8	Vcr1	1.8	Si	18.00	OK	4	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P13	2.62	7.737	2.714	150	6000	75.0	10	250	30.38	> Pu	0.90	3.33	60.00	0.81	0.8	Vcr1	3.3	Si	33.75	OK	7.5	OK	4	Tec 60-	1/4	1.27
P14	2.61	5.388	2.774	150	6000	75.0	10	250	30.38	> Pu	0.90	3.33	60.00	0.81	0.8	Vcr1	3.3	Si	33.75	OK	7.5	OK	4	Tec 60-	1/4	1.27
P15	2.61	9.773	2.778	150	6000	75.0	10	250	30.38	> Pu	0.90	3.33	60.00	0.81	0.8	Vcr1	3.3	Si	33.75	OK	7.5	OK	4	Tec 60-	1/4	1.27
P16	2.63	6.847	3.055	150	6000	75.0	10	250	30.38	> Pu	0.90	3.33	60.00	0.81	0.8	Vcr1	3.3	Si	33.75	OK	7.5	OK	4	Tec 60-	1/4	1.27
P17	6.72	10.034	3.925	150	6000	480.0	10	250	194.40	> Pu	0.90	0.52	292.00	0.43	0.8	Vcr2	35.8	Si	216.00	OK	48	OK	2	Tec 60-	1/4	0.63
P18	6.51	22.294	1.948	150	6000	345.0	10	250	139.73	> Pu	0.90	0.72	238.00	0.51	0.8	Vcr2	25.7	Si	155.25	OK	35	OK	2	Tec 60-	1/4	0.63
P19	5.51	19.103	2.258	150	6000	345.0	10	250	139.73	> Pu	0.90	0.72	238.00	0.43	0.8	Vcr2	25.7	Si	155.25	OK	35	OK	2	Tec 60-	1/4	0.63
P20	0.15	3.367	0.125	150	6000	75.0	10	250	30.38	> Pu	0.90	3.33	60.00	0.05	0.8	Vcr1	3.3	Si	33.75	OK	7.5	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P21	0.14	2.767	0.114	150	6000	75.0	10	250	30.38	> Pu	0.90	3.33	60.00	0.04	0.8	Vcr1	3.3	Si	33.75	OK	7.5	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P22	5.78	19.144	2.274	150	6000	345.0	10	250	139.73	> Pu	0.90	0.72	238.00	0.45	0.8	Vcr2	25.7	Si	155.25	OK	35	OK	2	Tec 60-	1/4	0.63
P23	5.71	9.754	3.315	150	6000	480.0	10	250	194.40	> Pu	0.90	0.52	292.00	0.36	0.8	Vcr2	35.8	Si	216.00	OK	48	OK	2	Tec 60-	1/4	0.63
P24	5.02	15.112	1.305	150	6000	345.0	10	250	139.73	> Pu	0.90	0.72	238.00	0.39	0.8	Vcr2	25.7	Si	155.25	OK	35	OK	2	Tec 60-	1/4	0.63
P25	0.93	0.102	0.368	150	6000	150.0	10	260	60.75	> Pu	0.90	1.73	120.00	0.14	0.8	Vcr1	6.6	Si	67.50	OK	15	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P26	0.97	0.962	0.338	150	6000	150.0	10	260	60.75	> Pu	0.90	1.73	120.00	0.15	0.8	Vcr1	6.6	Si	67.50	OK	15	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P27	0.33	1.596	0.042	150	6000	40.0	10	260	16.20	> Pu	0.90	6.50	32.00	0.19	0.8	Vcr1	1.8	Si	18.00	OK	4	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P28	0.81	0.696	0.326	150	6000	60.0	10	260	24.30	> Pu	0.90	4.33	48.00	0.31	0.8	Vcr1	2.6	Si	27.00	OK	6	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P29	0.43	3.539	0.829	150	6000	40.0	10	260	16.20	> Pu	0.90	6.50	32.00	0.25	0.8	Vcr1	1.8	Si	18.00	OK	4	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32

Tabla No. 12 – Asignación de Piers en muros de planta baja.

MURO	ELEM. MECANICOS			MATERIALES		PROPIEDADES DEL MURO			FLEXION					CORTANTE			PARAMETROS				ARMADOS					
	No	M _u ton-m	P _u ton	V _u ton	f _c kg/cm ²	f _y kg/cm ²	L cm	t cm	H cm	RELACION 0.3F _R tLfc	F _R	H/L	z	A _s cm ²	F _R	V _{CR} ton	Pasa	0.3 f _c A ₀ Ton	L/t<70	cantidad	tipo	calibre	area			
P30	1.12	1.793	1.344	150	6000	60.0	10	260	24.30	> Pu	0.90	4.33	48.00	0.43	0.8	Vcr1	2.6	Si	27.00	OK	6	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P31	1.14	1.357	1.372	150	6000	60.0	10	260	24.30	> Pu	0.90	4.33	48.00	0.44	0.8	Vcr1	2.6	Si	27.00	OK	6	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P32	2.87	1.211	8.239	150	6000	190.0	10	260	76.95	> Pu	0.90	1.37	152.00	0.35	0.8	Vcr2	14.2	Si	85.50	OK	19	OK	4	Tec 60-	1/4	1.27
P33	2.89	1.474	8.364	150	6000	190.0	10	260	76.95	> Pu	0.90	1.37	152.00	0.35	0.8	Vcr2	14.2	Si	85.50	OK	19	OK	4	Tec 60-	1/4	1.27
P34	2.14	0.638	1.863	150	6000	160.0	10	260	64.80	> Pu	0.90	1.63	128.00	0.31	0.8	Vcr1	7.0	Si	72.00	OK	16	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P35	6.51	1.871	3.210	150	6000	140.0	10	260	56.70	> Pu	0.90	1.86	112.00	1.08	0.8	Vcr1	6.1	Si	63.00	OK	14	OK	4	Tec 60-	1/4	1.27
P36	0.72	0.615	0.280	150	6000	75.0	10	260	30.38	> Pu	0.90	3.47	60.00	0.22	0.8	Vcr1	3.3	Si	33.75	OK	7.5	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P37	0.87	0.986	0.603	150	6000	90.0	10	260	36.45	> Pu	0.90	2.89	72.00	0.22	0.8	Vcr1	3.9	Si	40.50	OK	9	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P38	0.87	0.428	0.629	150	6000	90.0	10	260	36.45	> Pu	0.90	2.89	72.00	0.22	0.8	Vcr1	3.9	Si	40.50	OK	9	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P39	0.76	1.282	0.233	150	6000	75.0	10	260	30.38	> Pu	0.90	3.47	60.00	0.23	0.8	Vcr1	3.3	Si	33.75	OK	7.5	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P40	3.49	7.061	1.044	150	6000	441.0	10	260	178.61	> Pu	0.90	0.59	280.40	0.23	0.8	Vcr2	32.9	Si	198.45	OK	44	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P41	5.01	9.978	0.817	150	6000	404.0	10	260	163.62	> Pu	0.90	0.64	265.60	0.35	0.8	Vcr2	30.1	Si	181.80	OK	40	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P42	3.82	6.738	0.110	150	6000	345.0	10	260	139.73	> Pu	0.90	0.75	242.00	0.29	0.8	Vcr2	25.7	Si	155.25	OK	35	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P43	5.13	2.823	0.571	150	6000	381.0	10	260	154.31	> Pu	0.90	0.68	256.40	0.37	0.8	Vcr2	28.4	Si	171.45	OK	38	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P44	1.71	5.731	0.800	150	6000	460.0	10	260	186.30	> Pu	0.90	0.57	288.00	0.11	0.8	Vcr2	34.3	Si	207.00	OK	46	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P45	0.56	2.057	1.530	150	6000	230.0	10	260	93.15	> Pu	0.90	1.13	184.00	0.06	0.8	Vcr2	17.1	Si	103.50	OK	23	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P46	5.84	3.379	0.432	150	6000	381.0	10	260	154.31	> Pu	0.90	0.68	256.40	0.42	0.8	Vcr2	28.4	Si	171.45	OK	38	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P47	3.83	6.581	0.013	150	6000	345.0	10	260	139.73	> Pu	0.90	0.75	242.00	0.29	0.8	Vcr2	25.7	Si	155.25	OK	35	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P48	2.96	6.866	1.019	150	6000	441.0	10	260	178.61	> Pu	0.90	0.59	280.40	0.20	0.8	Vcr2	32.9	Si	198.45	OK	44	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P49	5.22	10.686	0.692	150	6000	404.0	10	260	163.62	> Pu	0.90	0.64	265.60	0.36	0.8	Vcr2	30.1	Si	181.80	OK	40	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P50	1.07	1.627	0.528	150	6000	119.0	10	260	48.20	> Pu	0.90	2.18	95.20	0.21	0.8	Vcr1	5.2	Si	53.55	OK	12	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P51	1.06	1.663	0.515	150	6000	119.0	10	260	48.20	> Pu	0.90	2.18	95.20	0.21	0.8	Vcr1	5.2	Si	53.55	OK	12	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P52	1.17	2.742	1.358	150	6000	130.0	10	120	52.65	> Pu	0.90	0.92	100.00	0.22	0.8	Vcr2	9.7	Si	58.50	OK	13	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P53	1.24	2.826	1.410	150	6000	130.0	10	120	52.65	> Pu	0.90	0.92	100.00	0.23	0.8	Vcr2	9.7	Si	58.50	OK	13	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P54	2.79	3.288	1.136	150	6000	325.0	10	120	131.63	> Pu	0.90	0.37	144.00	0.36	0.8	Vcr2	24.2	Si	146.25	OK	33	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P55	0.46	0.661	0.042	150	6000	120.0	10	120	48.60	> Pu	0.90	1.00	96.00	0.09	0.8	Vcr2	8.9	Si	54.00	OK	12	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P56	0.46	0.351	1.222	150	6000	120.0	10	120	48.60	> Pu	0.90	1.00	96.00	0.09	0.8	Vcr2	8.9	Si	54.00	OK	12	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32
P57	34.81	4.936	17.345	150	6000	220.0	10	250	89.10	> Pu	0.90	1.14	176.00	3.66	0.8	Vcr2	16.4	No	99.00	OK	22	OK	8	Tec 60-	5/16	3.96
P58	0.38	3.392	0.575	150	6000	35.0	10	250	14.18	> Pu	0.90	7.14	28.00	0.25	0.8	Vcr1	1.5	Si	15.75	OK	3.5	OK	1	Tec 60-	1/4	0.32

Tabla No. 13 – Asignación de Piers en muros de planta de entresuelo.

