

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Diseño Estructural de un condominio residencial utilizando la metodología BIM en la ciudad de Guayaquil.

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Civil**

Presentado por:

Cindy Navia Mendoza

Yordy Vejo Caicedo

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**Año: 2022**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto se lo dedico a mi familia y amigos, en especial a mis padres Richard Navia y Maribel Mendoza y mis hermanos Ricardo y Paul Navia por el apoyo que me brindaron durante todo este proceso y por motivarme cada día a ser mejor profesionalmente.

### **Cindy Navia Mendoza**

El presente proyecto lo dedico en primer lugar a mi Dios por que sin el nada de esto sería posible, a mis padres y a mi amada esposa por apoyarme en todo momento sin importar las circunstancias y a mi hijo Jakem que me motiva a seguir cada día.

### **Yordy Vejó Caicedo**

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero agradecimiento primero a Dios por bendecirme con sabiduría, salud, fortaleza y mucho amor a mi alrededor que permitió desarrollarme profesionalmente.

A toda mi familia y amigos por brindarme su apoyo incondicionalmente a pesar de lo duros momentos, estuvieron junto a mi proceso motivándome a luchar por mis sueños y lo grande que seré.

Gracias a mis docentes por la dedicación que dan al brindar valiosos conocimientos mediante su experiencia y estudios realizados, siendo un ejemplo para nosotros.

**Cindy Navia Mendoza**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a Dios por ayudarme a culminar satisfactoriamente esta etapa de mi vida y bendecirme con la fuerza y la sabiduría necesaria para lograrlo.

A mis padres, familia y amigos que me brindaron su apoyo incondicional en todo momento y me alentaron a seguir adelante.

A mi esposa que estuvo a mi lado en cada amanecida y me motivo a seguir en los días más difíciles.

A todos mis profesores que participaron de mi formación y me dieron lo mejor de ellos para poder formarme.

A la Espol y a los tutores que contribuyeron en la elaboración de este proyecto, que a pesar de la hora estuvieron para guiarnos y retroalimentarnos.

**Yordy Vejó Caicedo**

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Cindy Navia Mendoza y Yordy Vejo Caicedo y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Cindy Navia Mendoza



Yordy Vejo Caicedo

## **EVALUADORES**

---

**Ing. Jose Reyes serrano**

PROFESOR DE LA MATERIA

---

**Ing. Guillermo Muñoz Villa**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

En la actualidad los métodos para optimizar procesos son cada vez más solicitados en el área de la construcción. En Ecuador existen varias empresas que han decidido implementar metodologías para la gestión integral de la información de activos construidos a lo largo del ciclo de vida. La metodología BIM (Building Information Modeling) garantiza que los equipos tengan las herramientas suficientes para lograr las mejores prácticas optimizando así tiempo y recursos, de tal forma que ha generado una revolución en las etapas de diseño, planificación, ejecución y análisis. Para el presente proyecto se realizará la incorporación de la metodología BIM en el diseño estructural de una edificación ubicada en el norte de la ciudad de Guayaquil, en la ciudadela el Condor. Dado que el cliente debido a su presupuesto requiere una representación de su inversión dividida en etapas se optó por usar Revit como herramienta. Lo que permitió representar tridimensionalmente el proyecto, desde un modelo estructural cuya parte analítica fue exportada a ETABS donde se realizaron las respectivas comprobaciones de diseño, probando así la interoperabilidad existente entre los mismos. Para el detallamiento se usaron algunas extensiones como Naviet-x para el armado de las columnas, vigas, losas y Qex para obtener un cómputo del modelo de forma automática. Una vez se logró la interpretación de toda la información que nos brinda esta metodología se pudo realizar una proyección de su costo y fases en la que se desarrollara el proyecto probando así la eficiencia de un proceso BIM.

**Palabras Clave:** metodología BIM, optimización, estructura, proceso, diseño.

## **ABSTRACT**

At present, the methods to optimize processes are increasingly requested in the construction area. In Ecuador, there are several companies that have decided to implement methodologies for the comprehensive management of information on assets built throughout the life cycle. The BIM (Building Information Modeling) methodology guarantees that teams have sufficient tools to achieve best practices, thus optimizing time and resources in such a way that generates a revolution in stages of designing, planning, execution and analysis. For the present project, the incorporation of the BIM methodology will be carried out in the structural design of a building located in the north of the city of Guayaquil, in El Condor citadel. Due to his budget and that the client requires a representation of his investment divided into stages, Revit was chosen as a tool This allowed three-dimensional representation of the project, from a structural model, whose analytical part was exported to ETABS where the respective design checks were carried out, thus testing the existing interoperability between them. For the detailing, some extensions were used, such as Naviate-x for the reinforcement of the columns, beams, slabs; also, Qex was used to obtain an automatically computed model. Once the interpretation of all the information provided by this methodology was achieved, it was possible to make a projection of its cost and phases in which the project was developed, thus testing the efficiency of a BIM process.

**Keywords:** *BIM methodology, optimization, structure, process, design.*

# ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES .....	6
RESUMEN .....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS .....	VII
SIMBOLOGÍA .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
CAPÍTULO 1 .....	1
1. Introducción .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Localización .....	2
1.3 Información básica.....	2
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo General .....	4
1.4.2 Objetivos Específicos .....	4
1.5 Justificación .....	4
CAPÍTULO 2 .....	5
2. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	5
2.1 Metodología .....	5
2.1.1 BIM.....	5
2.1.2 Interoperabilidad BIM .....	7

2.1.4	Revit MEP .....	9
2.1.5	Estimación de presupuesto .....	10
2.2	Trabajo de campo, laboratorio y gabinete.....	10
2.2.1	Peligro sísmico.....	10
2.2.2	Diseño sismorresistente .....	10
2.2.3	Factores que influye .....	11
2.2.4	Determinación de corte basal.....	16
2.3	Análisis de alternativas .....	17
2.3.1	Parámetros de comparación .....	17
CAPÍTULO 3.....		22
3.	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES.....	22
3.1	Diseños.....	22
3.1.1	Predimensionamiento.....	22
3.1.2	Modelamiento estructural .....	25
3.1.3	Diseño de elementos estructurales (Losa Aligerada, Vigas y Columnas). 34	
3.2	Especificaciones técnicas .....	49
3.2.1	Hormigón $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ .....	49
3.2.2	Acero de refuerzo en varillas corrugadas $F_y=4200\text{Kg/cm}^2$ .....	50
CAPÍTULO 4.....		52
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	52
4.1	Objetivos.....	52
4.1.1	Objetivo General .....	52
4.1.2	Objetivos Específicos .....	52
4.2	Descripción del proyecto.....	52
4.3	Metodología .....	53

4.4	Actividades del proyecto .....	53
4.4.1	Preparación del sitio.....	53
4.5	Identificación de impactos ambientales .....	54
4.5.1	Impacto en recursos naturales por la producción de Hormigón .....	54
4.5.2	Impacto generado por la producción de acero en taller .....	56
4.6	Identificación y evaluación de impacto ambiental .....	58
4.6.1	Hormigón.....	58
4.6.2	Acero.....	60
4.7	Medidas de prevención/mitigación.....	64
4.7.1	Hormigón.....	64
4.7.2	Acero.....	65
4.8	Conclusiones .....	65
4.9	Recomendaciones .....	66
CAPÍTULO 5.....		67
5.	PRESUPUESTO .....	67
5.1	EDT.....	67
5.2	Descripción de rubros .....	68
5.2.1	Rubros.....	68
5.3	Análisis de costos unitarios.....	69
5.4	Descripción de cantidades de obra.....	71
5.5	Cronograma de obra.....	72
CAPÍTULO 6.....		73
6.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	73
	Conclusiones .....	73
	Recomendaciones .....	74
BIBLIOGRAFÍA.....		75

7. Bibliografía .....	75
PLANOS Y ANEXO .....	76

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
BIM	Building Information Modeling
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
ACI	American Concrete Institute
APUS	Análisis de precio unitarios

## SIMBOLOGÍA

m	Metro
cm	centímetro
kN	Kilo Newton
kgf	Kilogramo fuerza
cm <sup>2</sup>	Centímetro cuadrados
Ton m	Toneladas por metro
F <sub>y</sub>	Resistencia especifica a la fluencia del acero
F <sub>c</sub>	Resistencia a la compresión del concreto
I	Coeficiente de importância
R	Coeficiente de reducción sísmico
W	Peso sísmico
C <sub>t</sub>	Coeficiente según el edificio
H <sub>n</sub>	Altura de la edificación máxima
T <sub>a</sub>	Periodo fundamental
V <sub>a</sub>	Cortante basal
P <sub>i</sub>	Fuerza axial
M <sub>n</sub>	Momento Nominal a flexión
M <sub>u</sub>	Momento último
F <sub>a</sub>	Coeficiente de amplificación de suelo
F <sub>d</sub>	Coeficiente de amplificación de las ordenadas del espectro
F <sub>s</sub>	Coeficiente de amplificación del comportamiento no linela del suelo
Z	Factor de Zona

$A_{s \text{ min}}$	Area de acero mínimo de refuerzo a flexión
$A_g$	Area de la sección transversal
$b_w$	Ancho de la sección transversal del alma de la viga
$d$	Peralte efectivo

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Ubicación del terreno donde se realizará el proyecto. ....	2
Figura 1-2 Planos Arquitectonicos. ....	3
Figura 2-1 Las dimensiones de la metodología BIM. ....	7
Figura 2-2 Interoperabilidad que existe con diferentes softwares. ....	8
Figura 2-3 Metodología que se realiza para el intercambio de información. ....	9
Figura 2-4 Niveles de amenaza sísmica ....	11
Figura 2-5 Mapa para diseño sísmico. ....	12
Figura 2-6 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada. ....	12
Figura 2-7 Tipo de uso, destino e importancia de la estructura. ....	13
Figura 2-8 Tipo de suelo y factores de sitio Fa. ....	14
Figura 2-9 Tipo de suelo y factores de sitio Fd. ....	14
Figura 2-10 Tipo de suelo y factores del comportamiento inelástico del subsuelo Fs. .....	14
Figura 2-11 Valores de amplificación espectral. ....	15
Figura 2-12 Factores para el cálculo del periodo fundamental. ....	16
Figura 2-13 Ecuación obtenida de la NEC (2015) para cortante basal. ....	16
Figura 2-14 Recorrido para el traslado del material. ....	19
Figura 3-1 Altura mínima d vigas no preesforzada según el ACI-318. ....	23
Figura 3-2 Dimensiones para la Losa Aligerada. ....	24
Figura 3-3 Seccion transversal para columnas y valor de agrietamiento. ....	26
Figura 3-4 Sección transversal para vigas y valor de agrietamiento. ....	26
Figura 3-5 Definición de los diafragmas para cada piso. ....	27
Figura 3-6 Asignación de nudos rígidos entre las columnas y vigas. ....	28
Figura 3-7 Diagrama del espectro de aceleraciones. ....	30
Figura 3-8 Cortante Basal para dirección en Y. ....	31
Figura 3-9 Cortante Basal para direccion en X. ....	31
Figura 3-10 Participación de masa modal. ....	32
Figura 3-11 Espectro de respuesta inelástico del Etabs. ....	32
Figura 3-12 Asignacion en Load Cases el espectro de respuesta. ....	33

Figura 3-13 Verificación de derivas en la dirección X. ....	34
Figura 3-14 Verificación de derivas en la dirección Y. ....	34
Figura 3-15 Diagramas de momentos de cada elemento estructural.....	35
Figura 3-16 Código ACI-318 Momentos aproximados para vigas. ....	36
Figura 3-17 Código para establecer área y separación de estribos.....	38
Figura 3-18 Vigas seleccionada para realizar los cálculos para el diseño. ....	39
Figura 3-19 Requerimientos para el diseño de vigas segun la NEC-2015.....	40
Figura 3-20 Combinación de cargas realizadas en el ETABS. ....	41
Figura 3-21 Valores de los momentos de la viga del eje C.....	41
Figura 3-22 Acero longitudinal calculado para la viga.....	42
Figura 3-23 Detalle estructural para vigas .....	43
Figura 3-24 Columna seleccionada para el diseño.....	43
Figura 3-25 Valores de cargas axiales, cortantes, momentos y torsión para la columna. .....	44
Figura 3-26 Detalles de la columna obtenido del ETABS. ....	45
Figura 3-27 Diagrama de interacción para columnas de 30X40cm. ....	46
Figura 3-28 Diagrama de interacción para columnas de 30X35 cm (16 mm). ....	46
Figura 3-29 Diagrama de interacción para columnas de 30X35 cm (14mm). ....	47
Figura 3-30 Separaciones establecidas para los estribos.....	48
Figura 4-1 .....	54
Figura 4-2 .....	55
Figura 4-3 .....	56
Figura 4-4 .....	57
Figura 4-5 .....	57
Figura 4-6 .....	60
Figura 5-1 Cronograma de actividades en Project.....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Cargas vivas segun la NEC-2015.....	22
Tabla 3-2 Carga Muerta segun la NEC-2015.....	23
Tabla 3-3 Coeficiente del suelo tipo D .....	29
Tabla 3-4 Momentos obtenido mediante calculos y ETABS. ....	37
Tabla 3-5 Cantidad de varillas longitudinales para losa.....	37

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

El desarrollo de la tecnología permitió cambios evidentes en la ejecución de proyectos sobre la construcción. Las herramientas CAD ha permitido progresar en los dibujos y diseños, pero lamentablemente el uso de estas herramientas y software 2D deja en evidencia la individualidad que se lleva en los proyectos, provocando escasa coordinación y comunicación entre los profesionales involucrados. Por lo tanto, se ha implementado alternativas para el desarrollo de los proyectos 3D en las últimas décadas para la resolución de problemas mediante el uso de la metodología BIM. (Arayas, 2019)

Building information modeling (BIM) actualmente es una de las promesas de cambio más importante y prometedor en la industria de la construcción ingenieril y de arquitectura. Representa un cambio en la gestión de los proyectos, pues mediante el desarrollo de un modelo virtual permite el análisis detallado sobre el ciclo de vida y sus fases, incrementando así la eficiencia en los trabajos colaborativos en el proyecto. (Muñoz-La Rivera, Vielma, Herrera, & Carvallo, 2019)

Actualmente en Ecuador existe pocos profesionales que empleen la modalidad BIM. Toda información de una obra ingenieril se brindaba en dos dimensiones, por lo que limita el análisis sobre el comportamiento de la estructura ante las cargas y la visualización entera del proyecto. Sin embargo, esta modalidad se va implementando cada vez más debido a los buenos resultados en la eficiencia para perfeccionar los proyectos.

Se implementará la metodología BIM en un diseño estructural para un condominio de cuatro plantas ubicado en la ciudad de Guayaquil. La primera planta será para uso de bodega y las demás plantas se habilitará suits en alquiler Se pretende que los departamentos en cada planta brinden la comodidad adecuada para cada

usuario. Además, el cliente ha solicitado cantidad de materiales, costos y planos necesarios para la ejecución del proyecto.

## 1.2 Localización

El condominio que se diseñara se encuentra ubicado en el norte de la ciudad de Guayaquil en la ciudadela “El Condor” zona residencial estratégicamente ubicada detrás del Rio centro Norte y el Mall de rio, cuyas coordenadas son las siguientes:

Coordenadas UTM

Latitud:

Longitud:

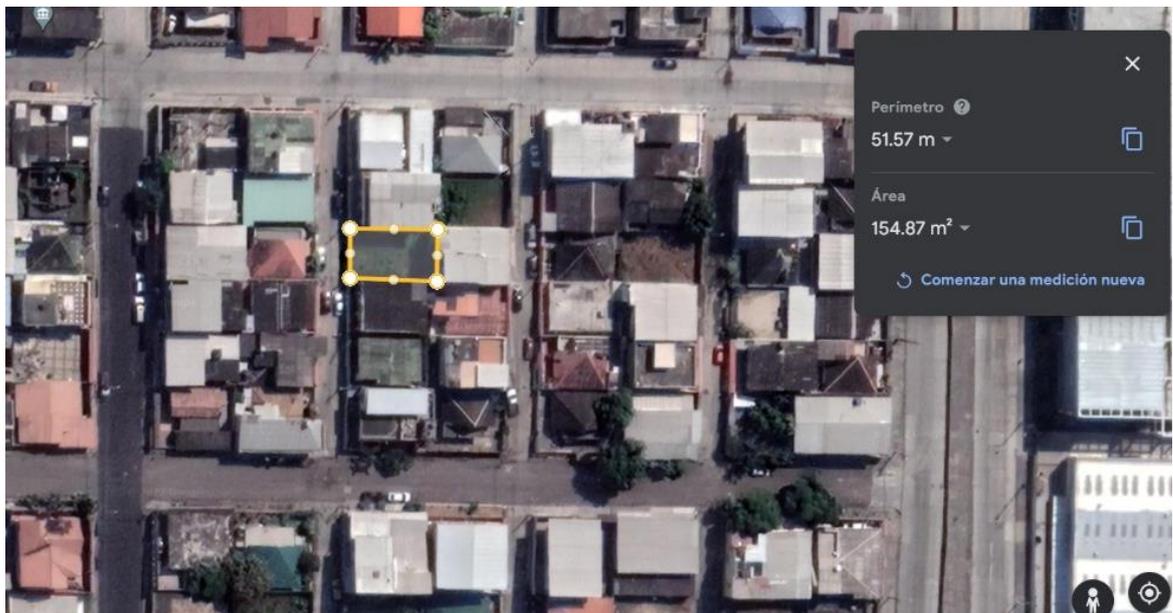
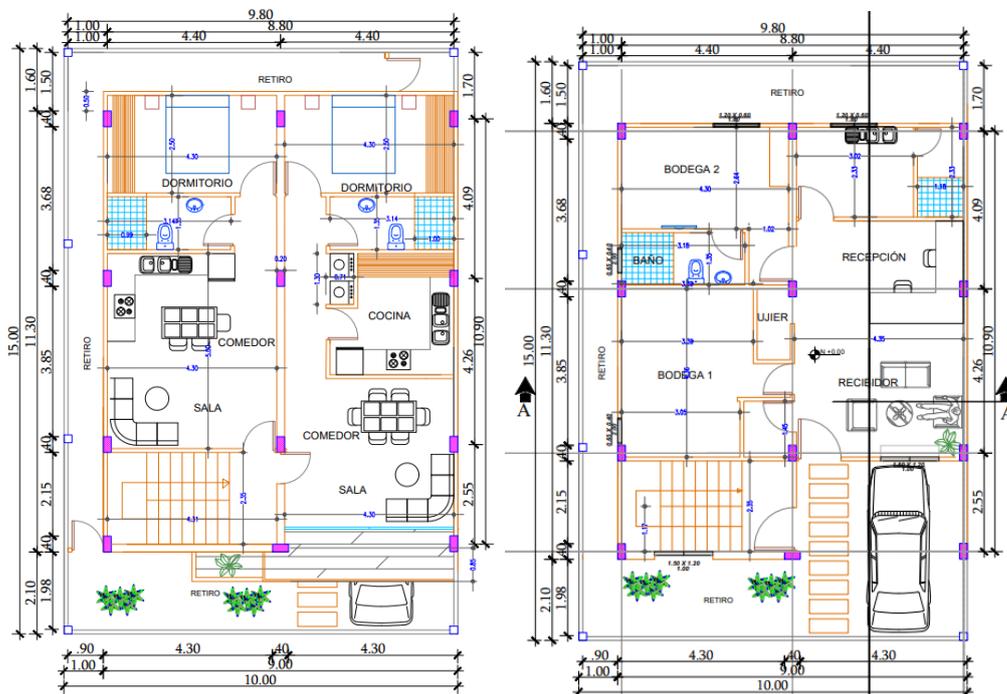


Figura 1-1 Ubicación del terreno donde se realizará el proyecto.

## 1.3 Información básica

Los dueños de este proyecto requieren la construcción un condominio donde cada nivel se aprovechen el máximo de espacio para que su ocupación sea de departamentos. El terreno cuenta con un área de 154.87 metros cuadrados y un perímetro de 51.57 metros para la construcción. El proyecto se trabajará en conjunto a un arquitecto quien es el encargado de realizar los planos arquitectónicos.

En la planta baja se encontrará habilitado un departamento que será de uso personal para el cliente y además se dará espacio para un estacionamiento. En el primer y segundo piso se dispondrá el uso de dos departamentos en cada piso para alquiler, misma que se verá beneficiado de manera económica el cliente. Finalmente se habilitará un espacio de uso común en la terraza para apreciar la vista y realizar actividades recreativas. Para una mejor visualización de la distribución de los espacios ver las figuras siguientes:



**Figura 1-2 Planos Arquitectónicos.**

Para el proyecto es necesario contar con un estudio de suelo que permita conocer las características y las limitaciones que podríamos obtener sobre el suelo para cumplir los requisitos que establece las normativas. Además, según el código catastral es posible obtener información sobre los datos físicos y la descripción del lugar. Dicha información será proporcionada por el cliente.