2.9.3- Diseño de losas de azotea y entrepiso

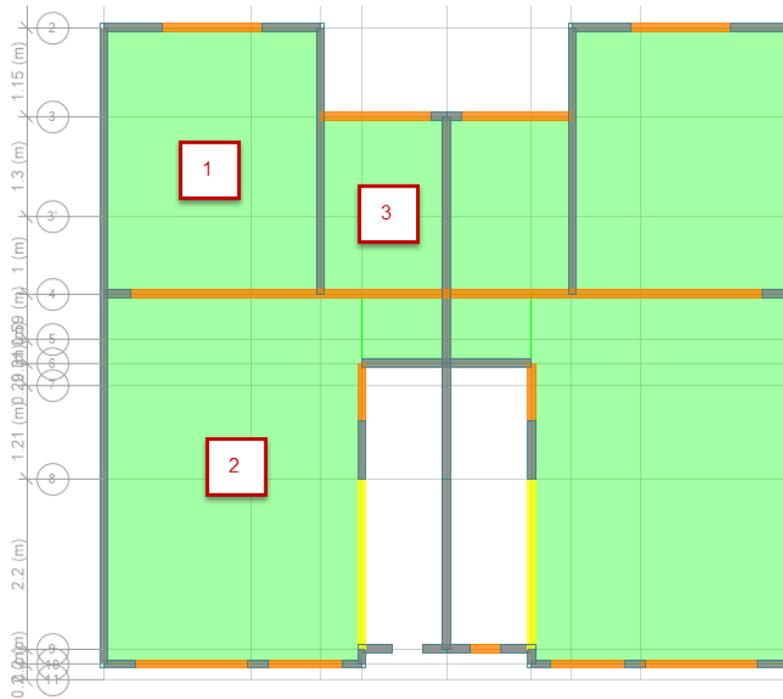


Figura No. 19 – Identificación de tableros analizados.

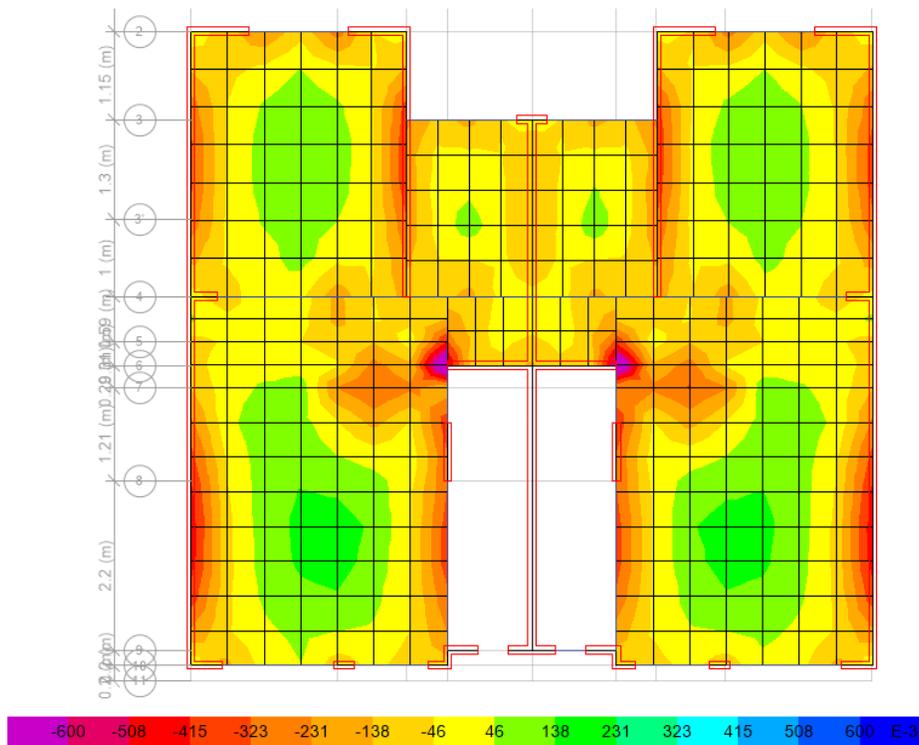


Figura No. 20 – Diagrama de momento en M11 en losa de azotea.

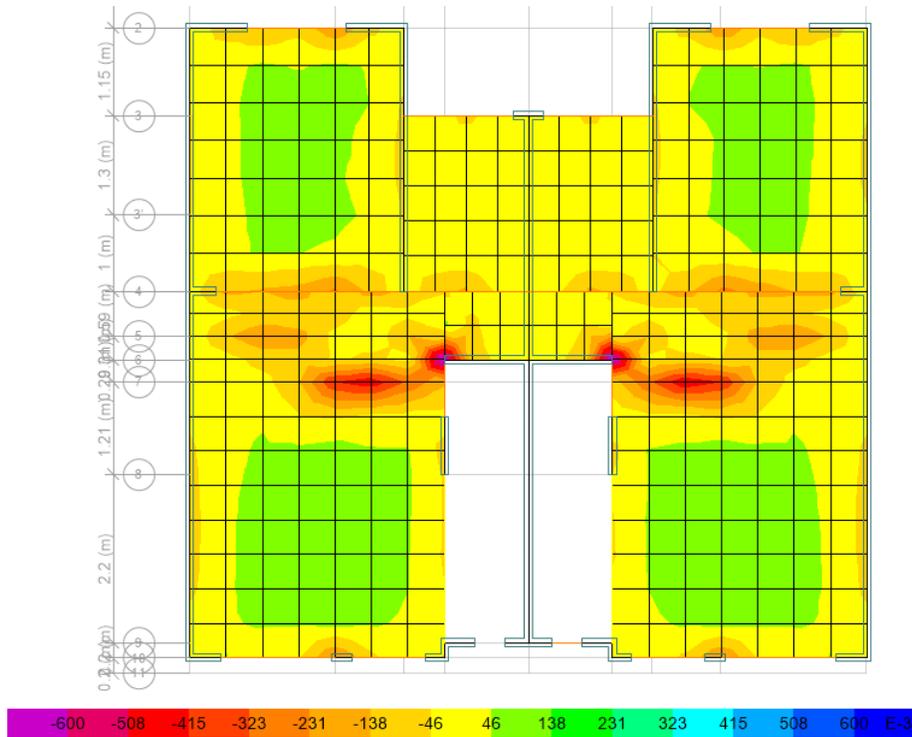


Figura No. 21 – Diagrama de momento en M22 en losa de azotea.

TABLERO	ELEMENTO	Mu	b	h	r	d	Fr	f'c	f'c	f'c	β_1	Fy ₁	p	As	ARMADO				As/b	M _R
No.		Tonm	cm	cm	cm	cm	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²		kg/cm ²	diseño	cm ² /b	PRINCIPAL				cm ² PROP	cm ² PROP	
1	-	0.603	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0021	1.562	Tec 60-	1/4	@	20	1.583	0.611
	-	0.303	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0014	1.017	Tec 60-	1/4	@	30	1.056	0.314
	-	0.067	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0003	0.221	Tec 60-	1/4	@	30	1.056	0.314
	+	0.309	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0014	1.039	Tec 60-	6x6 4.5/4.5	@	100	1.060	0.315
2	-	0.604	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0021	1.563	Tec 60-	1/4	@	20	1.583	0.611
	-	0.477	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0016	1.237	Tec 60-	1/4	@	25	1.267	0.494
	-	0.308	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0014	1.036	Tec 60-	1/4	@	30	1.056	0.314
	+	0.311	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0014	1.046	Tec 60-	6x6 4.5/4.5	@	100	1.060	0.315
3	-	0.307	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0014	1.030	Tec 60-	1/4	@	30	1.056	0.314
	-	0.310	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0014	1.042	Tec 60-	1/4	@	30	1.056	0.314
	-	0.296	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0013	0.993	Tec 60-	1/4	@	30	1.056	0.314
	+	0.304	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0014	1.020	Tec 60-	6x6 4.5/4.5	@	100	1.060	0.315

Tabla No. 14 – Diseño de tableros en losa de azotea.

2.9.4- Diseño de cimentación

La cimentación estará resuelta a base de una losa de concreto armado de 10cm de espesor, rigidizada con contra-trabes perimetrales e interiores con sección de 15x30cm.

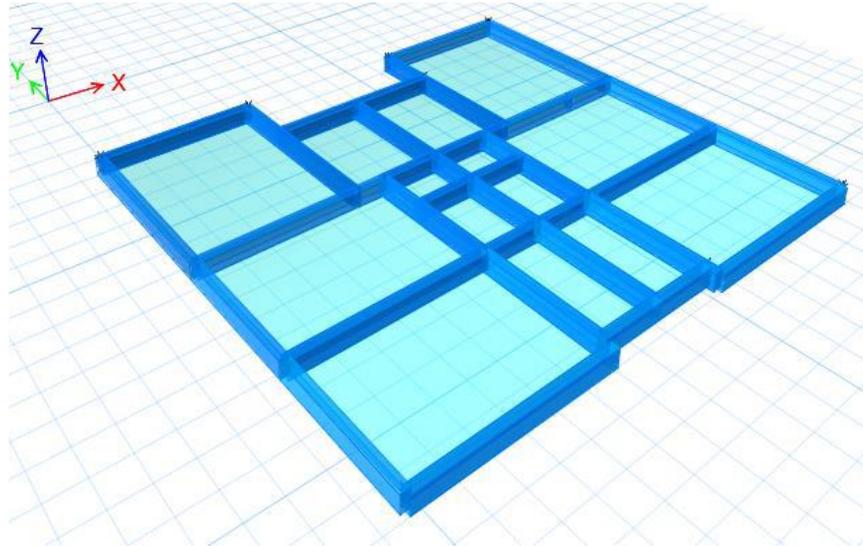


Figura No. 22 – Modelo analítico en isométrico de cimentación.

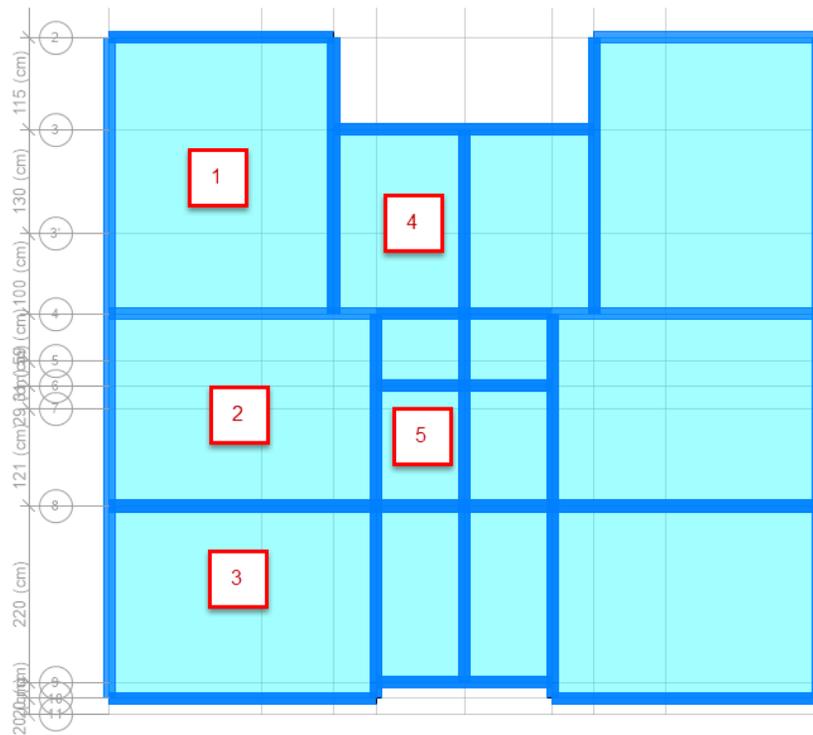


Figura No. 23 – Identificación de tableros de cimentación.

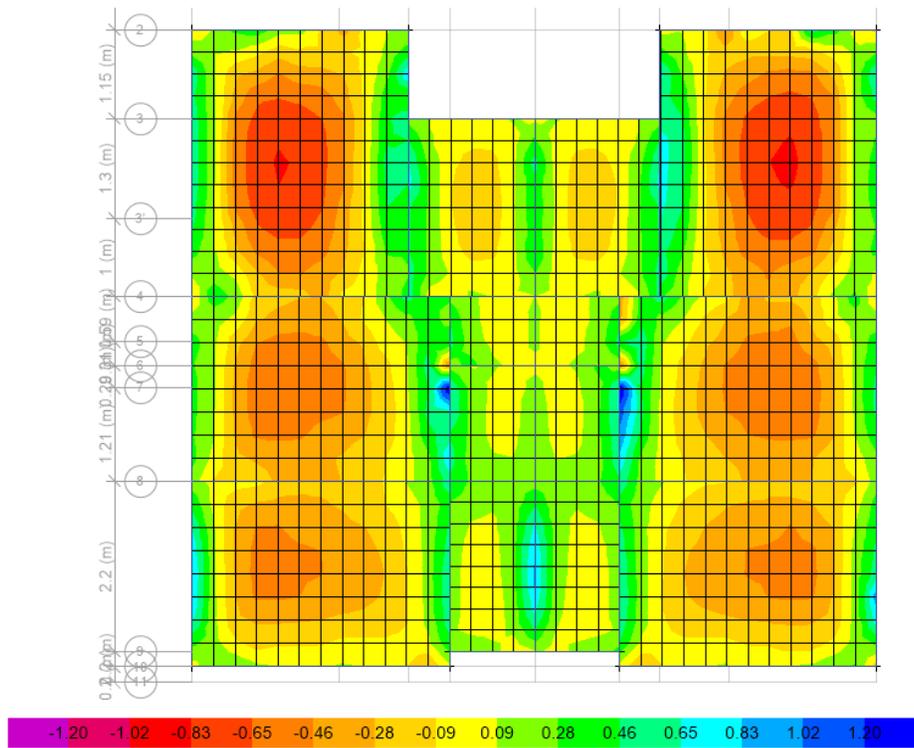


Figura No. 24 – Diagramas de momentos M11 en losa de cimentación (dirección X).

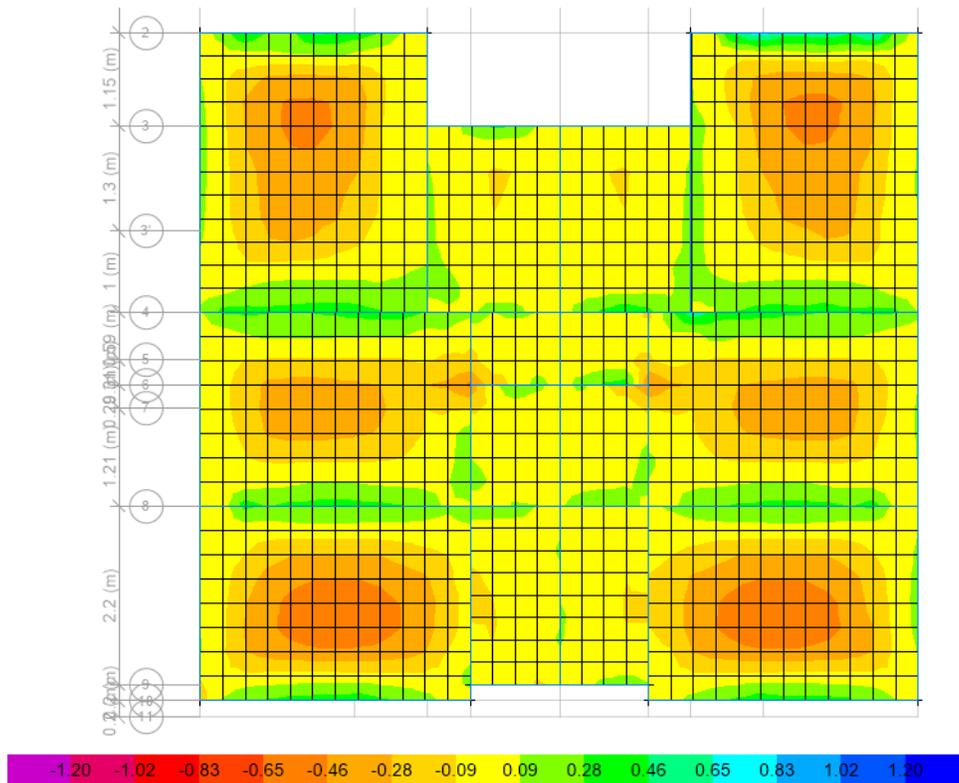


Figura No. 25 – Diagramas de momentos M22 en losa de cimentación (dirección Y).