La NEC (2015) de acuerdo con diferentes parámetros cuenta con seis tipos de perfiles de suelo definidos como A, B, C, D y E. Según la ubicación donde se realizará la obra el tipo de suelo que nos encontramos es tipo D perfil de suelos rígidos.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Realizar el diseño estructural de un condominio de 3 plantas ubicado en la ciudad de Guayaquil empleando la metodología BIM, para la optimización del proyecto en cada una de las fases.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Seleccionar entre las diferentes alternativas la propuesta óptima para el desarrollo del diseño estructural, pre dimensionar secciones según las cargas estimadas que será sometida la estructura.
- Modelar el diseño estructural en Revit y realizar una interoperabilidad con el programa de diseño estructural sismorresistente final que cumpla los requisitos establecidos por la ACI-318 y la NEC-15.
- Elaborar planos estructurales, presupuesto referencial de obra y cantidades de materiales que requiere el condominio.

## **1.5 Justificación**

Actualmente, el sector inmobiliario se ha convertido en una de las mejores alternativas de inversión a largo plazo. El crecimiento población en Guayaquil genera demanda de espacios para viviendas a grandes y pequeñas familias. El alquiler de departamentos genera una gran rentabilidad, pues representa un ingreso fijo y sólido para el arrendatario.

Debido a esto, el cliente ha tomado la iniciativa de desarrollar este proyecto inmobiliario para así, poner a disposición suites que brindarán la comodidad necesaria para familias pequeñas de 2 a 3 miembros. De esta manera el cliente se verá beneficiado con un ingreso pasivo que le ayudará a recuperar su inversión permitiendo que a largo plazo mejore su economía

# CAPÍTULO 2

## 2. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 2.1 Metodología

La metodología en el presente proyecto implica realizar un modelo tridimensional que recopile información como la geometría, detallamiento de elementos estructurales y materiales. La siguiente etapa consta en realizar un análisis de cada fase de la obra, es decir se muestra diseños de elementos estructurales, obra gris, red de instalaciones eléctricas y redes de distribución de agua dentro del condominio. Donde si existe algún tipo de inconveniente durante el proceso de diseño es posible detectarlo a tiempo y optimizar tiempo y costo en la obra ofreciendo posibles soluciones. Finalmente se realizará la cuantificación de materiales que requiere la obra para determinar una estimación del presupuesto.

#### 2.1.1 BIM

La metodología BIM, modelado de información para la construcción ha reportado múltiples beneficios como la colaboración efectiva en todas las fases del proyecto. Proporciona una visualización digital de las características físicas y funcionales de la obra junto a sus instalaciones, basándose en la colaboración por diferentes partes. Las etapas del ciclo de vida de un proyecto se pueden analizar antes de la ejecución del trabajo dando así varios beneficios desde la pre-construcción, diseño, construcción y pos-construcción. (Arayas, 2019)

Esta metodología no solo se enfoca en realizar un modelo en tres dimensiones, pues involucra a varios profesionales en la construcción que participan en un modelo virtual integrado. El modelado en 3D solo limita al diseño tridimensional en cambio BIM permite que la edición se ejecute de manera automática gracias a los parámetros establecidos con anterioridad. Además, es posible la modelación con materiales de diferentes componentes, incorporando características físicas, mecánicas y de fabricación. Dicha información recopilada da paso a una cuantificación de materiales y la estimación de

precios con menor índice de error en los valores de lo que habitualmente se realiza. (Jobim, Stumpf, Edelweiss, & Kern, 2017)

### **2.1.1.1 Dimensiones BIM**

#### 2.1.1.1.1 La idea – 1D

Se parte desde una idea para la realización de la obra, se analiza las condiciones iniciales del terreno como la superficie, área y perímetro disponible. Se define la localización del proyecto y se ejecuta una planificación.

#### 2.1.1.1.2 Planos – 2D

Se realiza el modelo en dos dimensiones como la herramienta CAD, esta etapa queda limitada en representar los detalles de los elementos estructurales, no contiene mayor información tan solo muestra el trazado de líneas en una determinada área.

#### 2.1.1.1.3 Modelo de construcción – 3D

Mediante el modelamiento 3D se logra visualizar la apariencia que tendrá la edificación. Además, es posible la incorporación de detalles estructurales como el varillaje y el material de las vigas, columnas y losa. En esta fase se aprovecha en colocar las cargas a que es sometido la estructura y se adiciona el análisis estructural para hacer las debidas correcciones en el modelo.

#### 2.1.1.1.4 Cronograma de obra – 4D

Esta fase se realiza el análisis del ciclo de vida de la edificación, desde su comienzo hasta su fin. Se realiza un cronograma que permitirá analizar cada etapa de la obra ingenieril, se detallará rubros para determinar la cantidad de material que se requiera en cada etapa para optimizar tiempo en la ejecución. (Santana , Jorge, Ahmed, W.Y. Tam, & Haddad, 2020)

#### 2.1.1.1.5 Presupuesto – 5D

Revit permite estimar los costos de la obra según la cantidad de material que se use en el modelado tridimensional. Mediante una herramienta se calculará los costos gracias a

la lista de cantidades que nos proporciona el programa, esto permitirá una mejora en la rentabilidad del proyecto.

#### 2.1.1.1.6 Simulación – 6D

BIM verde ayuda a simular diferentes alternativas para el proyecto hasta lograr encontrar la opción óptima desde el comienzo del proyecto.

#### 2.1.1.1.7 Manual de instrucciones – 7D

El manual que se dispone permitirá dar posibles soluciones para el mantenimiento de la obra, es decir, se continuara con la vida del proyecto teniendo en cuenta las reparaciones que se puedan presentar en un futuro. Otro dato importante en esta fase es que se da la posibilidad de analizar el ciclo de vida, aportando idea de reciclaje o derribo de la obra.



Figura 2-1 Las dimensiones de la metodología BIM.

### 2.1.2 Interoperabilidad BIM

Dado que la modalidad BIM busca centralizar toda la información que se requiera es necesario que exista una colaboración entre varios profesionales para gestionar el

proyecto. Se debe garantizar que la información que sea adjunta no se vea afectada por diferentes factores al momento de realizar el modelo tridimensional, gracias a la interoperabilidad que puede existir entre Revit y otros softwares es posible la transferencia de datos. Sin embargo, es de suma importancia tener en cuenta la compatibilidad que tienen entre las versiones de los softwares, ya que en muchas ocasiones esto podría afectar al modelo. (Kumar, 2015)

Implementar la interoperabilidad facilitara la comunicación con diferentes programas a través de herramientas como CSixRevit que permite integrar los programas SAP2000 o Etabs con Revit Structure. Es la actualidad aún existe inconvenientes para involucrar más programas que trabajen de manera bidireccional sin altera la información, pero se pretende dar posibles soluciones con el pasar del tiempo. (Ren, Zhang, & Dib, 2018)

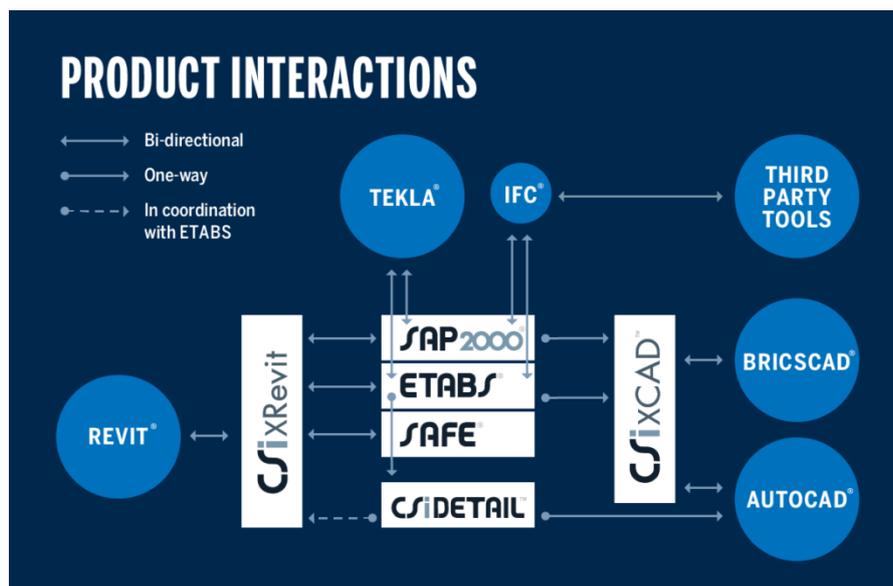


Figura 2-2 Interoperabilidad que existe con diferentes softwares.

### 2.1.3 Diseño estructural

En base a los planos otorgados por el arquitecto, se procede analizar la regularidad del edificio, la cantidad de vigas y columnas y que la ubicación de estas se encuentre de manera apropiada para realizar un pre-dimensionamiento. Ser debe realizar el modelado en Revit, software donde se incorporar la mayoría de información y permitirá la interoperabilidad con otros softwares.

Tras realizar el modelado en 3D en Revit, se deberá realizar un análisis estructural en Etabs. Esto es posible gracias al uso de la herramienta CSixRevit que facilitan el intercambio de información de manera bidireccional entre los softwares, se logra exportar desde Revit structure el diseño y se crea un nuevo modelo en Etabs, inclusive se logra aplicar cargas desde el Revit y permite la actualización en el modelo creado en Etabs.

Una vez realizado el análisis de la estructura se procede a diseñar columnas, vigas, losa y cimentación conforme a los datos obtenidos en Etabs teniendo en cuenta el cumplimiento con lo que establece la norma de construcción ecuatoriana (NEC-15) y ACI-318. Posteriormente se debe actualizar los cambios en el modelo 3D y realizar el detallamiento estructural de cada elemento, dando paso a la elaboración de los planos respectivos.



Figura 2-3 Metodología que se realiza para el intercambio de información.

#### 2.1.4 Revit MEP

Adicional al diseño estructural se pretende realizar las instalaciones eléctricas y de suministro de agua potable, para garantizar una adecuada distribución de las diferentes disciplinas. Gracias a que se da uso de la metodología BIM es posible la colaboración con Revit MEP, logrando una coordinación de manera eficaz en tiempo real.

Revit MEP permite en primer lugar la creación de elementos para las diferentes instalaciones y realiza un análisis de las instalaciones hidráulicas y eléctricas creadas.

Calcula las presiones y el rendimiento en las tuberías, además facilita la entrega de la documentación, incluyendo los planos sanitarios y eléctricos.

### **2.1.5 Estimación de presupuesto**

Al realizar el modelo en 3D se debe tener en cuenta que cada modificación en el diseño tendrá en efecto un cambio en los costos. BIM 5D permite que los cálculos realizados en hojas de cálculos de los precios unitarios de los materiales puedan ser proyectada en Revit de acuerdo con el modelo tridimensional. Además, es posible incorporar información como mano de obras y equipo que requiera la construcción. (Andarde Sevilla, 2021)

## **2.2 Trabajo de campo, laboratorio y gabinete**

### **2.2.1 Peligro sísmico**

El estudio sísmico pretende estudiar de manera más precisa los niveles de movimiento que se somete el suelo y como este puede llegar afectar a una estructura, de esa manera controlar daños en la obra. La dificultad de este estudio se basa en conocer la dirección que se presentará el sismo y así mismo la magnitud, intensidad y frecuencia con que se presentan, por eso para estos eventos se da uso de un análisis probabilista con la finalidad predecir futuros sismos. (Quinde Martínez & Reinoso Angulo, 2016)

Ecuador es uno de los países considerado con alto peligro sísmico, si bien es cierto es difícil predecir dichos eventos, pero la recopilación de datos hace posible determinar un periodo de retorno. El país ha pasado por sismo de alta magnitud con valor de 8.8 en el año 1906 y a pesar de tener varios eventos similares, las fuentes sísmicas que se basa la norma ecuatoriana de la construcción no tienen suficiente respaldo técnico.

### **2.2.2 Diseño sismorresistente**

Se debe realizar un análisis sobre los sismos en Ecuador y como es las respuestas de las estructuras ante tales fuerzas horizontales. Es importante tener la información sobre

las aceleraciones que existan en diferentes zonas del país para esquematizar los posibles daños que se podrían provocar a causa de un terremoto.

Gracias a la norma ecuatoriana es posible identificar el peligro sísmico que existe mediante un mapa, así mismo la NEC proporciona información de acelerogramas con las propiedades dinámicas y en diferentes ambientes. Los peligros sísmicos son clasificados por nivel y un periodo de retorno como se presenta en la siguiente imagen:

Nivel de sismo	Sismo	Probabilidad de excedencia en 50 años	Período de retorno $T_r$ (años)	Tasa de excedencia ( $1/T_r$ )
1	Frecuente (menor)	50%	72	0.01389
2	Ocasional (moderado)	20%	225	0.00444
3	Raro (severo)	10%	475	0.00211
4	Muy raro* (extremo)	2%	2 500	0.0004

Figura 2-4 Niveles de amenaza sísmica

## 2.2.3 Factores que influye

### 2.2.3.1 Zona sísmica

El sitio donde será situada la obra se debe determinar a cuáles de las seis zonas sísmicas del Ecuador pertenece, esto lo determina el factor de zona  $Z$  que representa las aceleraciones máximas de acuerdo con el mapa de la imagen siguiente:

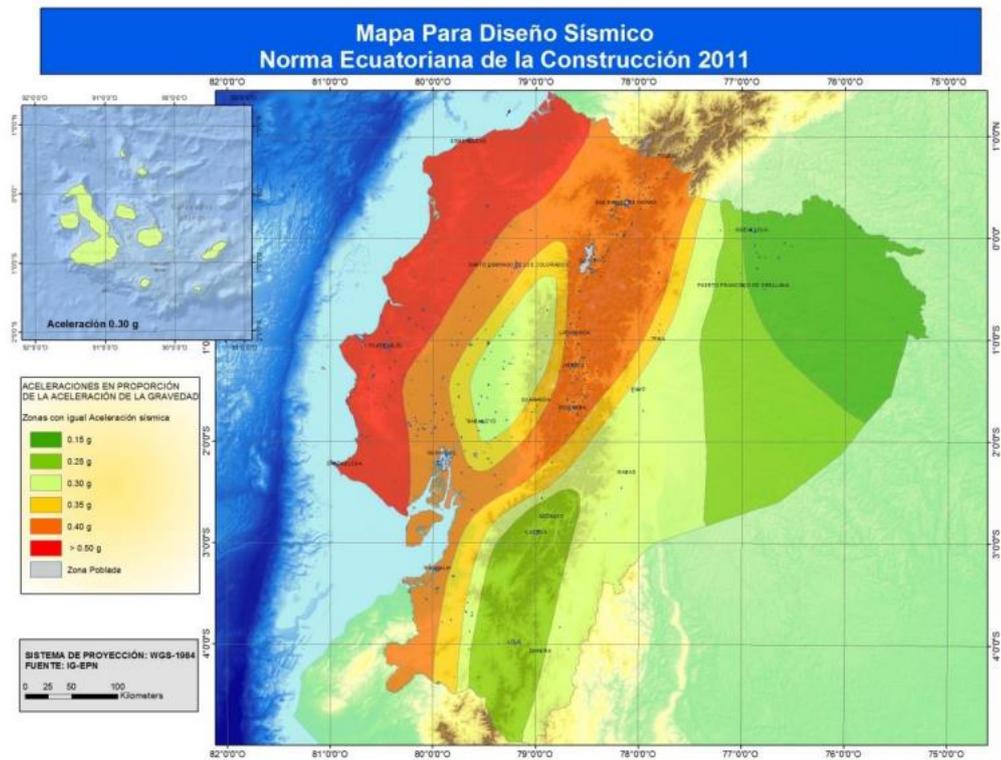


Figura 2-5 Mapa para diseño sísmico

La figura representa el resultado obtenido de un 10% de excedencia en 50 años. Ecuador está catalogado con una zona sísmica alta a excepciones del nororiente y el litoral ecuatoriano. Para determinar el valor Z de cada población la NEC-15 proporciona un listado con todas las provincias y ciudades del país en la tabla 16 de la sección 10.2.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Figura 2-6 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.

### 2.2.3.2 Factor de importancia

El propósito de dicho factor es incrementar la demanda de las estructuras ante un evento sísmico, se tomar en cuenta el uso y características de la edificación para determinar el valor de importancia que se requiera. Una estructura con factor de importancia 1.0 debe cumplir con todos los requisitos que establece la norma ecuatoriana.

<b>Categoría</b>	<b>Tipo de uso, destino e importancia</b>	<b>Coefficiente I</b>
<b>Edificaciones esenciales</b>	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras substancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras substancias peligrosas.	1.5
<b>Estructuras de ocupación especial</b>	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
<b>Otras estructuras</b>	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

**Figura 2-7 Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.**

### **2.2.3.3 Factor de reducción**

Según la normativa el coeficiente R, factor de reducción toma en consideración la resistencia ante la fuerza sísmica en función al tipo de estructura, el periodo de vibración, factores de ductilidad y la clase de suelo cuando se encuentre en estado limite.

### **2.2.3.4 Coeficiente de irregularidades**

Se si presenta estructuras con irregularidades, se deberá someterse a unos coeficientes de configuración estructural con el fin de penalizar el diseño. Dichos coeficientes permitirán incrementar el valor del cortante en el diseño y proveerá mayor resistencia. Sin embargo, a pesar de que la estructura adquiere mayor resistencia ante un evento sismo, la irregularidad no evita un comportamiento deficiente, así que se recomienda rediseñar la estructura de manera que se presente de manera más regular. Los coeficientes que se estimara a partir de las características se aplicaran en planta y elevación de la estructura.

### **2.2.3.5 Coeficiente de perfil de suelo**

Los coeficientes de perfil de suelo son determinados según la zona sísmica que se encuentre y el tipo de suelo que se determine. Los coeficientes Fa, Fd y Fs se basan en

las amplificaciones de suelo de un periodo corto, desplazamiento para diseño de rosa y el comportamiento no lineal respectivamente.

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.5	1.39	1.26	1.14	0.97
F	Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección <a href="#">10.6.4</a>					

**Figura 2-8 Tipo de suelo y factores de sitio Fa.**

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.6	1.5	1.4	1.35	1.3	1.25
D	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y <a href="#">10.6.4</a>					

**Figura 2-9 Tipo de suelo y factores de sitio Fd.**

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	1	1.1	1.2	1.25	1.3	1.45
D	1.2	1.25	1.3	1.4	1.5	1.65
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y <a href="#">10.6.4</a>					

**Figura 2-10 Tipo de suelo y factores del comportamiento inelástico del subsuelo Fs.**

### 2.2.3.6 Ampliación espectral

Según la norma ecuatoriana la ampliación espectral se define como se indica en el esquema siguiente, este valor es considerado a razón  $S_a$  ( $T=0.1s$ ) para un periodo de retorno.

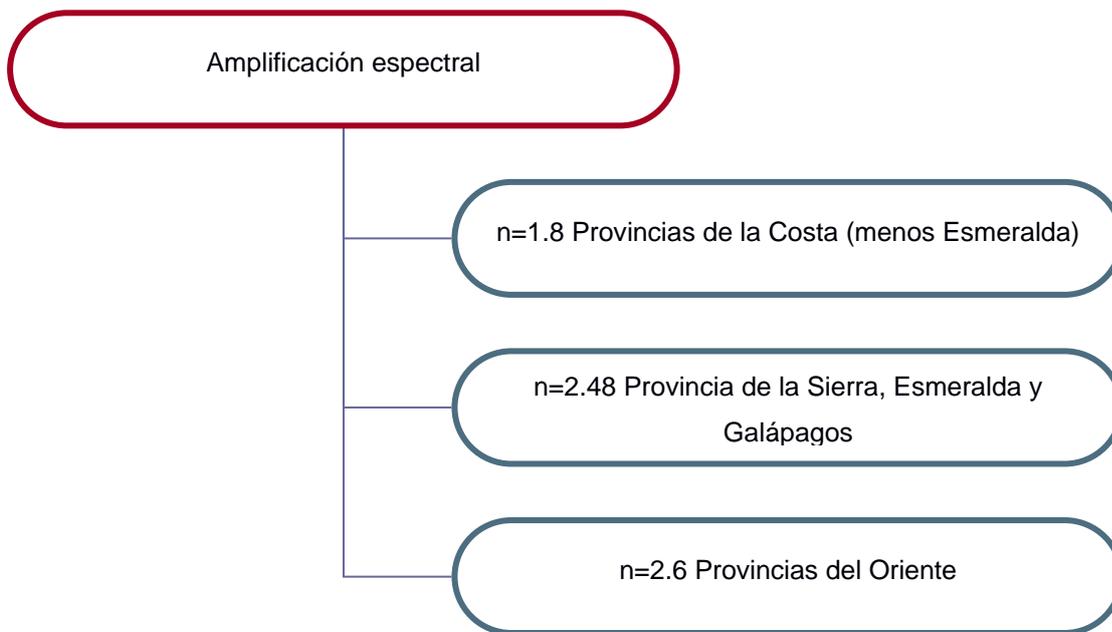


Figura 2-11 Valores de ampliación espectral.