TABLERO	MOMENTO	Mu	b	h	r	d	Fr	f'c	f'c	f'c	β_1	Fy ₁	p	As	ARMADO				As/b		M _R			
															PRINCIPAL				ADICIONAL			cm ² PROP	cm ² PROP	
No.	TIPO	Ton m	cm	cm	cm	cm		kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²		kg/cm ²	diseño	cm ² /b										
1	+	0.597	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0021	1,544	Tec 60-	1/4	@	20	Tec 60-	@	30	1,583	0.611	
	+	0.732	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0026	1,917	Tec 60-	5/16	@	25	Tec 60-	@	30	1,979	0.755	
	-	0.067	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0003	0,221	Tec 60-	6x6 4.5/4.5	@	100	Tec 60-	1/4	@	30	2,116	0.804
	-	0.594	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0020	1,537	Tec 60-	6x6 4.5/4.5	@	100	Tec 60-	1/4	@	60	1,588	0.613
2	+	0.493	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0017	1,263	Tec 60-	1/4	@	25	Tec 60-	@	30	1,267	0.494	
	+	1.186	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0043	3,237	Tec 60-	5/16	@	15	Tec 60-	@	30	3,299	1.206	
	-	0.295	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0013	0,990	Tec 60-	6x6 4.5/4.5	@	100	Tec 60-	@	30	1,060	0.315	
	-	0.607	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0021	1,572	Tec 60-	6x6 4.5/4.5	@	100	Tec 60-	1/4	@	60	1,588	0.613
3	+	0.301	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0013	1,011	Tec 60-	1/4	@	30	Tec 60-	@	30	1,056	0.314	
	+	0.914	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0032	2,431	Tec 60-	5/16	@	20	Tec 60-	@	30	2,474	0.929	
	-	0.305	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0014	1,024	Tec 60-	6x6 4.5/4.5	@	100	Tec 60-	@	30	1,060	0.315	
	-	0.610	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0021	1,580	Tec 60-	6x6 4.5/4.5	@	100	Tec 60-	1/4	@	60	1,588	0.613
4	+	0.743	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0026	1,947	Tec 60-	5/16	@	25	Tec 60-	@	30	1,979	0.755	
	+	0.596	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0021	1,541	Tec 60-	1/4	@	20	Tec 60-	@	30	1,583	0.611	
	-	0.306	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0014	1,028	Tec 60-	1/4	@	30	Tec 60-	@	30	1,056	0.314	
	-	0.298	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0013	1,000	Tec 60-	6x6 4.5/4.5	@	100	Tec 60-	@	30	1,060	0.315	
5	+	0.787	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0028	2,069	Tec 60-	1/4	@	15	Tec 60-	@	30	2,111	0.802	
	+	0.307	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0014	1,032	Tec 60-	1/4	@	30	Tec 60-	@	30	1,056	0.314	
	-	0.315	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0014	1,058	Tec 60-	6x6 4.5/4.5	@	100	Tec 60-	@	30	1,060	0.315	
	-	0.309	100	10	2.5	7.50	0.90	200	160	136	0.85	6,000	0.0014	1,040	Tec 60-	6x6 4.5/4.5	@	100	Tec 60-	@	30	1,060	0.315	

Tabla No. 15 – Análisis y diseño de tableros en losa de cimentación

UBICACIÓN	ELEM	Vu	signo	Mu	b	h	r	d	Fr	f _c	f' _c	f' _c	Fy	As _{NEC}	ARMADO			As	BASTONES											
		Ton		Ton.m											cm	cm	cm		cm	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	cm ²	PRINCIPAL			ADIC		
																									CANT	TIPO	CAL		CANT	TIPO
Ciment	CT-1	2.97	-	1.080	15	30	2.5	27.5	0.9	200	160	136	6,000	0.758	2	tec-60	5/16	0.99		tec-60	1/4									
		2.74	+	1.360	15	30	2.5	27.5	0.9	200	160	136	6,000	0.966	3	tec-60	5/16	1.48		tec-60	1/4									
Ciment	CT-2	3.03	-	1.970	15	30	2.5	27.5	0.9	200	160	136	6,000	1.437	3	tec-60	5/16	1.48		tec-60	1/4									
		3.03	+	1.530	15	30	2.5	27.5	0.9	200	160	136	6,000	1.094	2	tec-60	5/16	0.99	1	tec-60	1/4									
Ciment	CT-3	2.59	-	1.440	15	30	2.5	27.5	0.9	200	160	136	6,000	1.026	2	tec-60	5/16	0.99	1	tec-60	1/4									
		2.52	+	1.480	15	30	2.5	27.5	0.9	200	160	136	6,000	1.056	2	tec-60	5/16	0.99	1	tec-60	1/4									
Ciment	CT-4	0.07	-	0.030	10	30	2.5	27.5	0.9	200	160	136	6,000	0.027	2	tec-60	1/4	0.63		tec-60	1/4									
		0.24	+	0.090	10	30	2.5	27.5	0.9	200	160	136	6,000	0.081	2	tec-60	1/4	0.63		tec-60	1/4									

Tabla No. 16 – Envoltente de cortantes en contratraves.

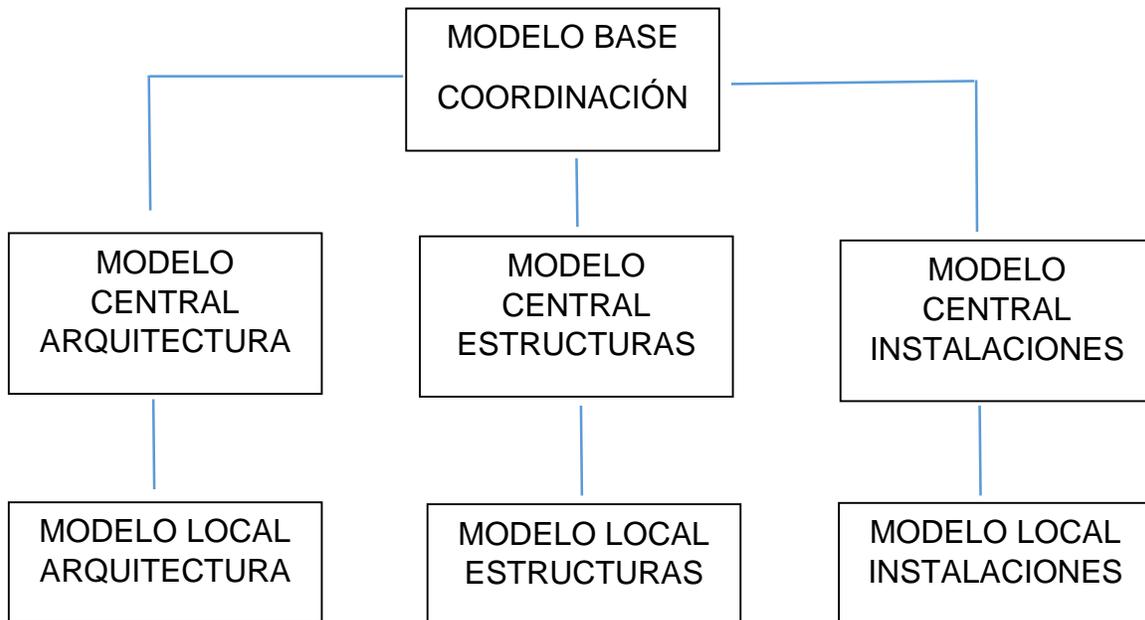
UBICACIÓN	ELEM	Fy ₂	As	q _{dis}	M _R	V _{CR}	V _U	ESTRIBOS CAL	fy	DISEÑO DE ESTRIBOS		
		kg/cm ²	Total								Sep	estribos
Ciment	CT-1	6,000	0.99	0.1058	1.392	1,035	2,970	14	6,000	e.# 5/32 @13 en 1 serie		
		6,000	1.48	0.1588	2.029	1,135	2,740	16	6,000	e.# 5/32 @13 en 1 serie		
Ciment	CT-2	6,000	1.48	0.1588	2.029	1,135	3,030	17	6,000	e.# 5/32 @13 en 1 serie		
		6,000	1.31	0.1397	1.804	1,099	3,030	16	6,000	e.# 5/32 @13 en 1 serie		
Ciment	CT-3	6,000	1.31	0.1397	1.804	1,099	2,590	21	6,000	e.# 5/32 @13 en 1 serie		
		6,000	1.31	0.1397	1.804	1,099	2,520	22	6,000	e.# 5/32 @13 en 1 serie		
Ciment	CT-4	6,000	0.63	0.1016	0.893	685	70	326,588	6,000	e.# 5/32 @13 en 1 serie		
		6,000	0.63	0.1016	0.893	685	240	326,588	6,000	e.# 5/32 @13 en 1 serie		

Tabla No. 17 – Envoltente de cortantes en contratraves.

III. MODELADO BIM Y RESULTADOS

3.1- Preliminares para el modelado en Revit

Antes de comenzar a modelado del prototipo Ciprés Dx en Revit, se creó primeramente el modelo base y modelo local del proyecto correspondiente a cada una de las áreas participantes, siendo estas: Arquitectura, Estructuras e Instalaciones, tal y como se muestra en el siguiente esquema:



Yo trabajé sobre los archivos de la columna central, que son los correspondientes al área de estructuras, el modelo local es un archivo en el cual se trabaja todo el tiempo mientras se realiza el proyecto, este modelo local tiene como función realizar cambios sin reflejar modificaciones en el proyecto original, es decir, si yo modifico un modelo local, mi avance dentro de este archivo no será observado por el coordinador del modelo base.

El modelo central está ligado al modelo base, así como el modelo local está ligado al modelo central, cabe mencionar que este conjunto de archivos está ligado por medio de un servidor interno dentro de la empresa denominado "ARATEC", el modelo central tiene como función reflejar todos los cambios y acciones sincronizados dentro del modelo local hacia el modelo base, con la intención de cruzar el proyecto de las diferentes ingenierías para poder identificar anomalías constructivas.

3.2- Modelado en Revit Structure

Después de haber creado el modelo central y el modelo local, se comenzó con el levantamiento de elementos estructurales en el programa Revit, siendo estos las contratrabes, muros de concreto, castillos, dalas, losas maciza y losas de vigueta.

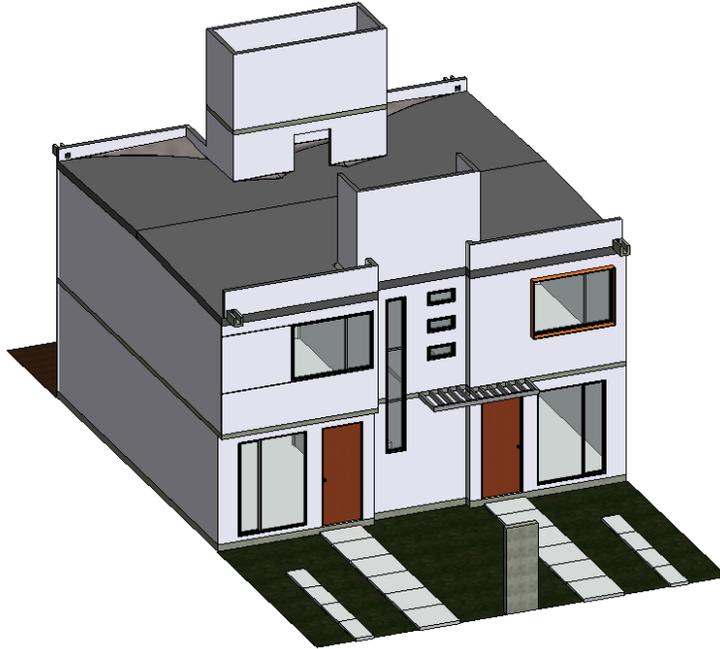


Figura No. 28 – Modelo arquitectónico en revit.

En las siguientes imágenes se observara el proceso de levantamiento del prototipo Ciprés Dx,

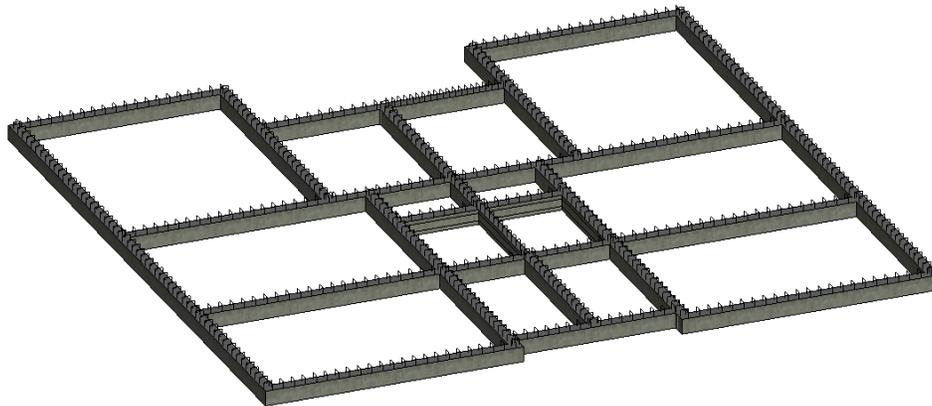


Figura No. 29 – Modelado de Contratrabes en prototipo Ciprés DX.

Primeramente se modelo el sistema de contratrabes que conformara parte de la losa de cimentación, dichos elementos pasan por debajo del desplante de los muros de concreto.

Posterior a la cimentación se procedió al modelado de castillos y muros de concreto de la planta baja, respetando siempre la arquitectura empalmada con nuestro modelo estructural local.

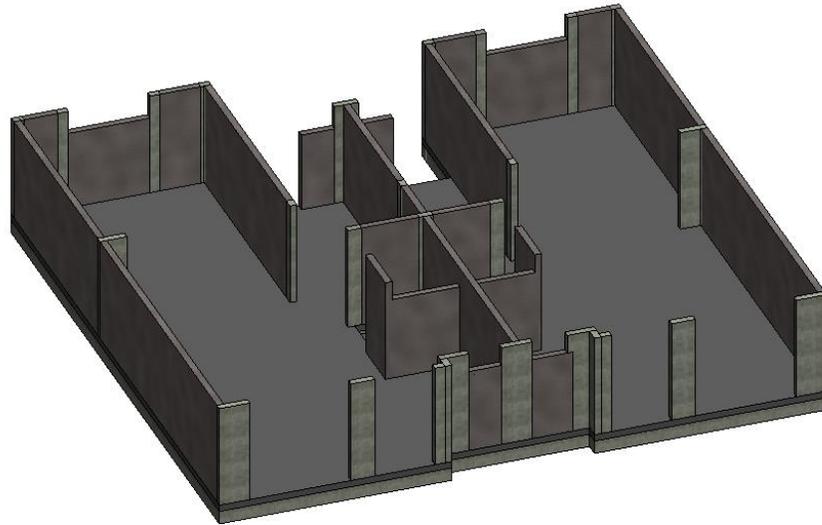


Figura No. 30 – Modelado de muros y castillos en prototipo Ciprés DX.

Teniendo los castillos y muros de planta baja es posible trazar las dalas que ejercerán como cerramientos para la cancelería y las traveses que soportaran el sistema de losa de entepiso, así como la losa maciza de concreto de 10cm de espesor, dejando un hueco para el paso de las escaleras que conectan ambas plantas.

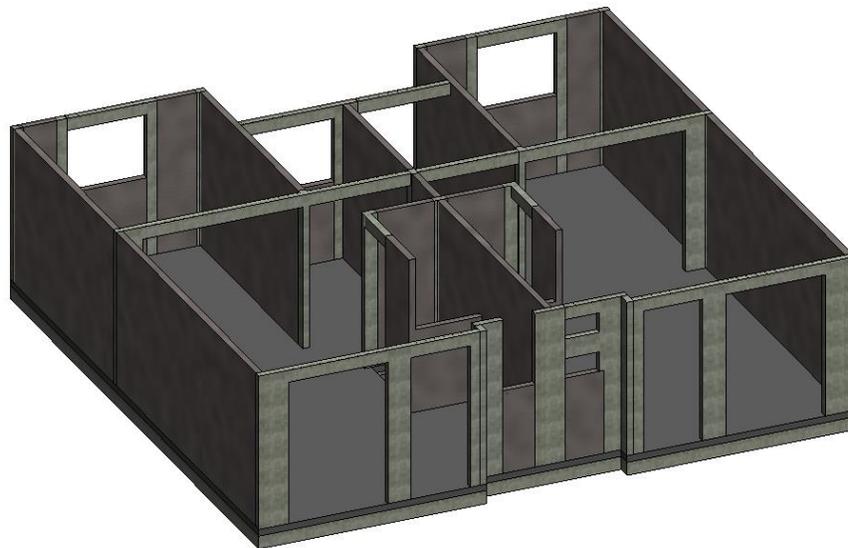


Figura No. 31 – Modelado de dalas y traveses en prototipo Ciprés DX.

De igual forma se colocaron muros de concreto con sus respectivos castillos para la planta de entepiso, así como las dalas de cerramientos de canceleria de las habitaciones de la planta superior, en esta parte de colocaron unos sardineles en la zona de regaderas de los baños.

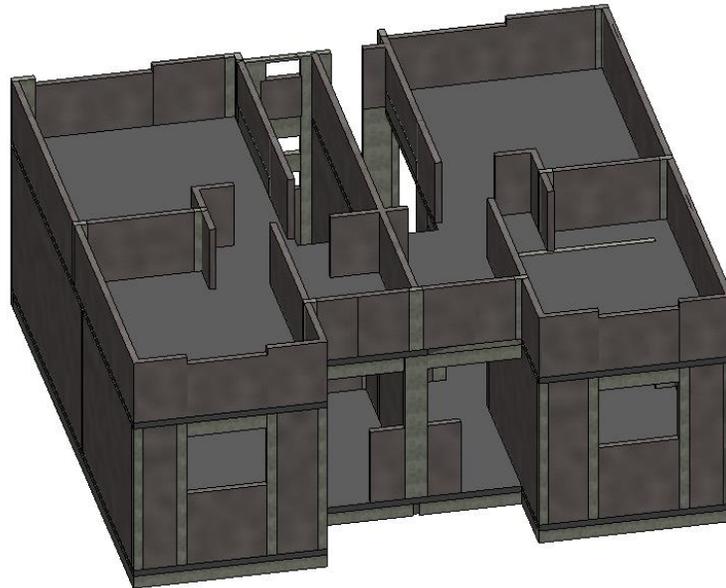


Figura No. 32 – Modelado muros del segundo nivel en prototipo Ciprés DX.

Como penultimo paso se modelo el sistema de vigueta y bovedilla en la planta de la azotea respetando la penediente a dos aguas, el torreon y los pretiles.