### 2.2.3.7 Periodo fundamental

Se refiere al tiempo que tarda en completar un ciclo de vibración de la estructura  $T_a$ , este se puede determinar de dos métodos. El primero se obtendrá mediante una estimación aproximada según la altura del edificio y el tipo de estructura y el segundo método puede ser calculado según las propiedades y características de los elementos estructurales. El periodo se determina mediante la siguiente ecuación:

$$T_a = C_t(h_n)^\alpha$$

$C_t$ : Coeficiente según el tipo de estructura

$h_n$ : altura máxima de  $n$  pisos

$T_a$ : periodo de vibración

Tipo de estructura	C <sub>t</sub>	α
<b>Estructuras de acero</b>		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
<b>Pórticos especiales de hormigón armado</b>		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.047	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.049	0.75

**Alternativamente**, para estructuras con muros estructurales de hormigón armado o mampostería estructural (con α =1):

Figura 2-12 Factores para el cálculo del periodo fundamental.

## 2.2.4 Determinación de corte basal

El cortante basal según la NEC-15 se haya gracias al espectro de respuesta de diseño  $S_a(T)$  y el periodo fundamental  $T_a$  hallado anteriormente. Esta fuerza cortante puede ser aplicada en dirección x, y y ambas direcciones en función de una carga sísmica de la estructura ( $W$ ).

$$V = \frac{IS_a(T_a)}{R\theta_P\theta_E} W$$

Dónde

$S_a(T_a)$	Espectro de diseño en aceleración; véase en la sección <a href="#">[3.3.2]</a>
$\theta_P$ y $\theta_E$	Coefficientes de configuración en planta y elevación; véase en la sección <a href="#">[5.3]</a>
$I$	Coefficiente de importancia; se determina en la sección <a href="#">[4.1]</a>
$R$	Factor de reducción de resistencia sísmica; véase en la sección <a href="#">[6.3.4]</a>
$V$	Cortante basal total de diseño
$W$	Carga sísmica reactiva; véase en la sección <a href="#">[6.1.7]</a>
$T_a$	Periodo de vibración; véase en la sección <a href="#">[6.3.3]</a>

Figura 2-13 Ecuación obtenida de la NEC (2015) para cortante basal.

## **2.3 Análisis de alternativas**

Escoger la alternativa correcta suele ser una de las interrogantes que puede hacer una gran diferencia. Las alternativas regularmente no solo dependen de la disponibilidad existente de la materia prima, sino del alcance del proyecto y aún más del diseño arquitectónico. Dicho diseño muchas veces debido a su forma puede ser estructuralmente mucho más viable si se realiza en acero o en otro caso el resultado puede ser el mismo si la parte estructural se desarrolla en hormigón armado.

Una de las consideraciones que juega un papel muy interesante en el presente proyecto es el que hecho de que se desarrollara por etapas, es importante recordar que la paralización muchas veces genera una exposición parcial de ciertos materiales que a futuro podría disminuir la resistencia y la durabilidad de los elementos seleccionados.

Los materiales en su estado inicial o también conocidos como materia prima llega a ser uno de los puntos más importantes a considerar si queremos hablar de presupuesto, sin embargo, debido a que nuestro proyecto se desarrolla en la ciudad de Guayaquil en un sector urbanizado y comercial es posible que los recursos tanto de acero como de hormigón se encuentren disponibles y listos para ser trasladados a la obra. Es importante reconocer que aunque esto es una gran ventaja no determina que los costos de materia prima serán iguales, si bien es cierto que el transporte de los mismos hasta el lugar donde se llevara a cabo el proyecto no es el único factor a considerar en cuanto a materia prima respecta, también se debe prescindir de mano de obra calificada que pueda convertir esa materia en la proyección deseada.

### **2.3.1 Parámetros de comparación**

#### **2.3.1.1 Costo**

Si bien es cierto que existen otros factores a considerarse en la selección de una alternativa, el costo llega a ser uno de los más significativos, sin embargo, es cierto que en muchos casos dependiendo de la arquitectura, la complejidad o las irregularidades existentes en el proyecto nos obligan a considerar una alternativa en específico, pero

fuera de estos casos siempre se optara por considerar el modelos más económico y seguro.

Cuando hablamos de estructuras metálicas podemos decir que suelen ser más conveniente si tenemos en la construcción grandes claros o así mismo si la construcción tiene una gran altura. Regularmente cuando existen estos casos y necesitamos disminuir significativamente el peso de una obra, las estructuras metálicas suelen ser nuestra mejor alternativa ya que son sistemas mucho más livianos que el Hormigón Armado.

En nuestro caso en específico dado que el edificio a diseñarse en este proyecto cuenta con únicamente con 3 niveles y luce máximas de 5 metros considerar la alternativa de acero estructural sería mucho más costosa y conllevaría un encarecimiento del proyecto, por esta razón la alternativa de hormigón armado es la más adecuada.

### **2.3.1.2 Tiempos**

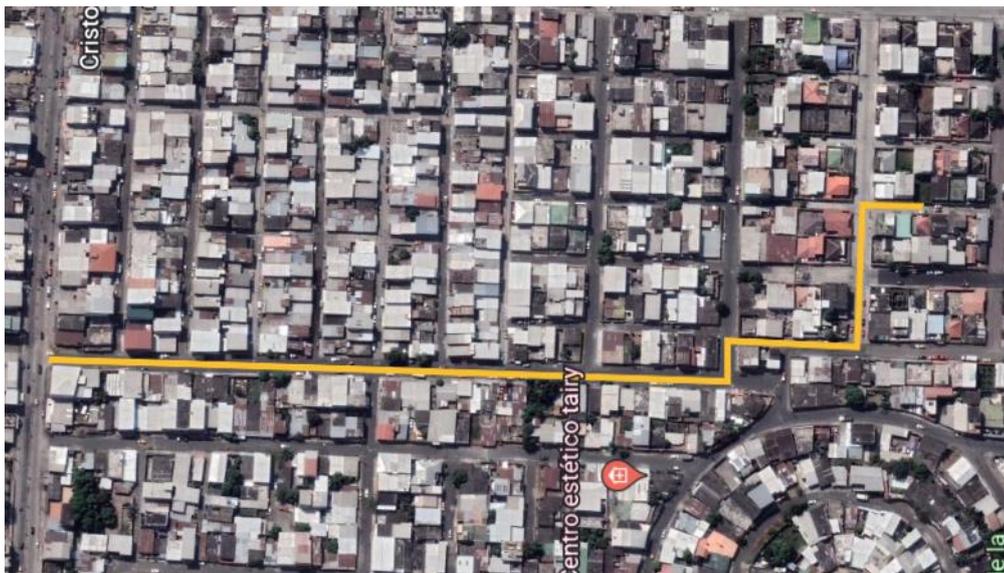
En cuanto a lo que tiempos respecta siempre que hablemos de estructuras metálicas llevaran una gran ventaja frente a las estructuras de hormigón armado con respecto a la velocidad con la que se logra construir las. Esto se debe a las características de las estructuras metálicas en su facilidad de montaje y acoplamiento son superiores a las de hormigón y debido a que existe la opción de trabajar de forma sincrónica tanto el taller como en el lugar donde se lleva a cabo la superestructura los tiempos se pueden reducir significativamente de tal forma que al mismo tiempo cuando se termina la cimentación se puede empezar a montar la estructura.

Uno de los puntos más importantes a la hora de trabajar en acero estructural es la planificación y cumplimiento de los tiempos, dentro de los mismos debe haber consideraciones de traslado, ejecución y fabricación de los materiales, para que la estructura se pueda desarrollar según lo establecido en la proyección y suele darse cuando el dueño de la obra busca recuperar la inversión lo antes posible.

### **2.3.1.3 Disponibilidad de los materiales**

En cuanto al Acero y los perfiles que se necesitarían para poder llevar a cabo el proyecto en estructura metálica pueden llegar a ser fáciles de conseguir dado que se llevara a cabo en la ciudad de guayaquil, contando así con proveedores relativamente cercanos como lo son DIPAC, NOVACERO, etc.

Sin embargo, en cuanto a hormigón respecta debido a lo común de las edificaciones con este material en nuestro país contamos con depósitos mucho más cercanos que reducirían significativamente los costos de traslado del material. En la imagen que se observa a continuación podemos observar la distancia que existe entre un depósito de materiales (DISENSA) y el terreno donde se llevara a cabo la construcción del edificio.



**Figura 2-14 Recorrido para el traslado del material.**

### **2.3.1.4 Mano de obra**

En la construcción de estructuras metálicas existe una alta demanda de personal técnico especializado debido a que existen varios tipos de certificaciones dependiendo del tipo de soldadura y las nociones necesarias por poder realizar los anclajes de los elementos en sitio, todo esto acompañado de la importancia de las conexiones y preparación de los elementos tanto en el taller como en obra.

Por otra parte, cuando hablamos de estructuras netamente de hormigón armado en Ecuador existe una gran cantidad de mano de obra disponible debido a que en nuestra

región el uso de este material como materia prima puede llegar a ser mas económico, de tal forma que la construcción usando este recurso como materia prima principal puede reducir significativamente en comparación con las estructuras de acero.

#### **2.3.1.5 Durabilidad**

El acero es un material que al recibir una preparación y mantenimiento adecuado puede llegar a tener una vida útil indefinida. Al mismo tiempo posee características que de forma general llegan a ser muy atractivas para cualquier diseño sismorresistente por su gran resistencia, fabricación, flexibilidad y la facilidad con la que se puede fabricar los elementos conformados por esta materia.

Otra de las ventajas del acero en la construcción es su peso, lo que permite crear estructuras ligeras en comparación con el hormigón y puede llegar a tener una ventaja significativa cuando se trata de estructuras significativamente altas. Debido a que también es un material que se puede prefabricar en taller hace que el tiempo que puede tomar ensamblar una obra se reduzca significativamente.

Cuando analizamos todas las ventajas que podemos encontrar al usar acero también es importante identificar que son elementos que al gozar de estos veneficios tienen un costo de instalación mucho más elevados debido a que se requiere mano de obra mucho más capacitada como se mencionó en el punto anterior, por lo que así mismo es necesario que para garantizar un correcto funcionamiento de los mismos se instalen de forma correcta y así evitar problemas como pandeo por el uso de secciones esbeltas, fatiga y fracturas que al no respetarse los espaciamientos mínimos o las indicaciones establecidas por un respectivo análisis estructural llevan a la fractura haciendo que los mismos pierdan su respectiva ductilidad.

Por otro lado, tenemos al hormigón que resiste principalmente a la compresión y gracias a su acero de refuerzo se le otorga ductilidad proporcionando características sismorresistentes a las estructuras diseñadas con ese material como recurso principal. Otro de los aspectos que podemos destacar del hormigón en comparación al acero es su resistencia a altas temperaturas y agua, las mismas que cuando intervienen con el acero disminuyen significativamente su tiempo de útil.

El concreto es un material que con el paso del tiempo aumenta gradualmente su resistencia y que al mismo tiempo requiere de poco mantenimiento. El hormigón se destaca también en su rigidez y al mismo tiempo en su maleabilidad en su estado de fraguado, lo que permite que muchos detalles que se dan en obra como moldura y miembros estructurales tengan buenos acabados.

De entre las ventajas anteriormente mencionadas una de las que más resalta y la razón por la cual es uno de los materiales más utilizados en nuestra región es su costo y disponibilidad, ya que se puede conseguir en grandes cantidades y tiene un precio mucho más bajo en comparación al acero, adicional a esto no se requiere de un taller para prefabricar sus elementos a menos que se requieran elementos prefabricados los cuales también son más económicos en comparación a los elementos de acero estructural.

Sin embargo, al igual que el acero el hormigón también presenta algunas desventajas, figurando como una de las principales su baja resistencia a la tensión, lo cual se mitiga con el acero de refuerzo, esto también implica que para su construcción se divida en armado, encofrado y vertido del hormigón. Esto nos lleva requerir de un tiempo de fraguado lo que hablando de factor tiempo puede optimizarse con el acero ya que no requiere un tiempo de fraguado en sitio. El hormigón también presenta problemas cuando las vigas que soportan la losa tienen luces muy altas lo que al mismo tiempo aporta un gran peso a la estructura y por unidad de peso que afecta directamente a la cimentación dado que cuando hablamos de estructuras de alturas considerables son muy poco favorables.

#### **2.3.1.6 Alternativa escogida**

Se selecciona la alternativa pórticos resistentes a momentos de estructuras de hormigón armado por haber presentado mayores ventajas sobre una estructura residencial de 3 plantas con pórticos resistentes a momentos en acero debido a que al ser una estructura relativamente pequeña en cuanto a su altura y al no necesitar de velocidad para la realización de la misma tiene mayor cantidad de ventajas.

# CAPÍTULO 3

## 3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

### 3.1 Diseños

#### 3.1.1 Predimensionamiento

Según los planos arquitectónicos del condominio se procede a realizar el prediseño de los elementos estructurales como la losa aligerada, vigas y columnas. Para esto se debe estimar las cargas gravitacionales que la estructura se verá sometida según lo que establezca la norma ecuatoriana.

- Cargas

Las cargas vivas fueron definidas según la NEC-SE-CG en la Tabla 9, donde se indica que los valores varían según la ocupación se destine en cada piso. En este caso la parte inferior se destinará para uso de bodega y el primer y segundo piso se le dará la ocupación de uso residencial.

Piso	Uso	Carga Viva (kN/m <sup>2</sup> )
1er Piso	Residencial	2.00
2do Piso	Residencial	2.00
3er Piso	Cubierta	0.70

**Tabla 3-1 Cargas vivas según la NEC-2015.**

Las cargas muertas según la NEC 2015 representan el peso propio de elementos estructurales y no estructurales como lo son los acabados, cielorraso, carga de muros, vigas, columnas e instalaciones.

Cargas Muerta	kN/m <sup>2</sup>
Cerámica	0.30
Instalaciones	0.20
Muros	1.88

Losa Nervada	2.61
Cielorraso	0.20
Viga	1.88
Columna	1.50

**Tabla 3-2 Carga Muerta segun la NEC-2015.**

Para la carga muerta por piso se tomará en consideración las cargas de cerámica, instalaciones, muros, cielorraso y losa nervada. En cambio, para la losa superior se tomará en consideración los pesos de las instalaciones, cielorraso y losa nervada nada más.

- Losa

Para reducir el peso de la edificación y el costo en los materiales se optó por emplear una losa nervada en una dirección. Para estimar el espesor de la losa se toma la longitud del vano mayor este es  $L=4.40\text{m}$ . Según la ACI-19 Tabla 9.3.1.1- Altura mínima de vigas no preesforzadas.

**Tabla 9.3.1.1 — Altura mínima de vigas no preesforzadas**

Condición de apoyo	Altura mínima, $h$ <sup>III</sup>
Simplemente apoyada	$\ell/16$
Con un extremo continuo	$\ell/18.5$
Ambos extremos continuos	$\ell/21$
En voladizo	$\ell/8$

**Figura 3-1 Altura mínima d vigas no preesforzada según el ACI-318.**

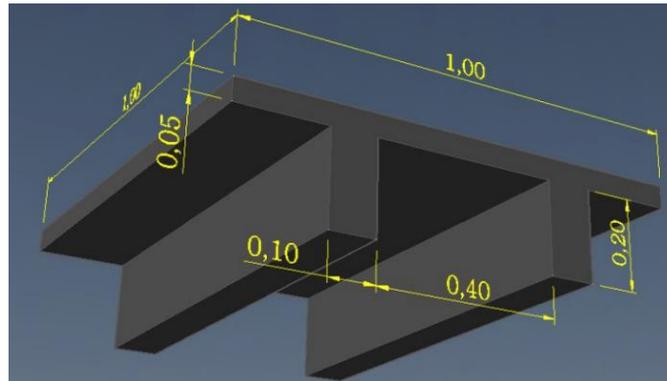
$$e_{losa} = \frac{L}{18.5} = \frac{4.40 \text{ m}}{18.5} = 0.237 \text{ m}$$

$$e_{losa} = 0.25 \text{ m}$$

$e_{losa}$ : espesor de la losa

*L: longitud del mayor vano*

Por cuestión constructiva se opta por redondear el valor de la losa a un espesor de 25 cm, donde 20 cm será la altura de las viguetas y 5 cm será la losa compacta. Por lo tanto, la losa aligerada quedara con las siguientes dimensiones y un peso de 2.61 kN/m<sup>2</sup> con casetones de 40 cm de ancho.



**Figura 3-2 Dimensiones para la Losa Aligerada.**

- Vigas

Se tomo en consideración que el ancho mínimo que deben tener las vigas tiene un valor de 25 cm y según la longitud del vano mayor se puede estimar por flexión el peralte que podría tener nuestras vigas.

$$d = \frac{L}{12} = \frac{4.40m}{12} = 0.366m$$

$$d = 0.40 m$$

*d: peralte de la viga*

Por lo tanto, el primer y segundo piso podríamos tener una sección de 40cmX30cm y para el tercer piso será posible disminuir las dimensiones para disminuir cargas.

- Columnas

Se tomo en cuenta las cargas axiales que serían sometidas las columnas para realizar prediseño y estimar sus dimensiones. Se uso un  $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$  y la carga axial dependerá del área tributaria.

$$q_{axial} = w_D + w_L + w_{columna} = 9.39 \text{ kN/m}^2$$

$$P_s = A_{tributaria} * q_{axial} * n_{pisos} = 517.48 \text{ kN}$$

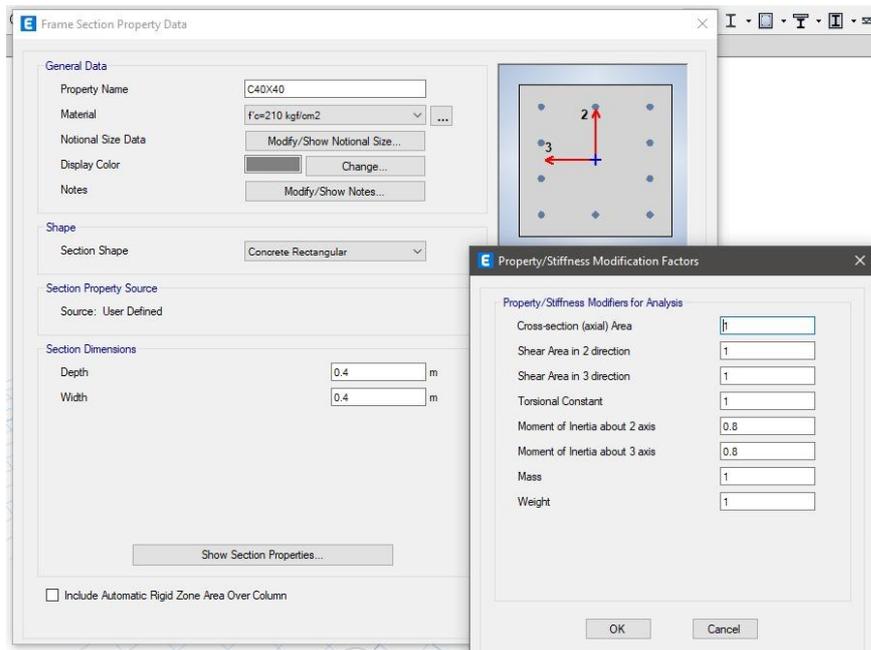
$$A_g = \frac{P_s}{0.25 f'_c} = 1005.12 \text{ cm}^2$$

Las secciones de la columna se pueden tomar un valor de 40 cm de ancho para los primeros pisos obteniendo así  $a_{col} = \frac{A_g}{40 \text{ cm}} = 25 \text{ cm}$  como mínimo, por lo tanto, las secciones pueden quedar de 40X30 cm.

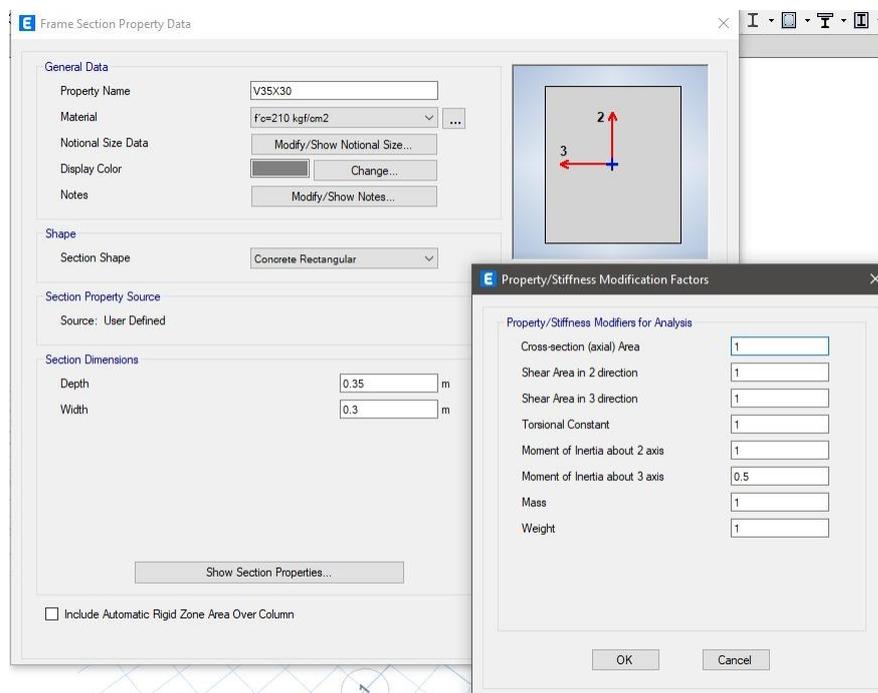
### 3.1.2 Modelamiento estructural

Para llevar a cabo el diseño estructural del condominio de cuánto va a requerir de acero de refuerzo los elementos estructurales, se debe realizar un análisis para determinar fuerzas internas y desplazamiento que tendría cada elemento. En el modelo realizado en Revit se abarco la definición de cargas que sería sometida la estructura como los materiales de acero de refuerzo, considerando un  $f'_c=210\text{kgf/cm}^2$  para el hormigón y un  $f_y=4200\text{kgf/cm}^2$  del acero.