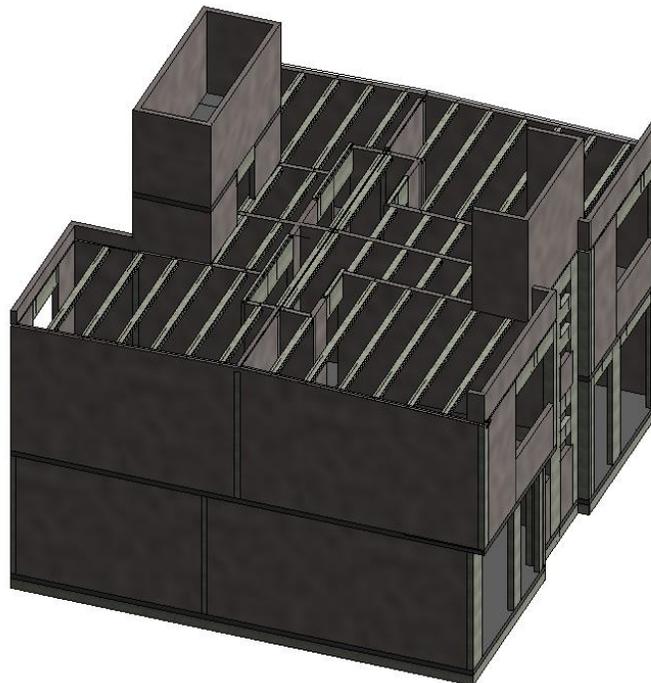


Figura No. 33 – Modelado de vigueta y bovedilla en prototipo Ciprés DX.

Finalmente se modelaron las escaleras en cada una de las viviendas.

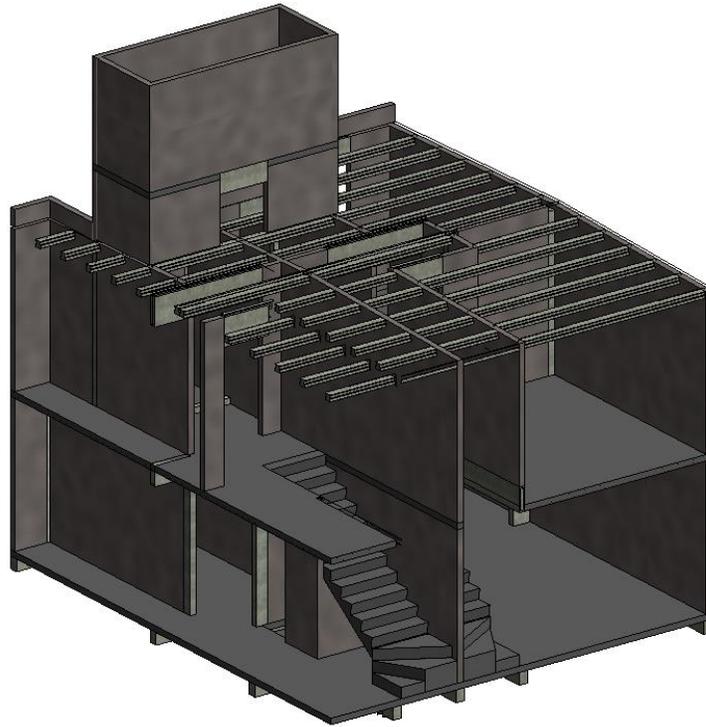


Figura No. 34 – Modelado de escaleras en prototipo Ciprés DX.

Teniendo todos los elementos estructurales modelados se procedió a ingresar el armado en cada elemento, castillos, contratrabes, losas, muros, trabes y dalas. Tal y como se muestra en la siguiente imagen.

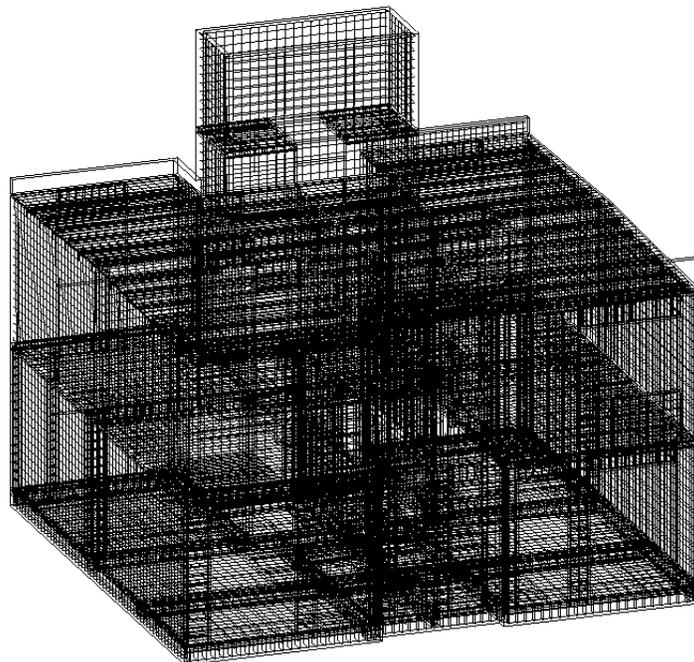


Figura No. 35 – Acero de refuerzo estructural en prototipo Ciprés DX.

Después de que termine el modelo completo del prototipo proseguí a la documentación de archivo, cabe mencionar que durante todo este proceso me mantuve en comunicación con los arquitectos encargados de las instalaciones para conciliar el trazo de las redes eléctricas, hidráulicas, gas y sanitarias. Por el cual no se tuvo ningún problema o cambio respectivo hasta esta etapa del proyecto.

3.3- Cruce de ingenierías, modificaciones y cambios

Finalizada la etapa de modelado individual por cada una de las áreas ingenieriles que intervinieron, se procede a sincronizar todos los modelos en un modelo central en el cual de BIM manager a través de un programa llamado Naviswoks puede detectar errores en cuestión de traslapes de elementos estructurales con elementos de instalaciones y de arquitectura, para así poder corregir lo antes posible los modelos locales y empezar a documentar la información, los problemas más usuales son:

- Intersecciones entre tuberías sanitarias y elementos como trabes y dalas.
- El descuadre y desfase entre marcos de ventanas y puertas entre el área estructuras y arquitectura.
- Traslape de redes eléctricas con redes hidráulicas.
- Desfase entre esquinas de muros arquitectónicos con muros estructurales.

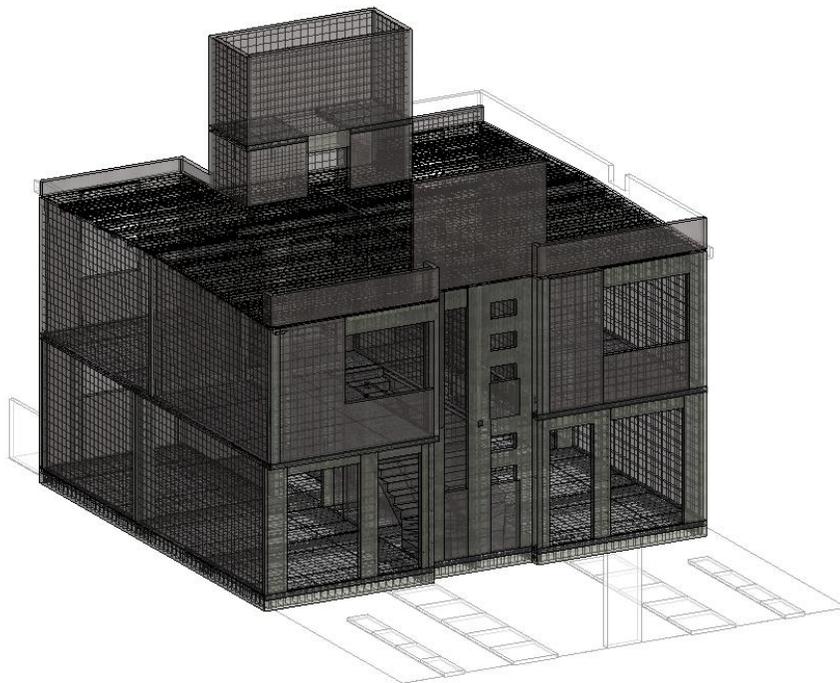


Figura No. 36 – Traslape de modelos arquitectónico y estructural.

Al ser un proyecto pequeño el prototipo Ciprés Dx, no se tuvieron inconsistencias en los modelos, por el cual cada área procedió a la documentación de cada área, en mi caso el área de estructuras.

3.4- Documentación del modelo y planos finales.

Después de haber conciliado con todos los departamentos de ingeniería que intervinieron en el proyecto, procedí a la documentación del modelo. El proceso de documentación en revit consiste en plasmar toda la información del modelo en planos estructurales, en este proceso se pueden generar planos de detalle, con el objetivo de facilitar la construcción del proyecto en obra.

Dicho lo anterior primeramente comencé por documentar las plantas de cimentación donde se pueden visualizar los ejes, las distancias entre contratrabes y los correspondientes armados de las losas de cimentación así como el bastoneo de la misma, tal y como se muestra en la siguientes imágenes.