Gracias al uso del programa Revit es posible tener una amplia librería de secciones estructurales de hormigón, además es posible la creación de familias para los elementos que se requieran crear desde cero. Para el modelo solo fue necesario definir la geometría, recubrimiento y el material de cada elemento estructural como las vigas y columnas.



**Figura 3-3 Sección transversal para columnas y valor de agrietamiento.**



**Figura 3-4 Sección transversal para vigas y valor de agrietamiento.**

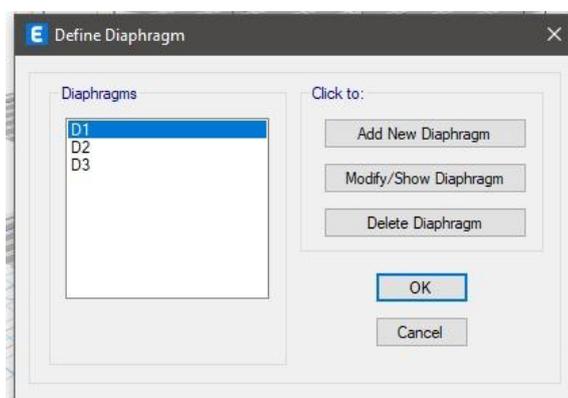
Para el modelamiento de la losa aligerada se realizó por partes, es decir se procedió a modelar los nervios de 30 cm de alto con una separación máxima de 50 cm tomada desde el centro del nervio y una capa de compresión de 5 cm de grosor según el

predimensionamiento realizado. Una vez terminado el modelo en Revit se procede a asignar valores de carga viva y carga muerta por cada piso para luego este modelo sea exportado como un archivo al programa ETABS dando uso a la herramienta CSixRevit.

Una vez realizado la interoperabilidad entre Revit y Etabs se procede a verificar que la información que fue asignada en el Revit no haya sido alterada de manera que no afecte al análisis estructural.

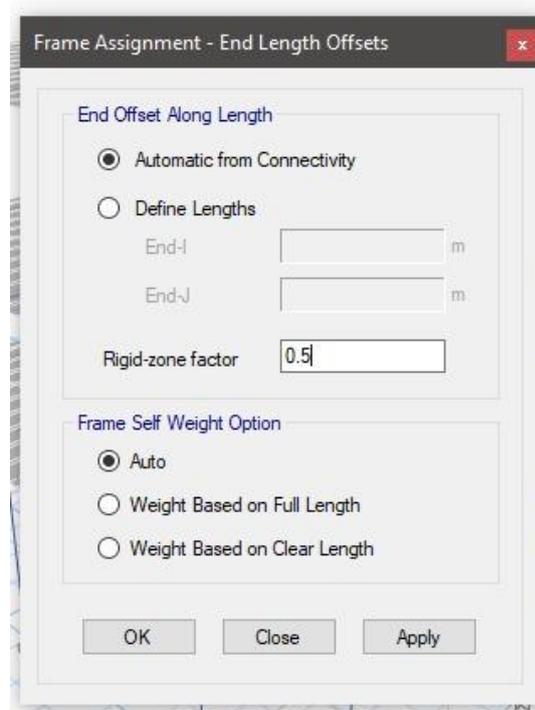
La aparición de grieta en los elementos estructurales afecta directamente a la rigidez de la estructura. Esto se da debido a factores externos que se pueden presentar como el cambio de temperatura altos o perdida de humedad en los elementos. La NEC especifica factores de reducción que se deben tomar en cuenta para el diseño, el valor de 0.8 de  $I_g$  de columnas y 0.5  $I_g$  a las vigas.

Cuando se aplica las cargas horizontales, es decir el sismo estático o dinámico, estas fuerzas sísmicas se distribuirán según a cuantos diafragmas se asignen para cada piso. La edificación se presenta de manera regular y se tiene bajas aberturas, en este caso solo la escalera. Por lo tanto, es posible analizar que el piso de la estructura se comportara como un suelo rígido. En la imagen se puede observar la creación de un diafragma para cada piso.



**Figura 3-5 Definición de los diafragmas para cada piso.**

Para rigidizar más el modelo se consideró que las intersecciones entre columnas y vigas se analicen como si fueran infinitamente rígidas. Esto se lo conoce como brazo rígido y para asignarlo en el Etabs de manera conservadora se decidió trabajar con un valor de 0.5.



**Figura 3-6 Asignación de nodos rígidos entre las columnas y vigas.**

El modelo requiere ser analizado con las fuerzas sísmicas de fuerzas equivalente que debe soportar el edificio. Como se detalló en el capítulo dos la NEC nos proporciona la información necesaria para hallar el cortante basal según el tipo de suelo y zona que se encuentre el proyecto a realizar.

La edificación se encuentra en el norte de la ciudad de Guayaquil, donde es considerada como una zona altamente sísmica, zona VI. Por lo tanto, el valor que le corresponde es de 0.5 y según la ubicación se determinó que nos encontramos con un suelo tipo D. Una vez ya definido esta información es posible determinar los factores del coeficiente del suelo  $F_a$ ,  $F_d$  y  $F_s$  como se especifica en la siguiente tabla.

Tipo de suelo	D
---------------	---

Z	0.5
Fa	1.12
Fd	1.11
Fs	1.4

**Tabla 3-3 Coeficiente del suelo tipo D**

El factor de importancia que tiene la edificación es de uso residencial y bodega en la planta baja por lo que se toma en consideración un valor de  $I=1$ . Para el factor de reducción de resistencia sísmica se optó para la edificación, pórticos resistentes a momentos con un valor de  $R=8$ .

Se ha ido desarrollando la edificación de manera que sea lo más regular posible para que los coeficientes de irregularidades tengan un valor de 1. Contando con ejes paralelos entre sí y continuidad del piso a excepción del hueco de la escalera que se consideró, aun así, esta discontinuidad no afecta en gran porcentaje al área total del piso.

$$\phi_P = \phi_E = 1$$

El proyecto se ejecutará en la provincia de Guayas por lo tanto los parámetros para el espectro de aceleraciones deben ser determinado según el valor de  $\eta = 1.8$ . Para limitar el periodo de vibración se hayan los valores de  $T_c$  y  $T_l$  donde:

$$T_c = 0.55 * F_s * \left(\frac{F_d}{F_a}\right) = 0.7631$$

$$T_l = 2.4 * F_d = 2.664$$

Para el análisis dinámico se determinó el valor de  $T_o$ .

$$T_o = 0.1 * F_s * \left(\frac{F_d}{F_a}\right) = 0.1388$$

Se determinó el periodo fundamental en base a la altura total de la edificación y tipo de estructura a analizar. En este caso se analiza un pórtico especial de hormigón armado

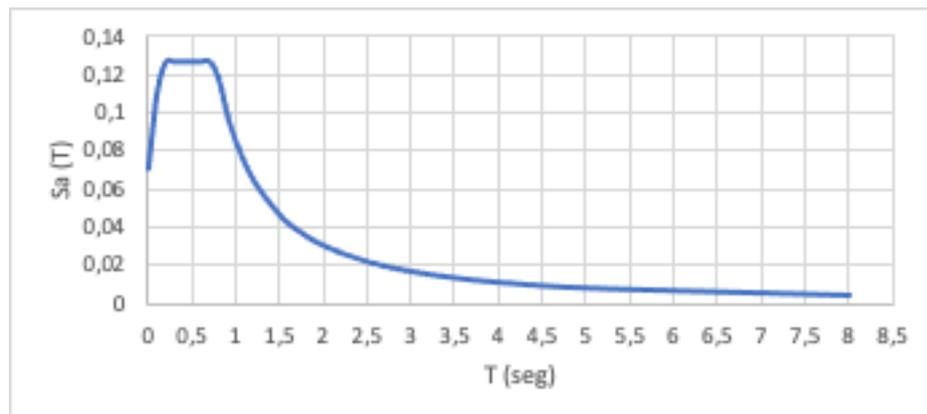
sin muros estructurales ni diagonales rigidizadas, por lo tanto, el valor de  $C_t = 0.055$  y  $\alpha = 0.9$  según la NEC-15.

$$T = C_t * h_n^\alpha = 0.397$$

$h_n$ : altura total de edificación

$T$ : periodo fundamental

Se procedió a realizar el grafico del espectro de aceleraciones determinando el valor de  $S_a$  según el periodo fundamental y las limitaciones de periodo de vibración que se determinó.

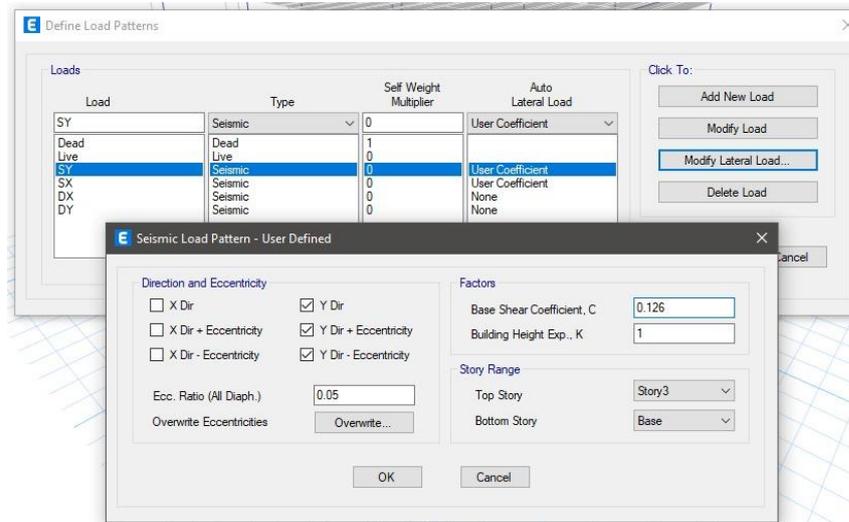


**Figura 3-7 Diagrama del espectro de aceleraciones.**

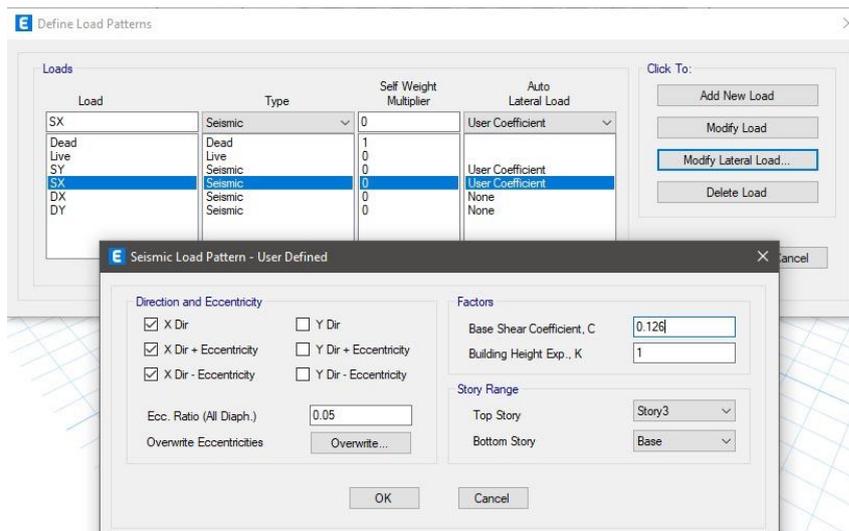
El valor de  $S_a$  se obtiene gracias al grafico realizado teniendo un valor de 1.008 para cada dirección horizontal. Una vez determinado los valores de aceleración espectral  $S_a$ , factor de importancia  $I$ , el factor de reducción  $R$  y coeficiente de irregularidades se podrán calcular el valor que corresponda al cortante basal para ambas direcciones.

$$V = \frac{I * S_a}{R * \phi_P * \phi_E} = 0.126$$

Estos valores fueron definidos para realizar el análisis de fuerza sísmicas estáticas como se muestra en la imagen.



**Figura 3-8 Cortante Basal para dirección en Y.**



**Figura 3-9 Cortante Basal para dirección en X.**

Para el análisis modal espectral se tomó en consideración la traslación en X, Y y la rotación en Z en cada piso, verificando que el modelo alcance al menos el 90 % de la masa total para que este cumpla con lo que establece la NEC. la imagen muestra los periodos obtenidos y la sumatoria de la masa participativa.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Case	Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
		sec						
Modal	1	0.497	0.7223	0.002	0.7223	0.002	0.0106	0.0106
Modal	2	0.474	0.0024	0.7998	0.7248	0.8019	0.0037	0.0143
Modal	3	0.396	0.0074	0.0044	0.7322	0.8063	0.7586	0.7729
Modal	4	0.211	0.1575	0.0000152	0.8897	0.8063	0.0009	0.7738
Modal	5	0.161	0.0002	0.1233	0.8899	0.9296	0.0103	0.7841
Modal	6	0.15	0.0014	0.01	0.8914	0.9397	0.1341	0.9182
Modal	7	0.105	0.1046	0.0001	0.996	0.9397	0.0026	0.9208
Modal	8	0.087	0.0006	0.0569	0.9965	0.9966	0.0048	0.9257
Modal	9	0.078	0.0035	0.0034	1	1	0.0743	1
Modal	10	0.011	0.000001511	0	1	1	0.000001643	1
Modal	11	0.01	0	0	1	1	0	1
Modal	12	0.009	0	0.000001098	1	1	9.654E-07	1

Figura 3-10 Participación de masa modal.

Etabs permite realizar un análisis de fuerzas sísmicas dinámico, ejecutando el espectro de respuesta inelástico según la normativa NEC-15 sin embargo este espectro de respuesta fue realizado en hojas de cálculo adicional para comprobar que los resultados sean certeros.

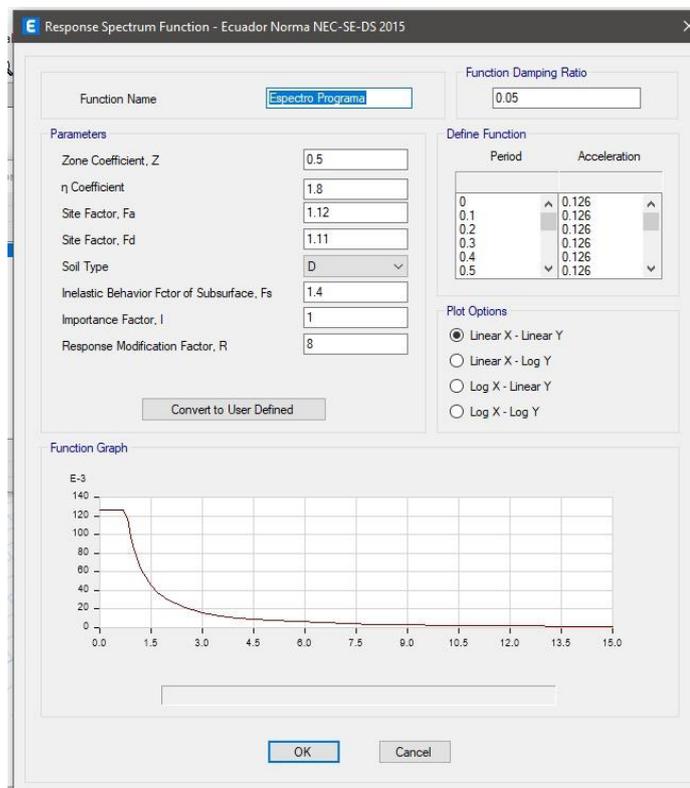
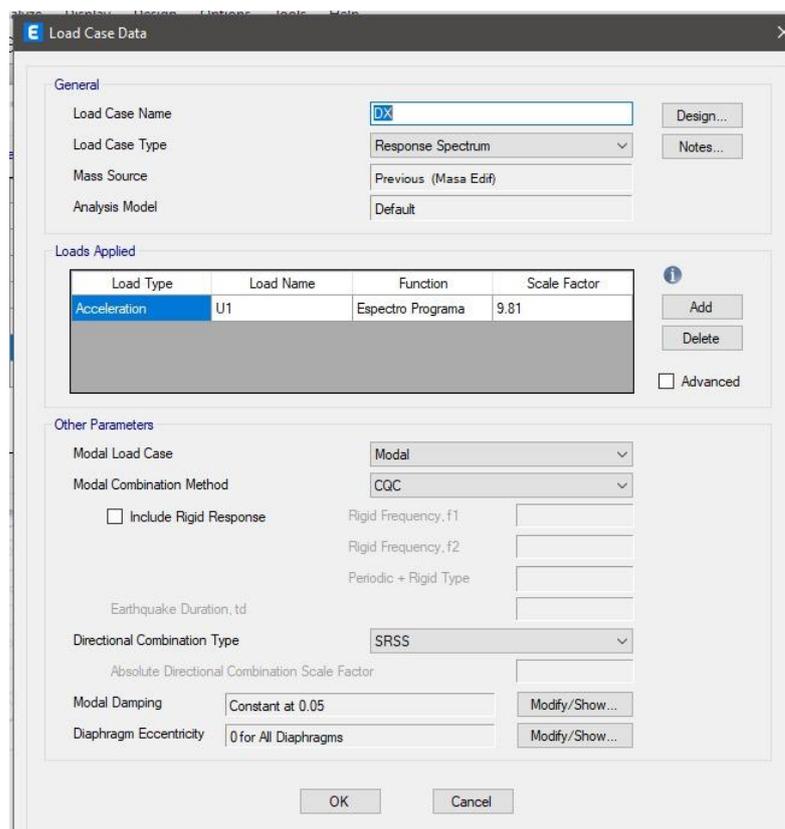


Figura 3-11 Espectro de respuesta inelástico del Etabs.

En la parte de load cases se modifica DX y DY para que sea tipo de espectro de respuestas, se le asigna el espectro creado por el programa con un factor de 9.81 que es el valor de la gravedad usando las direcciones U1 y U2 respectivamente.



**Figura 3-12 Asignacion en Load Cases el espectro de respuesta.**

- Control de derivas

Cuando la estructura se enfrente a un evento sísmico, este desarrollara diferentes desplazamientos por piso en función a la altura. Estos desplazamientos pueden provocar daños irreparables como el colapso de la edificación poniendo en riesgo la vida humana. Por ello las normativas establecen límites máximos en las derivadas inelásticas según la altura del edificio, pues se espera que durante un sismo la estructura disipe energía. Para una estructura de hormigón armado según la NEC-15 el límite máximo corresponde a un valor del 2%.

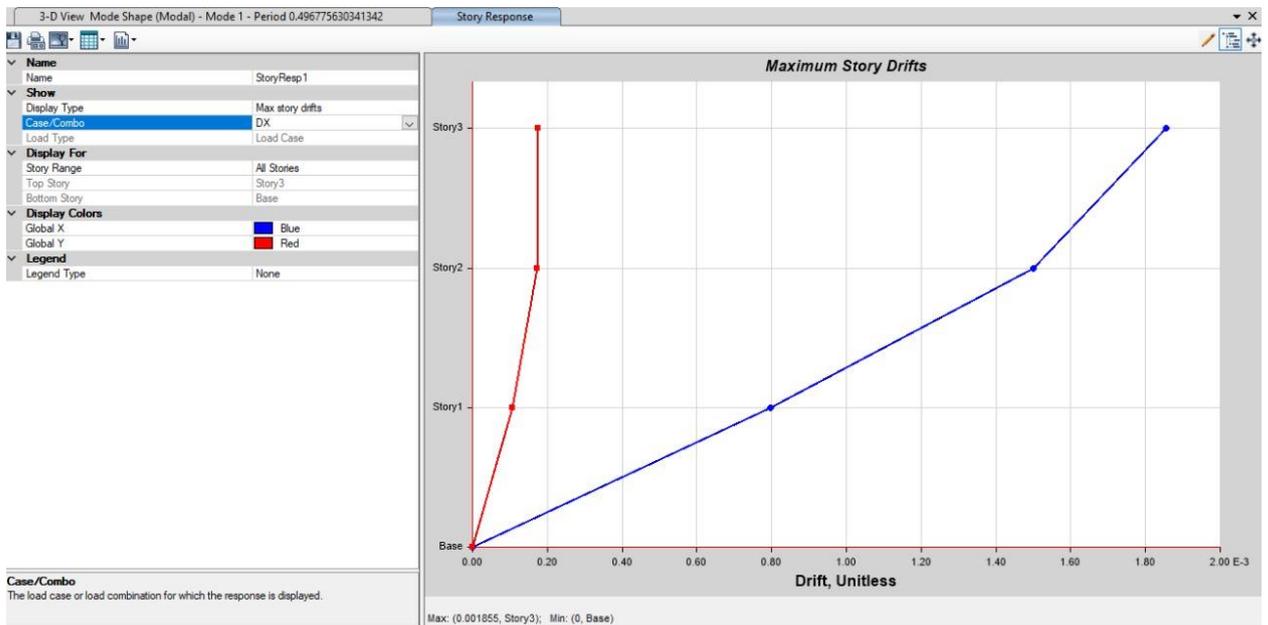


Figura 3-13 Verificación de derivas en la dirección X.

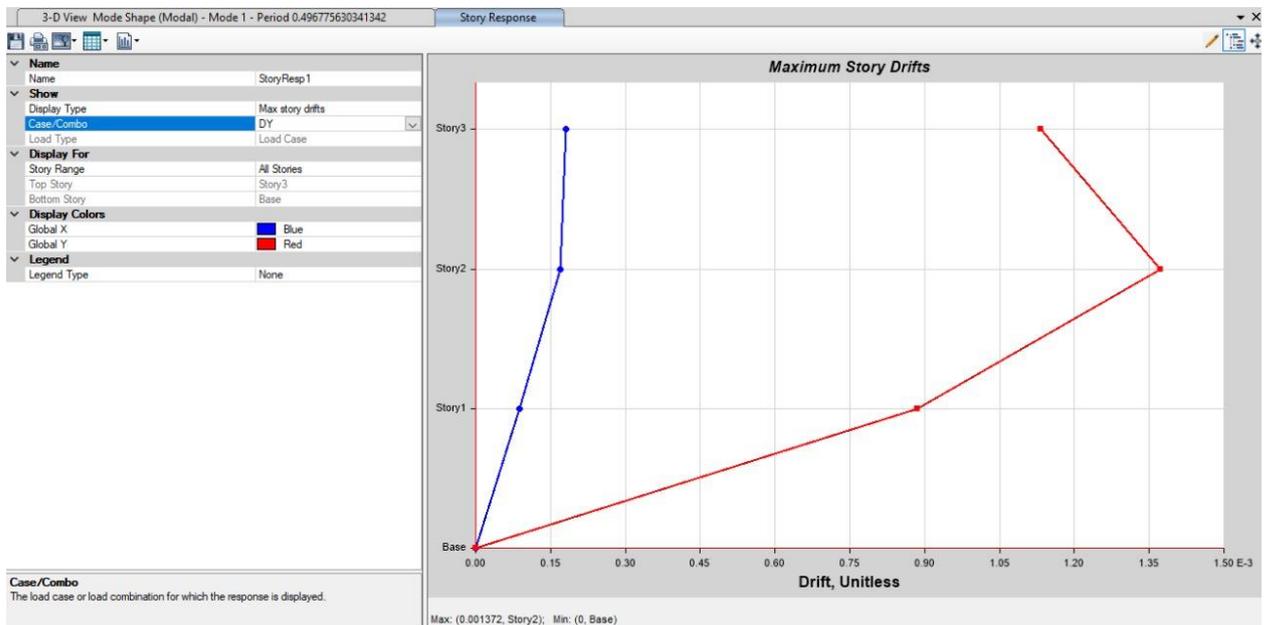
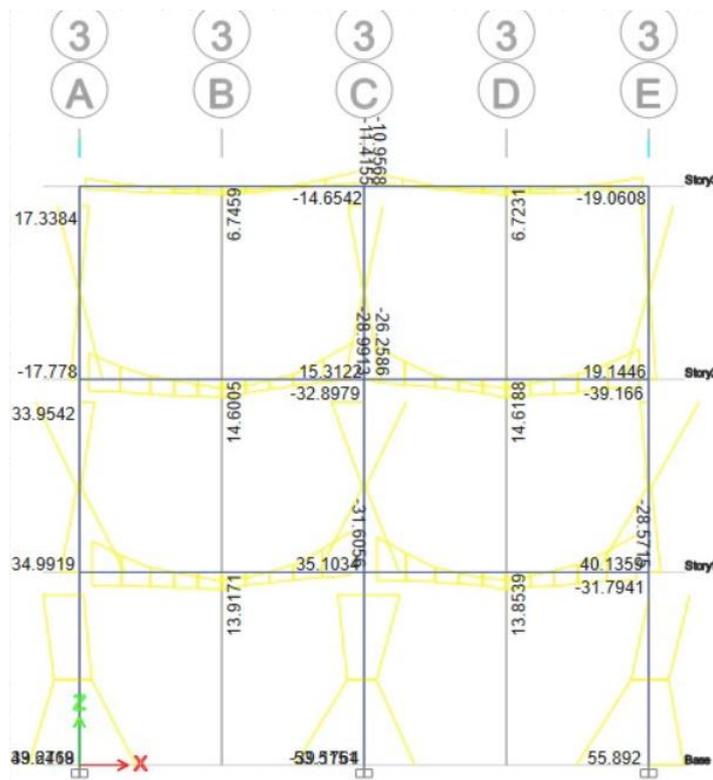


Figura 3-14 Verificación de derivas en la dirección Y.

### 3.1.3 Diseño de elementos estructurales (Losa Aligerada, Vigas y Columnas).

- Diseño de losa

Según los cálculos que se desarrollaron en la parte del predimensionamiento el espesor de la losa se obtuvo un valor de  $e = 25\text{cm}$  y mediante las cargas estimadas se calcula la carga ultima de diseño para encontrar los momentos positivos y negativos. De tal manera estos valores pueden ser comparados con el modelo del SAP y se diseña con el máximo valor.



**Figura 3-15 Diagramas de momentos de cada elemento estructural.**

$$1.4 \text{ CM} + 1.6 \text{ CV} = 5.233 \text{ kN/m}$$

Para el cálculo de los momentos nos basamos en la tabla 6.5.2 del ACI-19 momentos aproximados para vigas continuas no preesforzadas, tomando en consideración que en este caso el diseño de losa se realizara en dos tramos por lo que los momentos negativos en los extremos se calcularan con  $\frac{w_u * l_n^2}{16}$  y el momento negativo del centro será  $\frac{w_u * l_n^2}{9}$  para cara exterior del primer apoyo interior de dos vanos. Finalmente, para el cálculo de momentos positivo en el centro de cada viga será calcula mediante  $\frac{w_u * l_n^2}{14}$  que es para vanos externo discontinuo con el apoyo.

**Tabla 6.5.2 — Momentos aproximados para vigas continuas no preesforzadas y losas en una dirección**

Momento	Localización	Condición	$M_u$
Positivo	Vanos extremos	Extremo discontinuo monolítico con el apoyo	$w_u \ell_n^2 / 14$
		El extremo discontinuo no está restringido	$w_u \ell_n^2 / 11$
	Vanos interiores	Todos	$w_u \ell_n^2 / 16$
Negativo <sup>(1)</sup>	Cara interior de los apoyos exteriores	Miembros construidos monolíticamente con viga dintel de apoyo	$w_u \ell_n^2 / 24$
		Miembros construidos monolíticamente con columna como apoyo	$w_u \ell_n^2 / 16$
	Cara exterior del primer apoyo interior	Dos vanos	$w_u \ell_n^2 / 9$
		Más de dos vanos	$w_u \ell_n^2 / 10$
	Las demás caras de apoyos	Todas	$w_u \ell_n^2 / 11$
	Cara de todos los apoyos que cumplan (a) o (b)	(a) Losas con luces que no excedan de 10 pies (b) Vigas en las cuales la relación entre la suma de las rigideces de las columnas y la rigidez de la viga exceda de 8 en cada extremo del vano	$w_u \ell_n^2 / 12$

<sup>(1)</sup> Para calcular los momentos negativos,  $\ell_n$  debe ser el promedio de las luces de los vanos adyacentes.

**Figura 3-16 Código ACI-318 Momentos aproximados para vigas.**

Según los cálculos realizados podemos comparar los valores obtenidos mediante cálculos y compararlo con los valores que el programa Etabs nos brinda. En este caso se toma la decisión de trabajar el diseño de la losa aligerada con los valores obtenidos del Etabs debido a que sus valores son mayores como se puede observar en la siguiente tabla.

Momentos	Valores Calculados	Valores del Etabs
<b>Momentos Negativos (kN*m)</b>		
Cara interior de los apoyos exteriores	6.332	7.945
Cara exterior del primer apoyo interior (dos vanos)	11.257	15.843
Cara interior de los apoyos exteriores	6.332	8.860
<b>Momentos Positivo (kN*m)</b>		
Vanos externos	7.236	8.610

Vanos externos	7.236	9.095
----------------	-------	-------

**Tabla 3-4 Momentos obtenido mediante cálculos y ETABS.**

Mediante el cálculo de acero mínimo que requiere las viguetas, se halla mediante la ecuación:

$$A_{s_{min}} = \frac{M_n}{0.9 * 0.9 * f_y * d}$$

Donde:

*M<sub>n</sub>*: momento nominal

*d*: peralte calculado

Se procede a calcular el área de la varilla estimada para el diseño y así hallar la cantidad de varillas que requiera las losa, obteniendo como resultados el uso de varilla  $\phi 14$ .

Momentos Negativos	Cantidad de varillas
Cara interior de los apoyos exteriores	1
Cara exterior del primer apoyo interior (dos vanos)	2
Cara interior de los apoyos exteriores	1
Momentos positivos	
Vanos externos	1
Vanos externos	1

**Tabla 3-5 Cantidad de varillas longitudinales para losa.**

Para el diseño a cortante se asume estribos de 10 mm y obtenemos el valor del cortante que nos proporciona el Etabs con un valor de  $V_u = 16.49 \text{ kN}$ . Verificamos si  $V_u$  es menor o igual al  $0.5 * \phi V_c$  para determinar la separación que debe tener según lo que indique la tabla.

$$\phi V_c = 0.75 * (0.53 * \sqrt{f'_c} * b_w * d) = 11.467 \text{ kN}$$

$$S_{est} = \frac{0.75 * A_v * f_y * d}{V_s} = 97.99 \text{ cm}$$

		$V_u \leq 0.5V_c$	$0V_c \geq V_u > 0.50V_c$	$V_u > 0V_c$
Área de estribos requerido		Ninguna	MAYOR ENTRE: $\frac{0.062\sqrt{f'_c} * bw * s}{f_{yt}}$ $\frac{0.35bw * s}{f_{yt}}$	$\frac{(V_u - 0V_c)s}{\phi f_{yt} * d}$
	Requerido	Ninguna	Menor entre: $\frac{A_v * f_{yt}}{0.062\sqrt{f'_c} * bw}$ $\frac{A_v * f_{yt}}{0.35 * bw}$	$\frac{\phi A_v * f_{yt} * d}{(V_u - 0V_c)}$
Separación entre estribos	Máximo	Ninguna	$\frac{d}{2}$	Si: $V_s \leq 0.33\sqrt{f'_c} * bw * d$ $\frac{d}{2}$ o 600mm
			600mm	Si: $V_s > 0.33\sqrt{f'_c} * bw * d$ $\frac{d}{4}$ o 300mm

Figura 3-17 Código para establecer área y separación de estribos.

Por lo tanto, el área para el estribo de 10 mm será igual a 0.785 cm<sup>2</sup> y la separación que tendrá un valor de 98 cm según lo calculado. Para el diseño por retracción y temperatura se obtiene un valor de 8φ6mm mediante las fórmulas siguientes.

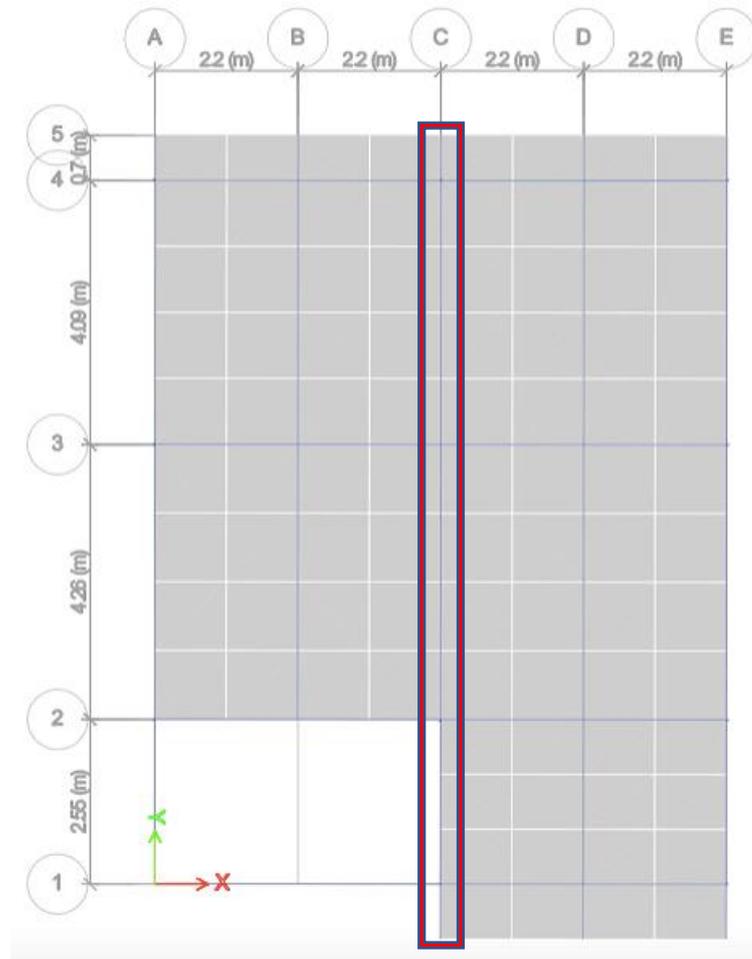
$$\rho = \frac{0.0018 * f'_c}{f_y} = 0.0018$$

$$A_s = \rho * a_{tributario} * e_{losa} = 4.589 \text{ cm}^2$$

$$n_{varillas} = \frac{A_s}{6 \text{ mm}} = 7.65 \approx 8 \text{ varillas}$$

- Diseño de vigas

Para este el proceso del diseño se ha tomado en consideración realizar el diseño en el eje C como se muestra en la figura, ubicada en la primera planta siguiendo las recomendaciones y requerimientos de las NEC-2015 y el ACI-318. Para el resto de viga de cada piso se realizará el mismo procedimiento, pero se obtendrán diferentes resultados según la ubicación de cada viga.



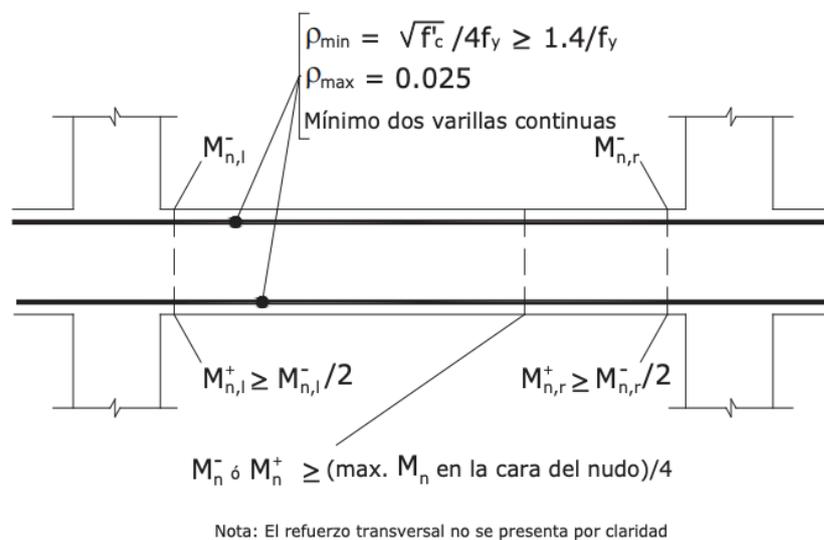
**Figura 3-18 Vigas seleccionada para realizar los cálculos para el diseño.**

Para el diseño por deflexión como requisito para el refuerzo longitudinal se debe tener en cuenta que como mínimo debe existir dos barras de refuerzo en la parte superior como para la parte inferior de manera continua a lo largo del todo el elemento.

Para logra un comportamiento dúctil es necesario que en los momentos positivos de los extremos de cada viga debe ser al menos la mitad al momento negativos en los extremos es decir  $M^+ \geq 0.5M^-$ . Las normativas establecen que el valor de la cuantía para el refuerzo longitudinal debe ser como maximo el 2.5% para evitar congestión de varillas que no permitan dar paso al hormigón al momento de este ser vaciado en sitio. En este caso que se busca tener un comportamiento dúctil en la viga se debe evitar elevadas cantidades de acero es por eso que la cuantía será considerada un valor menor al 1%.

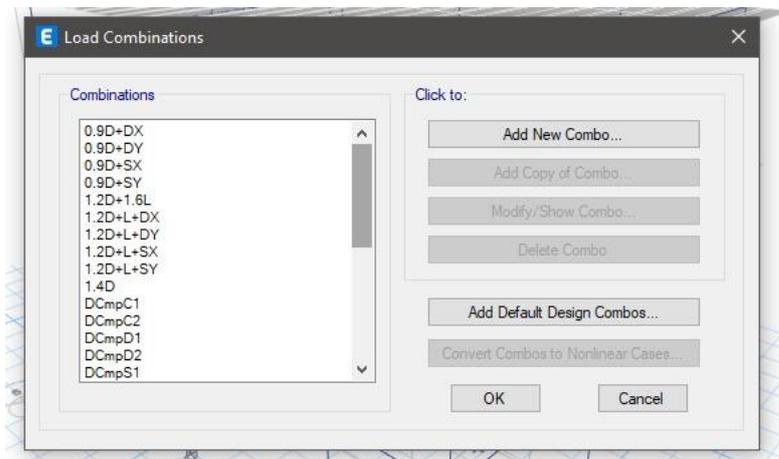
Para determinar el acero longitudinal existe una cantidad de acero mínimo que se debe respetar y se calcula para dar suficiente capacidad a los elementos en flexión mediante la siguiente ecuación (Kg/cm<sup>2</sup>; cm):

$$A_{S \min} = 0.8 * \frac{\sqrt{f'c}}{f_y} * b * d \geq \frac{14}{f_y} * b * d$$



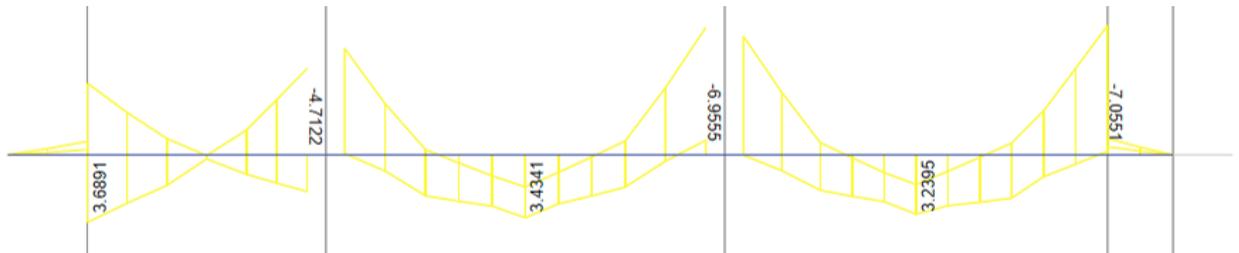
**Figura 3-19 Requerimientos para el diseño de vigas según la NEC-2015.**

Para los valores de momentos que necesitamos se obtienen directo del Etabs para realizar el diseño por flexión. En el programa Etabs se definió las combinaciones de cargas establecida por la NEC-2015 para establecer la envolvente.



**Figura 3-20 Combinación de cargas realizadas en el ETABS.**

Y como resultados podemos obtener valores de envolvente máximo y mínimo en los extremos y centro de cada viga del eje C los valores se obtienen en (Ton\*m).



**Figura 3-21 Valores de los momentos de la viga del eje C.**

Como primer paso se debe verificar las dimensiones de la sección de la viga, es decir verificar si la relación entre la luz y el peralte efectivo debe exceder a 4 como también la base de la viga debe ser mayor a 3 veces la altura o como mínimo debe tener un valor de 25 cm.

Se determina el refuerzo requerido a flexión, con los momentos obtenidos del ETABS se obtiene valores en los extremos positivos y negativos y los momentos en el centro de la viga, también se tomó en consideración que el área del acero debe ser mayor o igual al acero mínimo. Luego se procedió a determinar el diámetro de varillas y el número de varillas que se necesitara por cada tramo de la viga y por último la cuantía de refuerzo que se considero debe ser mayor a la máxima permitida.