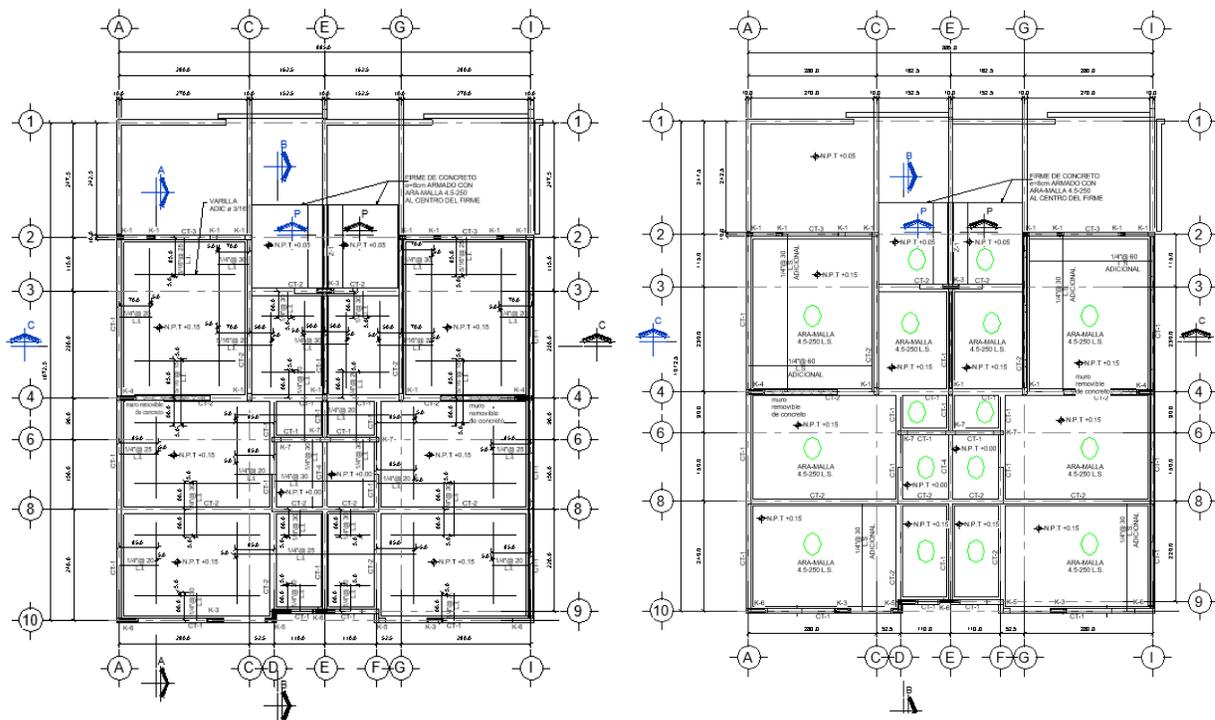


Figura No. 37 – Documentación de planta de cimentación.

Después de a ver documentado todas las plantas, como lo son la de cimentación, entrepiso y azotea, proseguí a la obtención de cortes transversales en distintas zonas de modelo, con el fin de clarificar los detalles constructivos, cabe mencionar que en esta parte también obtuve los armados correspondientes a las secciones como lo son: las contratrabes, los castillos, dalas y trabes.

Es importante señalar que los cortes transversales tienen que pasar por todos los niveles y en partes en donde es difícil entender cómo se va a construir, un ejemplo

representativo de ello son la escaleras del prototipo, ya que este tipo de elementos estructurales al ser de geometrías muy irregulares, es importante realizar los detalles correspondientes a sus anclajes, alturas y medidas en diferentes planos de corte.

En las siguientes imágenes se puede apreciar la gran cantidad de información que abarcan los cortes dentro de un modelo de revit.

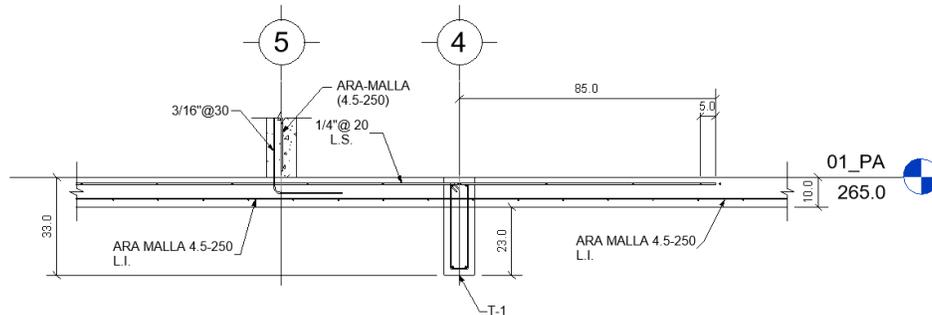


Figura No. 38 – Corte transversal sobre losa de entripiso.

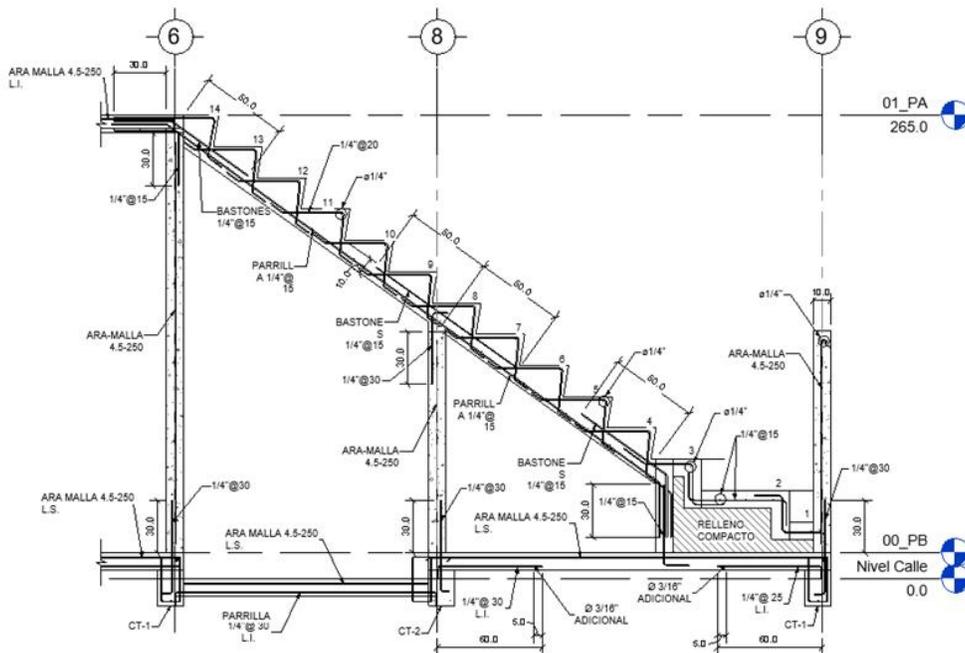


Figura No. 39 – Traslape de modelos arquitectónico y estructural.

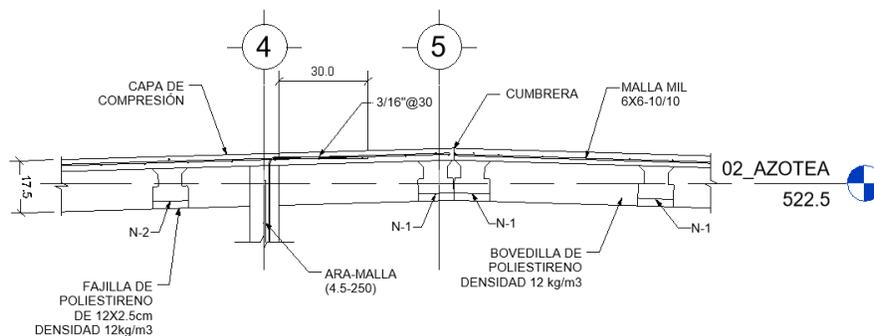


Figura No. 40 – Traslape de modelos arquitectónico y estructural.

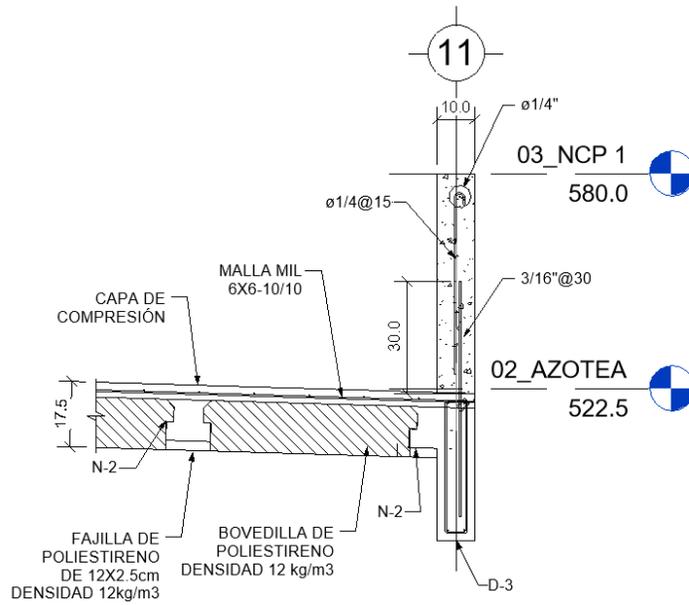


Figura No. 41 – Traslape de modelos arquitectónico y estructural.