	Ubicacion	Extremo Izq	En medio	Extremo Der
<b>Mu (Ton*m)</b>	Sup.	5.799	1.761	6.955
	Inf.	0.066	3.434	0.793
<b>As req (cm<sup>2</sup>)</b>	Sup.	4.956	-	5.943
	Inf.	0.056	2.394	0.678
<b>As min (cm<sup>2</sup>)</b>	Sup. e Inf.	3.68	3.68	3.68
<b># Varillas req</b>	Sup.	4	-	4
	Inf.	3	3	3
<b>As real (cm<sup>2</sup>)</b>	Sup.	6.032	-	6.032
	Inf.	1.571	3.142	1.571
<b>Refuerzo Final</b>	Sup.	4φ14	-	4φ14
	Inf.	3φ12	3φ12	3φ12

**Figura 3-22 Acero longitudinal calculado para la viga.**

Para que el elemento estructural sea dúctil es importante generar rotulas plásticas en los extremos de las vigas de manera que se logra incursionar el rango inelástico para disipar energía durante un evento sísmico y así evitar el colapso. Las normativas como la NEC-2016 y el ACI-318 indica que la zona donde se forma las rotulas plásticas se encuentre a 2h donde h es la altura de la viga.

Se determina la resistencia a la corte proporcionada por el concreto multiplicado por  $\phi=0.75$ .

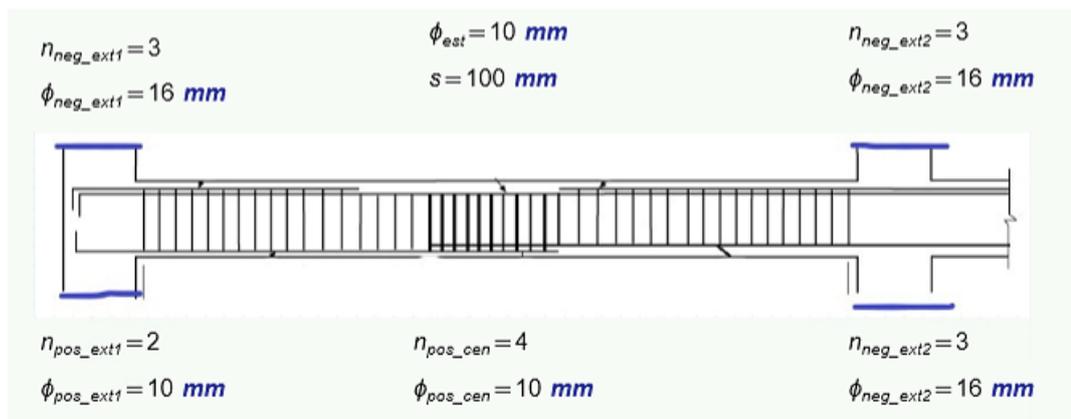
$$\phi V_c = (0.75) * 0.17 * \lambda * \sqrt{f'c} * b * d = 1.57 \text{ tonnef}$$

Se debe comprobar que  $V_s$  no exceda a un  $V_s$  max donde;

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = 7.38 \text{ tonnef}$$

$$V_{s \text{ max}} = 0.66 * \sqrt{f'c} * b * d = 8.12 \text{ tonnef}$$

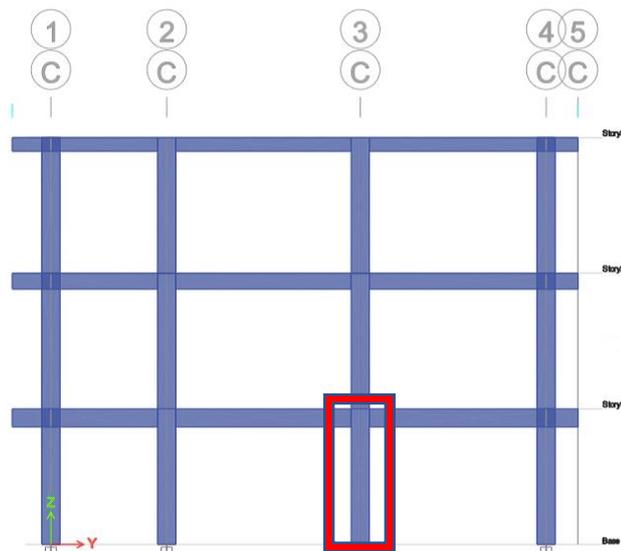
Usando la tabla que se utilizó para el diseño de la viga de la losa nervada se halla el área del acero y la separación que deben tener en este caso se determinó  $\phi 10$  c/100mm. Finalmente el diseño total de la viga se muestra en la siguiente imagen, donde indica la cantidad de acero longitudinal y sus diámetros y la separación de estribos.



**Figura 3-23 Detalle estructural para vigas**

- Diseño de columnas

En esta sección se procederá a realizar los cálculos de la viga inferior central, situada en el eje C3.



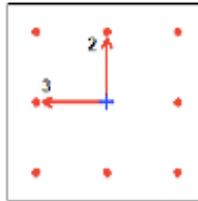
**Figura 3-24 Columna seleccionada para el diseño.**

Para realizar el diseño se obtendrá los valores que el ETABS nos proporciona como las cargas axiales y momentos que las columnas deben soportar. Para el diseño por flexo compresión se obtuvo gracias a las combinaciones de cargas realizadas.

TABLE: Element Forces - Columns										
Column	Output Cas	Case Type	Step Type	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
				m	tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
C17	1.4D	Combination		0	-54.7076	0.0011	0.0375	-0.0042	0.0327	0.0013
C17	1.4D	Combination		1.3	-54.0079	0.0011	0.0375	-0.0042	-0.016	-0.0001
C17	1.4D	Combination		2.6	-53.3082	0.0011	0.0375	-0.0042	-0.0647	-0.0016
C17	1.2D+1.6I	Combination		0	-62.8351	-4E-05	0.0485	-0.0053	0.0428	-0.0009
C17	1.2D+1.6I	Combination		1.3	-62.2353	-4E-05	0.0485	-0.0053	-0.0202	-0.0009
C17	1.2D+1.6I	Combination		2.6	-61.6356	-4E-05	0.0485	-0.0053	-0.0833	-0.0008
C17	0.9D+SX	Combination	Max	0	-35.191	3.2044	0.0252	0.0148	0.0222	5.3451
C17	0.9D+SX	Combination	Max	1.3	-34.7412	3.2044	0.0252	0.0148	-0.0107	1.1794
C17	0.9D+SX	Combination	Max	2.6	-34.2914	3.2044	0.0252	0.0148	-0.0427	-2.7962
C17	0.9D+SX	Combination	Min	0	-35.1915	3.0031	0.024	-0.0996	0.0198	5.0119
C17	0.9D+SX	Combination	Min	1.3	-34.7417	3.0031	0.024	-0.0996	-0.0115	1.1078
C17	0.9D+SX	Combination	Min	2.6	-34.2919	3.0031	0.024	-0.0996	-0.0435	-2.9864
C17	0.9D+SY	Combination	Max	0	-34.6359	0.0418	2.674	0.0547	4.9635	0.0687
C17	0.9D+SY	Combination	Max	1.3	-34.1861	0.0418	2.674	0.0547	1.4873	0.0144
C17	0.9D+SY	Combination	Max	2.6	-33.7363	0.0418	2.674	0.0547	-1.9884	0.0945
C17	0.9D+SY	Combination	Min	0	-34.6362	-0.1005	2.6732	-0.0262	4.9618	-0.1668
C17	0.9D+SY	Combination	Min	1.3	-34.1864	-0.1005	2.6732	-0.0262	1.4867	-0.0362
C17	0.9D+SY	Combination	Min	2.6	-33.7366	-0.1005	2.6732	-0.0262	-1.989	-0.0399
C17	1.2D+L+S	Combination	Max	0	-56.8783	3.2041	0.0435	0.0129	0.0384	5.3441
C17	1.2D+L+S	Combination	Max	1.3	-56.2786	3.2041	0.0435	0.0129	-0.0182	1.1789
C17	1.2D+L+S	Combination	Max	2.6	-55.6789	3.2041	0.0435	0.0129	-0.074	-2.7962
C17	1.2D+L+S	Combination	Min	0	-56.8788	3.0027	0.0423	-0.1015	0.036	5.0109
C17	1.2D+L+S	Combination	Min	1.3	-56.2791	3.0027	0.0423	-0.1015	-0.019	1.1073
C17	1.2D+L+S	Combination	Min	2.6	-55.6793	3.0027	0.0423	-0.1015	-0.0747	-2.9864
C17	1.2D+L+S	Combination	Max	0	-56.3232	0.0414	2.6923	0.0527	4.9797	0.0677
C17	1.2D+L+S	Combination	Max	1.3	-55.7235	0.0414	2.6923	0.0527	1.4798	0.0139
C17	1.2D+L+S	Combination	Max	2.6	-55.1238	0.0414	2.6923	0.0527	-2.0197	0.0945
C17	1.2D+L+S	Combination	Min	0	-56.3236	-0.1009	2.6914	-0.0282	4.978	-0.1678
C17	1.2D+L+S	Combination	Min	1.3	-55.7238	-0.1009	2.6914	-0.0282	1.4792	-0.0367
C17	1.2D+L+S	Combination	Min	2.6	-55.1241	-0.1009	2.6914	-0.0282	-2.0202	-0.0399

**Figura 3-25 Valores de cargas axiales, cortantes, momentos y torsión para la columna.**

Las normativas ecuatorianas establecen que la cuantía mínima y máxima de acero corresponde a los valores de 1% y 6% respectivamente, pero por facilidad en obra se recomienda que la cuantía no supere el 3%, en este proceso se optó trabajar una cuantía del 1.8% para el diseño de columnas. El diagrama de interacción dependerá de la sección transversal que tenga la columna y la cantidad de acero que esta disponga. El modelo cuenta con tres secciones diferentes, columnas de 30X40 usando varillas de 18mm, columnas de 30X35 usando varilla de 16 mm y 14 mm, para el primer y segundo piso respectivamente.



Column Element Details (Summary)

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (m)	LLRF	Type
Story1	C17	10	C40X40	DCenS6	0	3	1	Sway Special

Section Properties

b (m)	h (m)	dc (m)	Cover (Torsion) (m)
0.4	0.4	0.057	0.0273

Material Properties

$E_c$ (tonf/m <sup>2</sup> )	$f'_c$ (tonf/m <sup>2</sup> )	Lt.Wt Factor (Unitless)	$f_y$ (tonf/m <sup>2</sup> )	$f_{yt}$ (tonf/m <sup>2</sup> )
2173706.51	2100	1	42000	42000

Design Code Parameters

$\phi_c$	$\phi_{c,flex}$	$\phi_{c,flex}$	$\phi_{vs}$	$\phi_{vs}$	$\phi_{vs,flex}$	$\Omega_c$
0.9	0.65	0.75	0.75	0.6	0.85	2

Axial Force and Biaxial Moment Design For  $P_{u1}$ ,  $M_{u2}$ ,  $M_{u3}$

Design $P_{u1}$ tonf	Design $M_{u2}$ tonf-m	Design $M_{u3}$ tonf-m	Minimum $M_2$ tonf-m	Minimum $M_3$ tonf-m	Rebar % %	Capacity Ratio Unitless
60.5527	1.6495	-5.3184	1.6495	1.6495	0.77	0.516

Axial Force and Biaxial Moment Factors

	$C_m$ Factor Unitless	$\delta_{vs}$ Factor Unitless	$\delta_s$ Factor Unitless	K Factor Unitless	Effective Length m
Major Bend(M3)	0.375092	1	1	1	2.6
Minor Bend(M2)	0.39991	1	1	1	2.6

Shear Design for  $V_{u2}$ ,  $V_{u3}$

	Shear $V_u$ tonf	Shear $\phi V_o$ tonf	Shear $\phi V_s$ tonf	Shear $\phi V_p$ tonf	Rebar $A_v/s$ m <sup>2</sup> /m
Major, $V_{u2}$	3.8676	11.303	0	3.8637	0
Minor, $V_{u3}$	5.2215	11.303	0	5.1806	0

Figura 3-26 Detalles de la columna obtenido del ETABS.

Para establecer si la sección y acero de refuerzo están adecuados para la estructura se procedió a obtener el diagrama de interacción que nos proporcionado el ETABS mediante un análisis de deformaciones del acero de refuerzo y del hormigón. La tabla nos proporciona los puntos que formaran el diagrama de interacción tanto para el sentido X y sentido Y, es decir M2 y M3 respectivamente junto a la fuerza axial que soporta los elementos estructurales.

Finalmente, las siguientes figuras representan el diagrama de interacción donde se puede observar que los puntos que representan las combinaciones de carga se encuentran dentro de las curvas establecidas tanto para el sentido X y Y. De tal manera se estima que el diseño es aceptable para el refuerzo longitudinal y será capaz de soportar las cargas a que se someta la columna. Es necesario, además optimizar las secciones y cantidad de varilla si el programa muestra una sobredimensión.

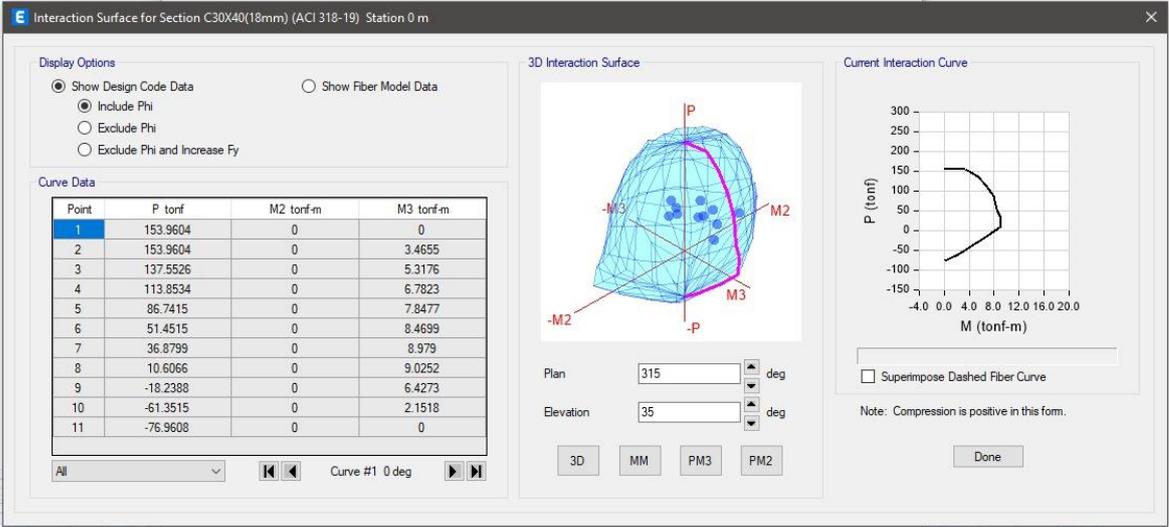


Figura 3-27 Diagrama de interacción para columnas de 30X40cm.

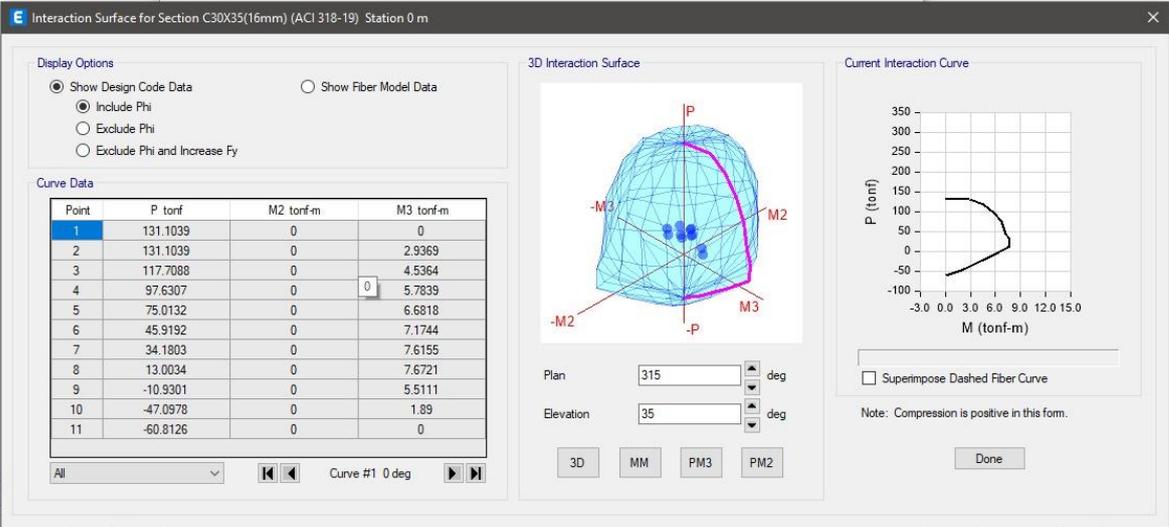
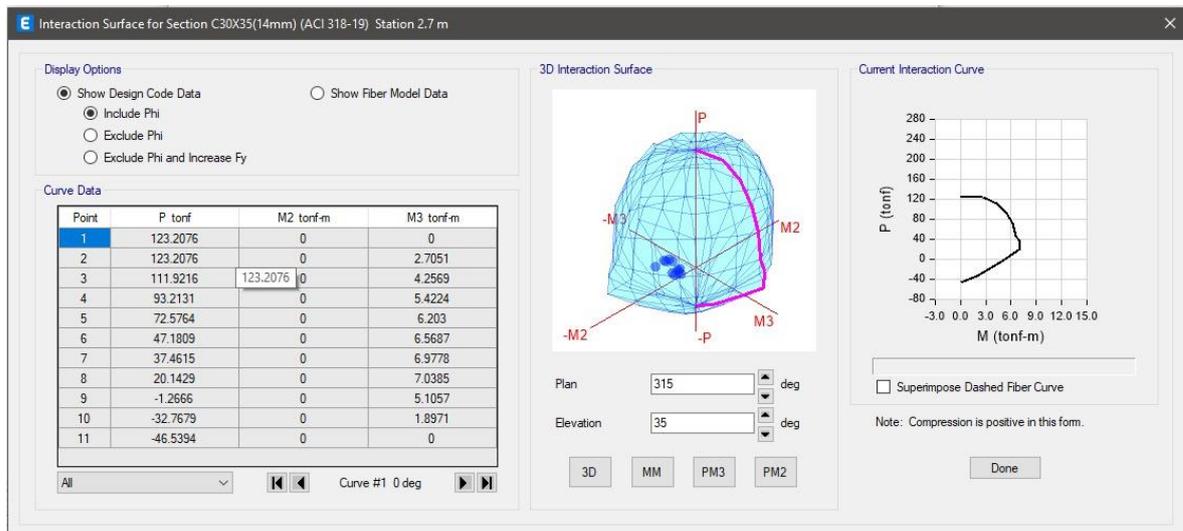


Figura 3-28 Diagrama de interacción para columnas de 30X35 cm (16 mm).



**Figura 3-29 Diagrama de interacción para columnas de 30X35 cm (14mm).**

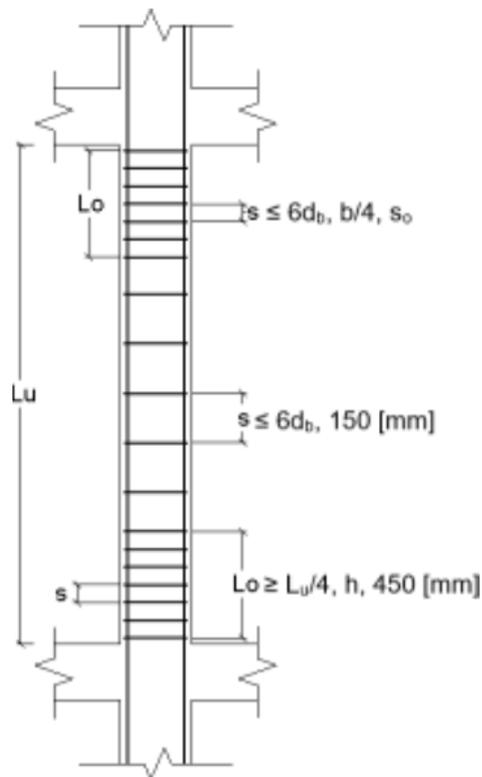
Para evitar fallas frágiles se debe realizar un adecuado diseño por confinamiento según establece el código ACI-318 para evitar fallas debidas al cortante que puede provocar un evento sísmico. Las columnas se le debe proporcionar un confinamiento a lo largo de su longitud, medida desde la cara de cada nudo. En dicha longitud se debe tener en cuenta varios puntos como:

- La longitud no debe ser menor a una sexta parte de la luz libre.
- La longitud no debe ser menor a la máxima dimensión de su sección transversal.
- La longitud no debe ser menor a 450 mm.

Los valores para la separación de los estribos se recomiendan que no debe ser menor a:

- La cuarta parte de la menor dimensión de la sección transversal.
- Las separaciones no deben ser mayor a 150 mm ni menor a 100 mm.
- Seis veces el diámetro de la barrar con menor área del refuerzo longitudinal.

Para el resto de la columna las separaciones que se deben tomar en consideración se rigen bajo la siguiente imagen:



**Figura 3-30 Separaciones establecidas para los estribos.**

El criterio de columna Fuerte-Viga Débil busca la formación de rotulas plásticas en las vigas y no en las columnas para la disipación de energía. Para esto se debe cumplir que la capacidad a flexión de las columnas debe ser mayor a la capacidad de momentos de las vigas, es decir:

$$\Sigma M_{nc} \geq 1.2 * \Sigma M_{nv}$$

Cuando se presente un sismo las columnas no son las que deben contribuir a la resistencia y rigidez lateral del sistema sismorresistente por lo tanto se debe asegurar que cada nudo entre columnas y vigas cumpla con lo dicho anteriormente.

## **3.2 Especificaciones técnicas**

### **3.2.1 Hormigón $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$**

DESCRIPCIÓN. –

Este rubro incluye la provisión de todos los materiales, equipos y mano de obra necesarios para la preparación de hormigón simple  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  para una viga entrepiso, de la sección transversal especificada en el plano de diseño.

PROCEDIMIENTO. -

Previo a la preparación del hormigón simple en obra, se debe presentar la formulación del diseño del hormigón para la aprobación del inspector respectivo, junto con las calificaciones del agregado para cumplir con NEC 2015. Se debe diseñar a una mayor resistencia para asegurar el cumplimiento con los requisitos de aceptación, NEC Standard 2015 y ACI 318. Debe ser competente en la fabricación de hormigón simple en el sitio para lograr una resistencia a la compresión  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ . Para la aceptación del concreto se debe cumplir con los requisitos especificados en la norma (observancia de las normas técnicas de control de calidad del concreto, control de resistencia, etc. compresión, Parte II, Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Concreto).

Si se utiliza hormigón prefabricado y antes de la compra, se informará al proveedor de las especificaciones del hormigón normal requerido y, en colaboración con el director del proyecto, comprobará la entrega y las condiciones del hormigón en la base del edificio.

ESPECIFICACIONES. -

El contratista deberá utilizar todo el equipo necesario para llevar a cabo el trabajo de manera eficiente y en tiempo y forma; En el caso de la fabricación de hormigón en el sitio, el equipo está sujeto a la aprobación del operador y su disponibilidad en el sitio dependerá del flujo de trabajo utilizado en la aplicación del hormigón. En el caso del hormigón premezclado en sitio, la entrega se realizará mediante camiones de reparto de este producto. El Fiscalizador, para cada caso de fundición de hormigón simple deberá realizar chequeos permanentes de conformidad a un planeamiento de obra, o cronograma de obras para hormigone

UNIDAD: Metro cúbico (m<sup>3</sup>).

MATERIALES MÍNIMOS: Hormigón simple  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , Encofrado

EQUIPO MÍNIMO: Herramienta menor, vibrador, Concretera, Elevador, Moto Mixer, Mixer, Bomba de hormigones.

### **3.2.2 Acero de refuerzo en varillas corrugadas $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$**

DESCRIPCIÓN. -

Por el nombre de Acero de Refuerzo se comprende cómo un conjunto de operaciones necesarias para doblar, cortar, formar ganchos y colocar varillas de acero que son utilizadas para formar el hormigón armado.

PROCEDIMIENTO. -

Para el procedimiento se utiliza hierro dulce laminado del siguiente tipo:

Corrugado de grado extraduro (A-63/42) con una fluencia límite  $f_y = 4.200 \text{ Kg/cm}^2$  en absolutamente todos los elementos que constan en la estructura principal: vigas, estribos, losas, escaleras y columnas. La fluencia límite deberá constar con una descripción y justificación en curvas esfuerzo-deformación. De igual forma las varillas de refuerzo deberán tener las siguientes especificaciones: INEN-136 Especificaciones Stand para acero estructural. ASTM-370 y 372 método standard y definiciones para una prueba de mecánica de productos de acero. INEN-102 especificaciones standard para varillas corrugadas de acero lingote para el refuerzo del concreto.

Cada varilla de refuerzo, con la finalidad de poder garantizar función a la adherencia, deberá cumplir con los requisitos mínimos de la "Corrugaciones de varillas de acero corrugado para el refuerzo de concreto ASTM-305" y se encontrarán libres de excesiva oxidación, escamas u otros agentes que puedan afectar la buena adherencia del concreto con el refuerzo. Si se usa otro tipo de acero, se deberá establecer ciertas pruebas de adherencia en un laboratorio de resistencia de materiales. El módulo de elasticidad del acero deberá ser del orden de los  $2 \times 100.000 \text{ Kg/cm}^2$ .

El acero de refuerzo se podrá doblar ajustándose a los planos e instrucciones de los detalles con las tolerancias son señaladas como permisibles. La operación se deberá realizar en frío y también a una velocidad moderada, mediante medios mecánicos, bajo ningún concepto se permitirá calentar ninguna barra de refuerzo para su doblado.

Las barras que se encuentren dobladas o con torceduras que no se muestren en el plano se las deberá rechazar. Los radios para el doblado de las barras deberán ser indicados en el plano, cuando no esté indicado en el plano, el doblado será de la siguiente manera.

Diámetro (mm)	Radio Mínimo
8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 y 25	3 diámetros
28 y 32	4 diámetros
Mayores de 32	5 diámetros

Las armaduras serán colocadas de tal forma que se encuentren limpias de escamas y estén sueltas de óxido, grasa, pintura o recubrimientos que puedan afectar con la adherencia. Cuando exista una demora en el vaciado del concreto, la armadura se deberá re-inspeccionar y limpiar en caso de que fuera necesario.

Se colocarán las barras de acero en las posiciones que indica el plano y los cortes de la planilla de hierro deberán ser amarradas con alambre en todos sus cruces. También se puede utilizar algún otro elemento metálico en vez de alambre. El amarre deberá sujetar firmemente mientras se vierte el hormigón. Se deberá utilizar alambre galvanizado #18 para amarre.

UNIDAD: Kilogramos (Kg).

MATERIALES MÍNIMOS: Acero de refuerzo, Alambre galvanizado #

EQUIPO MÍNIMO: Herramienta menor, cizalla.

# CAPÍTULO 4

## 4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

### 4.1 Objetivos

#### 4.1.1 Objetivo General

Encontrar la alternativa más adecuada para la construcción del sistema estructural con la finalidad de reducir así el impacto ambiental que puede llegar a producirse en la construcción de la edificación.

#### 4.1.2 Objetivos Específicos

- Concluir en base al estudio de alternativas cuál de los métodos constructivos produce un menor impacto usando una valoración cuantitativa.
- Analizar por medio de una matriz de impacto dificultad las implicaciones de escoger una alternativa de hormigón armado o acero estructural en el sector rural seleccionado.

### 4.2 Descripción del proyecto

Debido a las características del proyecto y dado que propone una investigación experimental se propone trabajar como estudio del impacto ambiental con un análisis de ciclo de vida para poder concluir cuales son las medidas más eficientes para reducir el impacto ambiental en el proyecto.

Durante muchos años se ha considerado que el sector de la construcción es mundialmente una de las fuentes que produce una cantidad significativa de contaminación al medioambiente considerando que los mismo se clasifican en tres categorías como lo son: Los ecosistemas, recursos naturales y el impacto a la comunidad. (Adnan Enshassi, 2014)

Para realizar un correcto estudio de impacto ambiental es necesario revisar la normativa vigente para poder obtener una licencia y permisos de uso y explotación de recursos naturales según lo requiera el ministerio regulador encargado. (Gaviria, 2019)

### **4.3 Metodología**

El proyecto se desarrollará en un sector urbano en la ciudad de Guayaquil que colinda con dos edificaciones en los laterales donde se debe evaluar los impactos que pudieren generarse en el medio ambiente. Se considerarán los procesos con los que se produce el hormigón en obra y los que se usan para el transporte del mismo desde la cantera hasta el sitio, también se considera el transporte de materia prima, el uso, la disponibilidad y todos los impactos que estos presentan. Con estas consideraciones se determinará cual es sistema menos contaminante entre el acero y el hormigón asociados al análisis de ciclo de vida en un sistema estructural.

Dado que el objetivo de un análisis de ciclo de vida ayuda a identificar oportunidades para mejorar el desempeño ambiental de un producto por medio de sus etapas se propone seguir las cuatro fases establecidas en la ISO 14040: 2006 para un ACV que son:

- Definición del objetivo y alcance
- Análisis del inventario
- Evaluación del impacto ambiental
- Interpretación.

### **4.4 Actividades del proyecto**

#### **4.4.1 Preparación del sitio**

##### **4.4.1.1 Emisiones a la atmosfera.**

Para este proyecto es importante identificar que, durante la preparación del suelo, las excavaciones, la construcción, el encofrado y otros procesos existirán partículas de polvo que se liberarán al ambiente. La medida que se propone a fin de controlar estas emisiones es mantener el área de trabajo cubierta e hidratada, en el caso de que sea necesario tanto para el transporte como para su manipulación en sitio.



**Figura 4-1**

#### **4.4.1.2 Aguas residuales**

En el presente proyecto no es necesario el control de las aguas residuales ya que se llevará a cabo en un sector ya urbanizado y regulado. Por lo que la emisión de estas no será un problema que podría generar algún tipo de impacto ambiental. Así mismo podemos decir que las aguas residuales generadas por los trabajadores durante el proceso de construcción serán direccionadas al sistema de drenaje sanitario municipal directamente.

#### **4.4.1.3 Residuos Sólidos**

A diferencia de las aguas residuales una construcción genera una variedad de residuos sólidos y es importante considerar que para esta se producirán residuos como el papel proveniente de los sacos de cemento, plásticos producidos por los contenedores de pintura y aditivos, trozos de maderas usados para encofrado y restos que se producen de manera general.

La medida que se propone para controlar estos residuos sólidos es trasladar los desechos a los depósitos autorizados por el municipio conocidos como escombreras.

### **4.5 Identificación de impactos ambientales**

#### **4.5.1 Impacto en recursos naturales por la producción de Hormigón**

El cemento es la materia prima más comúnmente usada en la construcción de edificaciones en el Ecuador y por lo tanto existen varias canteras producen el mismo. El

cemento es un material polvoriento que al mezclarse con el agua genera una pasta que puede fraguar y endurecerse, el cual también se conoce como conglomerante hidráulico. Cuando hablamos de la producción del concreto el principal impacto que se genera en el medio ambiente se debe a las emisiones de polvo proveniente de los agregado tanto finos como gruesos que se descargan en los puntos de acarreo o consumo en planta, y que tienen como medidas para controlar el impacto el colocar protectores sobre las volquetas o los camiones de traslado, también en el caso del agregado grueso se lo riega usando aspersores hidráulicos con la finalidad de mitigar el polvo proveniente del mismo. Es importante resaltar que la contaminación el proceso de producción también se controla usando silos, colectores, aspiradoras de cemento y vertederos. (Aura Navas de García, 2015)

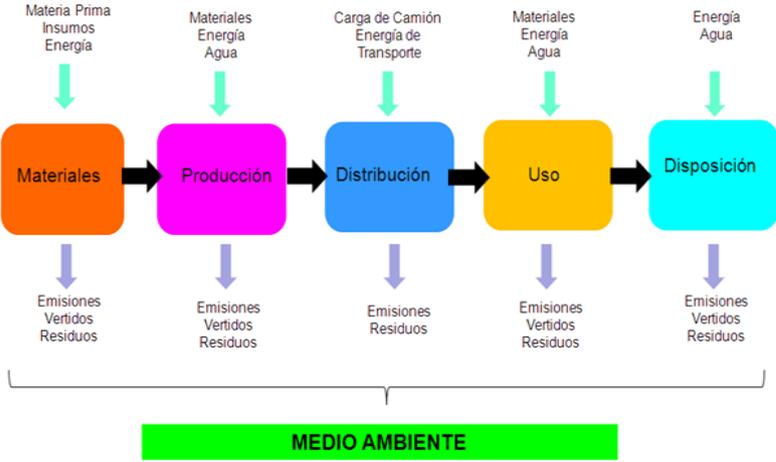


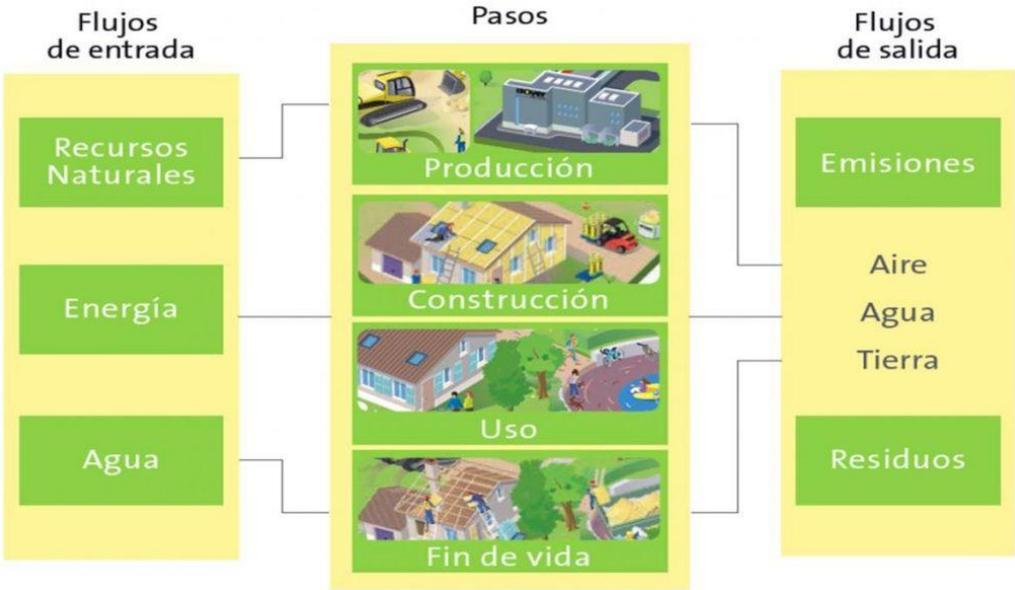
Figura 4-2

**4.5.1.1 Impacto en el agua a raíz de la producción de hormigón**

Durante el proceso de producción de hormigón se usa constantemente agua como materia prima, aunque hasta el momento se ha identificado que durante la fabricación los contaminantes producidos llegan al 8.6% de las emisiones globales de CO2 asociadas a fuentes humanas y durante este proceso se consumen 16.6km3 de agua al año. (COMERCIO, 2018)

Es importante considerar que el agua como materia prima no solo se usa en la producción del cemento y en plantas industriales sino también en la mezcla, en la

hidratación del hormigón para adquirir una resistencia significativa y es necesario que en la mayoría de los casos se realice este proceso de hidratación durante un periodo de 7 días. Las descargas a los efluentes también llegan a producir impactos significativos así como los desechos que se descargan en fuentes hídricas de manera peligrosa para el medio ambiente.



**Figura 4-3**

**4.5.2 Impacto generado por la producción de acero en taller**

La construcción en acero se ha convertido en una alternativa preferencial debido a sus beneficios en cuanto a resistencia, tiempo y entre otros puntos que pueden llegar a ser favorables, sin embargo, el acero y sus desechos los cuales son muchos pueden llegar a ser un problema medioambiental significativo ya que el acero no presenta una degradación con el paso del tiempo o mejor dicho no existe una figura de acero biodegradable.

La elaboración del acero implica la extracción, remoción y el procesamiento de minerales que se encuentran presentes en la superficie de la tierra, los mismos que requieren de grandes recursos para poder ser trasladados los cuales también liberan partículas contaminantes en el medio ambiente y modificaciones significativas en las condiciones naturales del suelo donde se extrae el material.



**Figura 4-4**

#### ***4.5.2.1 Impactos generados en el agua por causa del acero***

Las industrias mineras, las fundidoras y las encargadas de los recubrimientos metálicos contaminan el agua de diferentes formas por medio de las sales y residuos que atacan la flora y la fauna tanto acuática como terrestre y transmiten al ambiente sales de metales como los son el plomo, el zinc, la plata, etc.

Existen metales pesados que son solubles en el agua y son muy tóxicos para el cuerpo humano en caso de su consumo y al mismo tiempo contaminan alimentos que pueden llegar a ser ingeridos por la fauna.



**Figura 4-5**

## 4.6 Identificación y evaluación de impacto ambiental

### 4.6.1 Hormigón

ETAPA	ACTIVIDADES	IMPACTOS ASOCIADOS		
		RECURSOS NATURALES	ENERGÍA	AGUA
<b>Extracción de materia prima</b>	Traslado de maquinarias y uso de las mismas para la extracción de agregados	Cambio en el ecosistema y producción de diseños	Uso de combustibles fósiles para alimentar la maquinaria de extracción y traslado	Reducción considerable de la biodiversidad
<b>Manufacturación de materiales</b>	Procesamiento de materia prima y conversión por medio de maquinarias a base de combustibles fósiles	N/A	Consumo a gran escala de combustibles fósiles	Contaminación del agua y efluentes por descargas industriales
<b>Construcción</b>	Vertido de Hormigón en sitio, trabajos en madera para encofrados, uso de agua para mezcla, lavado e hidratación, etc.	Uso excesivo de madera para andamios y encofrados	Consumo de combustibles fósiles para compactadoras, mezcladoras entre otras	contaminantes vertidos a efluentes por medio del sistema de alcantarillado

<b>Uso del edificio</b>	residencial y habitacional	N/A	Mantenimiento, control e iluminación	contaminantes vertidos a efluentes por medio del sistema de alcantarillado
<b>Demolición</b>	Emisión de partículas de polvo, contaminación auditiva, transporte de desechos, etc.	N/A	Consumo de combustibles para traslado, recolección y eliminación de desechos	Calidad del agua afectada por partículas
<b>Reciclaje y eliminación de desechos</b>	Desechos poco reciclables	EL mal depósito de los desechos produce afectaciones en el suelo	Consumo de combustibles para traslado, recolección y eliminación de desechos	N/A

**Tabla 4.1 Ciclo de vida del Hormigón.**

**[Fuente: ISO 14040: 2006]**

Para el análisis cuantitativo se requiere una recopilación de datos que nos permita conocer la cantidad de Co<sub>2</sub> producida por el producto que nos permita ilustrar como se desarrollan las etapas correspondientes al análisis de ciclo de vida, conociendo así el consumo de agua, energía y las emisiones al ambiente.

<b>ETAPA</b>	<b>IMPACTOS ASOCIADOS</b>		
	<b>RECURSOS NATURALES Kg /Ton CO<sub>2</sub></b>	<b>ENERGÍA (MJ)</b>	<b>AGUA (LT)</b>
<b>Extracción de materia prima</b>	26	65,5	N/A

<b>Manufacturación de materiales</b>	292,5	1217,8	10750
<b>Construcción</b>	26	65,5	N/A
<b>Uso del edificio</b>	26	65,5	N/A
<b>Demolición</b>	9,3	1,4	68
<b>Reciclaje y eliminación de desechos</b>	245	945	N/A

**Tabla 4.2 Análisis cuantitativo del hormigón.**

**[Fuente: ITEC]**

Las cantidades que se presentan en la tabla 4.2 tanto de recursos naturales, energía y agua están relacionadas con la cantidad aproximada que se consume de las mismas por cada tonelada de hormigón desde la extracción hasta el reciclaje y eliminación de los desechos.



**Figura 4-6**

#### **4.6.2 Acero**

<b>ETAPA</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>IMPACTOS ASOCIADOS</b>		
		<b>RECURSOS NATURALES</b>	<b>ENERGÍA</b>	<b>AGUA</b>
<b>Extracción de materia prima</b>	Traslado de maquinarias y uso de las mismas para la extracción de agregados	Cambio en el ecosistema y producción de desechos	Uso de combustibles fósiles para alimentar la maquinaria de extracción y traslado	Explotación excesiva de este recurso

<b>Manufacturación de materiales</b>	Uso de soldadura, consumo excesivo de energía, uso del agua para procesos de enfriamiento.	N/A	Perdida significativa de energía	Contaminación del agua en varias formas y a gran escala.
<b>Construcción</b>	Uso constante de Soldadura industrial, emisión de humo, partículas contaminantes al medio ambiente.	N/A	Consumo de combustibles fósiles para compactadoras, Soldadoras.	Emisión de material particulado a los efluentes.
<b>Uso del edificio</b>	residencial y habitacional	N/A	Mantenimiento, control e iluminación	N/A
<b>Demolición</b>	Emisión de partículas de polvo, contaminación auditiva, transporte de desechos, etc.	N/A	Consumo de combustibles para traslado, recolección y eliminación de desechos	N/A
<b>Reciclaje y eliminación de desechos</b>	Desechos reciclables	N/A	Consumo de combustibles para traslado, recolección y eliminación de desechos	N/A

**Tabla 4.3 Ciclo de vida del Acero.**

**[Fuente: ISO 14040: 2006]**

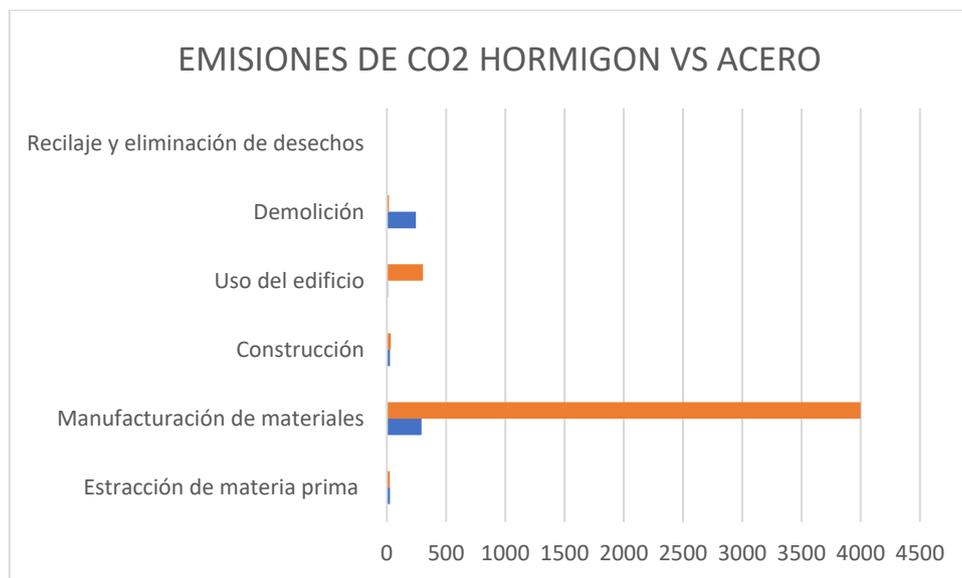
Al igual que el acero se realizó un análisis de ciclo de vida observando las afectaciones existentes por cada una de las fases y de qué forma estas podrían contribuir a los recursos naturales, el manejo de la energía y el agua de forma cuantitativa.