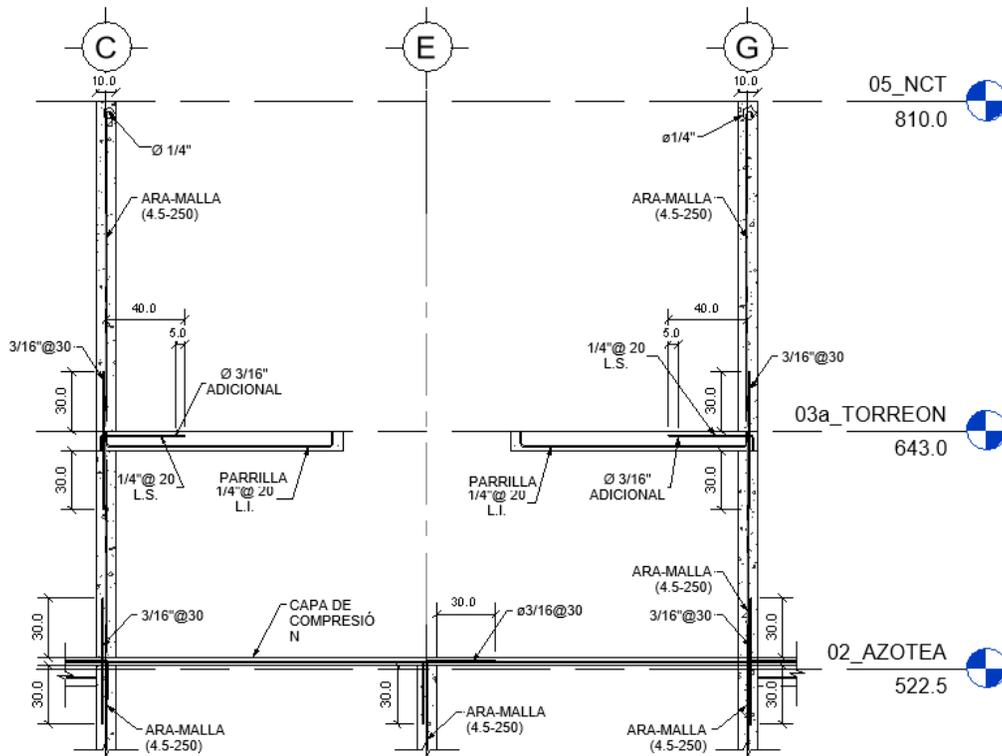


Figura No. 42 – Traslape de modelos arquitectónico y estructural.

3.5- Ventajas y Desventajas de modelado en Revit.

El modelado en revit ha obtenido a lo largo de los últimos años, una reputación de ser mucho más eficiente que el formato CAD, sin embargo enlistare en base a mi experiencia que he tenido utilizando ambos software, cuales son los beneficios y contras que tiene cada uno de los programas de formato BIM.

Ventajas:

- El modelado en revit tiene como principal arma la minimización de tiempos a futuras modificaciones en el proyecto, esto se debe en gran parte, a que dentro del modelo todo esta relacionado y enlazado, entonces al realizar una modificación de algún elemento dentro del modelo, todas las vistas relacionadas a ese cambio serán modificadas al mismo tiempo, sin tener que hacerlo de forma individual.
- Una gran herramienta de modelos en revit en contra del formato CAD, es la facilidad de obtener detalles isométricos en cualquier parte del proyecto, clarificando dentro de los planos una forma más sencilla de representar detalles constructivos.
- El gran aporte de revit, es el poder trabajar conjuntamente con otras disciplinas que intervienen en el proyecto en tiempo real, pudiendo detectar posibles errores al momento de traslapar distintas ingenierías y así, poder realizar los correspondientes cambios con el fin de evitar percances futuros.
- Otra ventaja de revit, es el poder visualizar todo el contenido de las diferentes áreas en 3D dándole un mayor entendimiento al proyecto en las distintas ingenierías participantes, y sobre todo en el área de estructuras donde pude identificar los posibles problemas que tendría la proyección de arquitectura, hablando propiamente de los elementos estructurales que soportaran las cargas a las cuales estará sometido el proyecto.
- Tiene una alta compatibilidad con otros software de modelado BIM como el ArchiCAD, Tekla, Allplan entre otros.

Desventajas:

- El modelado en revit conlleva dos fases para entregar un producto final que son los planos, una es el modelado y la otra es la documentación, lo cual incrementa el tiempo para la realización de cualquier proyecto.
- En algunas ocasiones, realizar ciertos aspectos de dibujo en revit resultan más laboriosos que realizarlos en CAD.
- Si el modelado BIM no se lleva en todas las ingenierías y en comunicación con obra, resulta totalmente obsoleto e ineficiente trabajar con sistemas BIM.

3.6- Formato CAD-BIM

En mi estancia trabajando en Consorcio ARA- tuve la idea de una modalidad de trabajo llamada CAD-BIM, esta idea me surgió del hecho de trabajar con algunos proyectos los cuales no fueron llevados completamente a una plataforma completa de trabajo BIM, lo cual solamente generaba retrasos en este tipo de proyectos, teniendo el mismo resultado que un proyecto 100% realizado en CAD y el cual se completaba en la mitad del tiempo.

CAD-BIM consiste en combinar ambos software (AutoCAD y REVIT) para terminar un proyecto de una manera más rápida, primeramente transformaba la arquitectura en Revit a un modelo de elementos estructurales en el mismo programa, después, le daba cierta calidad de formato para poder obtener, contornos de plantas y todos los cortes necesarios que se iban a plasmar en los planos, esta información la exportaba del Revit al AutoCAD pero como una referencia externa que dependía del archivo en Revit, teniendo esta información ingresada dentro del programa AutoCAD se podía manipular libremente dentro del model, en donde me era posible ingresar la información restante a esos detalles y plantas, como armados, cotas, textos, títulos, flechas de indicación, y todos los requerimientos para realizar un completo plano estructural. Esta modalidad de trabajo ahorra tiempo y se obtenían muy buenos resultados. La única desventaja era que al cambiar el modelo de revit para hacer algún ajuste de cualquier disciplina se tenía que modificar de manera manual todo lo dibujado en AutoCAD.

A pesar de este percance, actualmente se sigue utilizando esta modalidad de trabajo dentro del departamento de estructuras para este tipo de proyectos el cual ha sido mi aportación dentro de la empresa.

IV. CONCLUSIONES

Teniendo como ejemplo el proyecto Ciprés Dx descrito en este informe, podemos destacar que efectivamente la eficiencia para trabajar un proyecto con estas técnicas es considerablemente notable a comparación de un proyecto realizado en CAD, dado que existe un ahorro de tiempo, de recursos humanos, recursos materiales y sobre todo en gastos de obra.

Sin embargo cabe señalar que para obtener buenos y completos resultados implementando técnicas de modelado BIM, es importante trabajar de manera conjunta entre el área de proyectos en corporativo y en construcción en obra, ya que de lo contrario, implementar una modalidad BIM a medias, solo conllevará tiempo desperdiciado en un modelo tridimensional que no significará nada para el desarrollo del proyecto, desperdiciando tiempo útil en recursos humanos, y sobre todo, aumentar la probabilidad de incurrir en errores de detalle de las diferentes disciplinas involucradas en el desarrollo del proyecto, teniendo un impacto económico negativo para el presupuesto del proyecto.

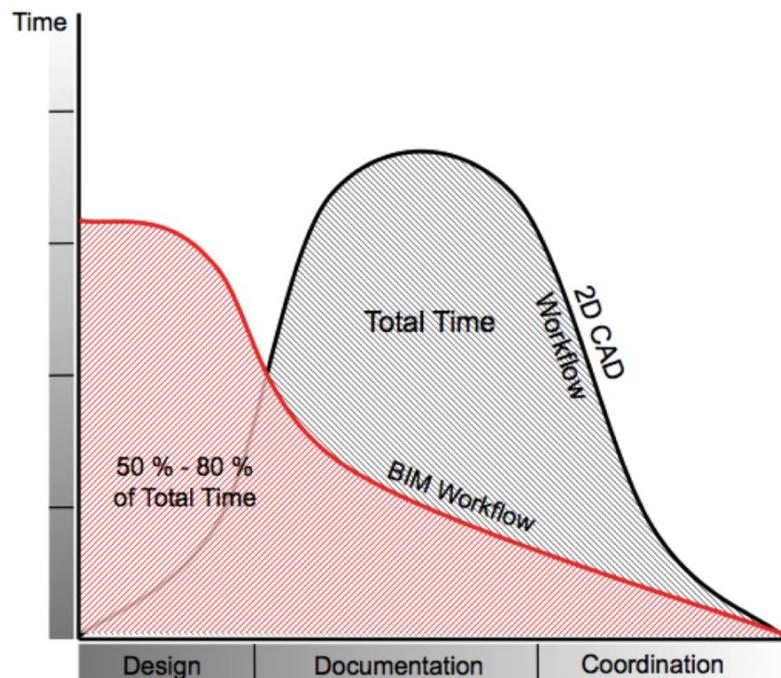


Figura No. 43 – Comparación BIM-CAD.
Fuente: <https://bimchannel.net/es/>

ANEXOS

Reporte Fotográfico



Figura No. 44 – Colado de losa de cimentación.



Figura No. 45 – Muros de primer nivel y continuación del armado para muros de segundo nivel.



Figura No. 46 – Cimbra montada sobre segundo nivel.



Figura No. 47 – Instalaciones sanitarias debajo de baños.



Figura No. 48 – Prototipo Ciprés Dx construcción de obra negra finalizada.



Figura No. 49 – Prototipo Ciprés Dx terminado.