ETAPA	IMPACTOS ASOCIADOS		
	RECURSOS NATURALES Kg /Ton CO2	ENERGÍA (MJ)	AGUA (LT)

<b>Extracción de materia prima</b>	25	41500	95000
<b>Manufacturación de materiales</b>	4000	41500	95000
<b>Construcción</b>	32,6	125	N/A
<b>Uso del edificio</b>	305	2092	N/A
<b>Demolición</b>	18,9	72,2	N/A
<b>Reciclaje y eliminación de desechos</b>	N/A	N/A	N/A

**Tabla 4.4 Análisis cuantitativo del Acero.**

**[Fuente: ITEC]**

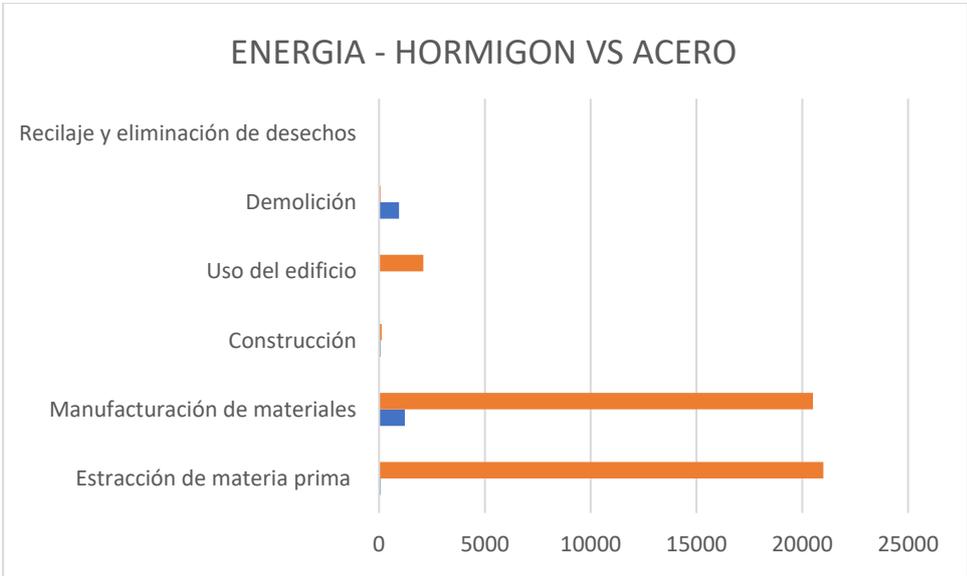


**Gráfica 4.1**

Considerando el análisis cuantitativo de las emisiones de CO2 que se producen por ambos materiales es evidente observar que en la fase de manufacturación o también conocida como producción el acero supera irrefutablemente las emisiones de CO2 sobre el hormigón.

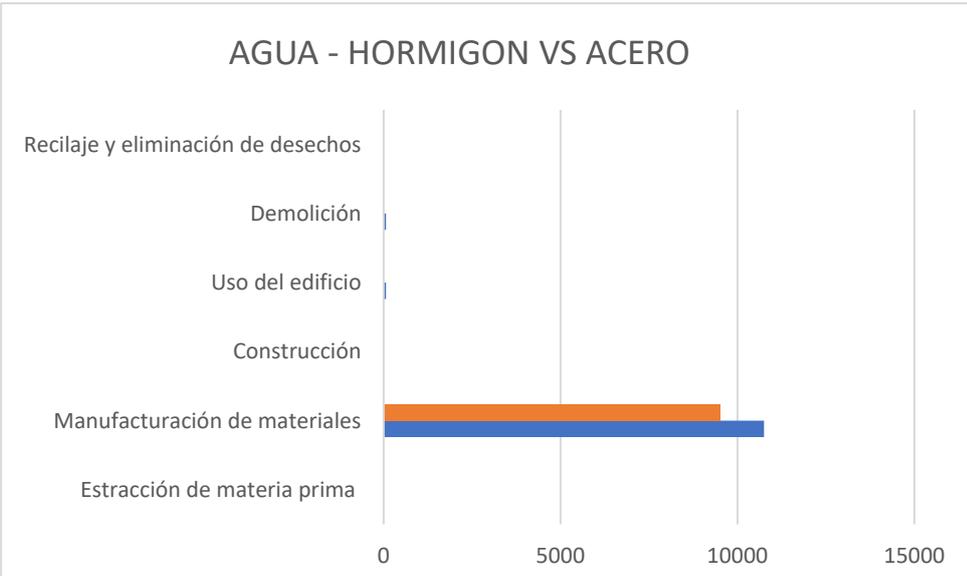
Si bien es cierto podríamos decir que el acero es un material claramente contaminante, pero no podemos dejar de lado las ventajas que presenta el mismo en obra, ya que al ser un material prefabricado produce menos desechos que el hormigón que al poder ser elaborado en obra genera una mayor cantidad de desperdicio tanto de papel como de partículas en el ambiente.

En cuanto al consumo de agua, al ser un material que no requiere ser mezclado en obra no requiere un uso excesivo de agua y se puede disminuir significativamente este punto en cuanto a lo que esa etapa respecta.



**Gráfica 4.2**

Para el consumo de energía podemos notar que en la etapa de producción y extracción de materia se requiere mucha más energía en la línea de producción dado que se trabaja en altas temperaturas a diferencia del hormigón donde el consumo de energía propuesto por la base de datos del ITEC es mínimo.



**Gráfica 4.3**

En la última comparación que respecta al consumo de agua podemos notar que en la producción el hormigón supera ligeramente al acero pero a diferencia de la energía y de la materia prima esta diferencia no se encuentra muy distante principalmente en la etapa de producción ya que en las otras etapas el consumo de agua parece ser casi nulo en el acero.

#### 4.7 Medidas de prevención/mitigación

Sin importar cual sea el proyecto es indispensable establecer medidas que logren atenuar el impacto que puede llegar a producirse en el medio ambiente, usando alternativas como la reducción del cemento tipo Portland con opciones similares que ayuden a reducir los factores establecidos en las tablas mostradas en el punto anterior.

##### 4.7.1 Hormigón

<b>ETAPA</b>	<b>PREVENCIÓN / MITIGACIÓN</b>	<b>RESULTADOS</b>
<b>Extracción de materia prima</b>	Remover la tierra en sectores estratégicos que no afecten la flora y la fauna.	Traslado de maquinarias y uso de las mismas para la extracción de agregados
<b>Manufacturación de materiales</b>	Reemplazar el Clinker con puzolanas como las cenizas volantes o el humo de sílice.	Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> .
<b>Construcción</b>	Hidratar el hormigón con agua reciclada proveniente de otros procesos.	Reducir la cantidad de partículas sueltas en el aire. Reducir la cantidad de agua
<b>Uso del edificio</b>	Establecer contenedores adecuados para el depósito de desechos	Evitar la contaminación de alcantarillas o sistemas sanitarios con una buena gestión
<b>Demolición y reciclaje</b>	Reutilización de los desechos firmes como relleno	Disminuir los costos de corte y relleno gracias a la reutilización de material compactado

**Tabla 4.5**

Así mismo como en la tabla 4.5 se realiza una propuesta de medidas similar para el acero con respecto a las etapas previamente revisadas.

#### 4.7.2 Acero

<b>ETAPA</b>	<b>PREVENCIÓN / MITIGACIÓN</b>	<b>RESULTADOS</b>
<b>Extracción de materia prima</b>	Extraer minerales en sectores estratégicos que no afecten la flora y la fauna.	Traslado de maquinarias y uso de las mismas para la extracción de agregados
<b>Manufacturación de materiales</b>	Usar recursos que permitan reciclar el acero estructural.	Reducción de emisiones de CO2.
<b>Construcción</b>	Constantes mantenimientos en los equipos industriales.	Reducir la emisión de CO2 producido por mecanismos averiados.
<b>Uso del edificio</b>	Establecer contenedores adecuados para el depósito de desechos	Evitar la contaminación de alcantarillas o sistemas sanitarios con una buena gestión
<b>Demolición y reciclaje</b>	Reciclar el acero que proviene de las columnas y vigas.	Someter el proceso a procesos que permita reutilizarlos más adelante.

**Tabla 4.6**

#### 4.8 Conclusiones

- ❖ Después de haber revisado detalladamente las tablas de impacto tanto cuantitativa como cualitativa se concluye que el hormigón sostiene una demanda significativa de agua para poder controlar la producción, emisión de polvo, hidratación y mezclas. Las mismas que pueden llegar a ser aún más preocupantes en comparación con la cantidad de emisiones de CO2 que produce el acero.

- ❖ El acero por otro lado requiere mucha más energía y produce más CO<sub>2</sub> que el hormigón, pero debido a que no se requiere una mezcla en obra la cantidad de agua que se usa para una edificación en acero es mucho menor y requiere mucho menos esfuerzo y genera mucho menos desperdicios.
- ❖ De manera general, aunque produce una cantidad muy grande de CO<sub>2</sub> podemos concluir que el acero es la alternativa ambientalmente más favorable dado que se puede reutilizar en un futuro o someterse a nuevos procesos de reutilización gracias a sus propiedades físicas, también tiene una ventaja en cuanto a los desechos que este produce ya que son muy bajos y el consumo de agua es menor al que se presenta en el hormigón.

#### **4.9 Recomendaciones**

- ❖ Dado que el proyecto comprende el diseño de una edificación desde la parte estructural el análisis de impacto ambiental que resulta más favorable es el análisis de ciclo de vida, sin embargo, también se podía analizar bajo la metodología de Diagnostico de infraestructura (EIA expost) para considerar los puntos más favorables.
- ❖ Si bien es cierto que desde el punto de vista ambiental se concluye que el acero es una alternativa menos contaminante, con la finalidad de reducir costos se recomienda optar por el hormigón y usar las recomendaciones propuestas en las medidas de prevención para poder hacer uso de esta alternativa.
- ❖ Para poder obtener un mejor resultado es preferible que se obtengan los valores referenciales al metro cuadrado de construcción ya que así podemos aterrizar mucho más el estudio a nuestro caso específico.

# CAPÍTULO 5

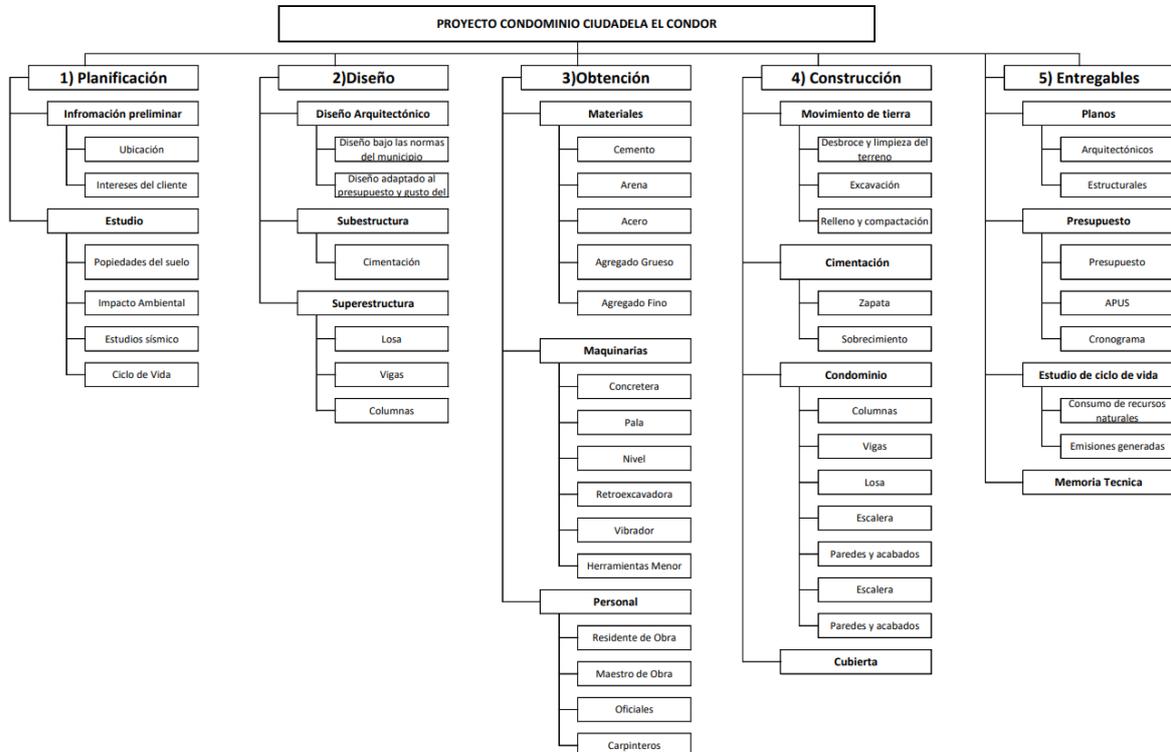
## 5. PRESUPUESTO

### 5.1 EDT

Como se estableció en primera instancia, el presente proyecto realizara una estimación de los costos necesarios para la parte estructural sin considerar otras ingenierías que también están presentes en una obra como lo son la Arquitectónica que está relacionada a la mampostería, la sanitaria y la eléctrica.

Es importante recalcar que para complementar las otras ingenierías y las interferencias que podrían llegar a aparecer en obra se usaron las herramientas de fontanería en Revit y Navisworks la cual es una plataforma que permite crear un recorrido virtual por el proyecto y analizar de forma tridimensional las distribución y ejecución del mismo.

Con la ayuda de una plantilla de construcción proporcionada por Revit también se puede valorar la fusión de todas las ingenierías en un mismo proyecto previniendo de esta forma la existencia de interferencias posibles en campo.



## **5.2 Descripción de rubros**

### **5.2.1 Rubros**

#### **5.2.1.1 Trazado y replanteo**

Esta etapa también conocida como trabajo preliminar se considera la preparación, inspección y limpieza del terreno. Estas actividades en caso de que el terreno no esté listo para empezar la obra pueden llegar a ser significativas ya que los gastos en desalojo, nivelación, compactación y mejoramiento de suelo pueden llegar a ser significativos.

El trazado no solo requiere de la señalización en sitio de cómo se realizará la cimentación, sino que se usan equipos con gran precisión como lo es el nivel y en algunos casos la estación total para delimitar exactamente las dimensiones solicitadas del terreno y no irrumpir en lo establecido por la norma municipal.

Con respecto a la nivelación y el relleno esto se lleva a cabo cuando las condiciones del terreno existente no son las más óptimas para soportar el peso de la estructura o hay muchas irregularidades en el terreno que necesitan ser eliminadas. Por esta razón se requiere el uso de transporte especializado y equipos de excavación para los cimientos. En cuanto al relleno y la compactación esta se realiza hasta que toda la superficie alcanza el nivel deseado y en la misma se usan implementos de sitio para compactación y excavación dependiendo de lo que se solicite.

#### **5.2.1.2 Subestructura o Cimientos**

Este rubro relaciona toda la estructura que va por debajo de nivel del suelo y soporta toda la super estructura como lo son las zapatas, riostras, pilotes, pedestales, etc. En este rubro es importante reconocer que desde antes de la fundición de las zapatas se requiere verter una capa de hormigón donde se apoyaran las mismas conocida como replantillo. La armadura de la parrilla correspondiente a las zapatas se encuentra separada del replantillo por unos dados de hormigón conocidos como galletas que le dan al elemento estructural un recubrimiento inferior como protección a la corrosión.

Las características que debe tener este acero se detallan en los planos estructurales de cimentación que nos especifican el diámetro, la colocación y el recubrimiento a

considerar, pero no nos advierten de consideraciones que se deben tener en sitio. Se debe procurar que los mismos estén libres de arcillas, grasas, oxido o cualquier tipo de impureza que pueda afectar su resistencia futura.

### **5.2.1.3 Superestructura**

En este punto se considera la el encofrado, la fundición, armado, vertido, mezclado y otros puntos importantes en la construcción de columnas, vigas y para nuestro caso losa aligerada en una dirección.

Todos estos puntos antes mencionados se realizan bajo la supervisión de un técnico responsable, ya que el vibrado del hormigón, la longitud de los ganchos, los cortes y la colocación del acero si no se realizan de forma adecuada pueden reducir significativamente el tiempo de vida útil de una edificación.

El hormigón si bien es cierto requiere un control riguroso en su vertido para evitar espacios con pequeñas cámaras de aire que producen agrietamiento y un buen varillado, también quiere de un proceso de fraguado y curado en el cual se considerara también mano de obra en esas actividades.

Uno de los rubros que no podemos pasar por alto es el aligerante de la losa, que para este diseño se usó bloques de 40x20, los mismos que ayudaran a reducir significativamente el peso de la losa y deberá se humedecidos previo al vertido y vibrado del hormigón en sitio. Para la losa se considerará un encofrado metálico y para las columnas y las vigas un encofrado de madera.

## **5.3 Análisis de costos unitarios**

Para la elaboración de los APUS se considera todo lo mencionado en el apartado anterior, así como materiales necesarios para la elaboración del proyecto considerando que se adquirirán en la ubicación más favorable. Para el análisis de precios unitarios se considera una compensación porcentual que llega al 20% de los mismo como gasto indirecto, también se adjunta uno de los rubros analizados en el presente proyecto.

**PROYECTO:** Diseño, estudio y construcción en el Norte de la ciudad de Guayaquil

**UBICACION:** Norte Guayaquil

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 1 de 45

Rubro: LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO

Unidad: m2

Detalle:

Código:

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Herramienta menor (5% MO)					0,06
Subtotal M					0,06
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Peón	1	3,6	3,6	0,32	1,15
Subtotal N					1,15
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal O					0,00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1,21
INDIRECTOS 15 %					0,18
UTILIDAD 0 %					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1,39
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>1,39</b>

Son: UN dólar con TREINTA Y NUEVE centavos

ELABORO

**Figura 5.1 Rubro de limpieza manual de terreno**

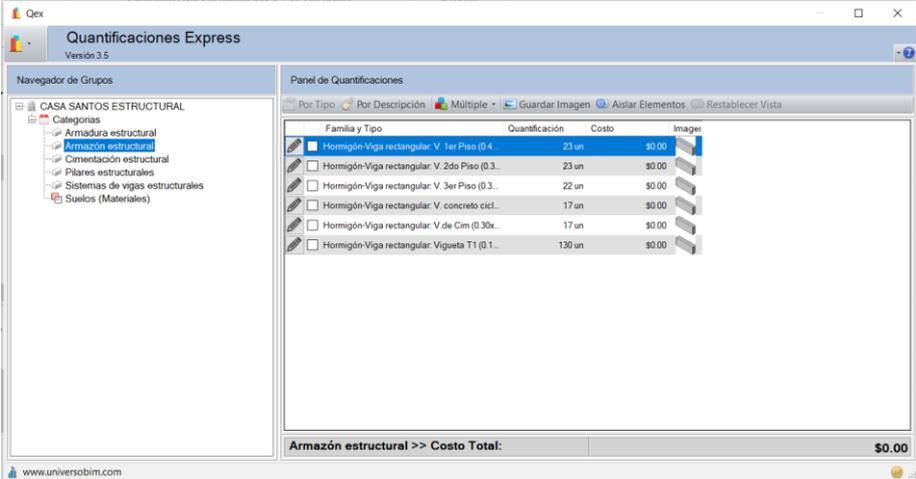
[fuete: Elaboración propia]

### 5.2.3 Cantidades de Obra

Para este punto el trabajo realizado en Revit marca una diferencia significativa usando la extensión Qex y los datos ingresados de forma organizada en el programa. Debido a que en este proyecto solo se considerara la parte estructural para la cuantificación se debe de organizar y revisar la cantidad de vigas, columnas y losas existentes en el proyecto para evitar una cuantificación doble.

Debido a que Revit es una herramienta que favorece la metodología BIM está diseñado para poder cuantificar los elementos existentes en el proyecto y así facilitar el cálculo del

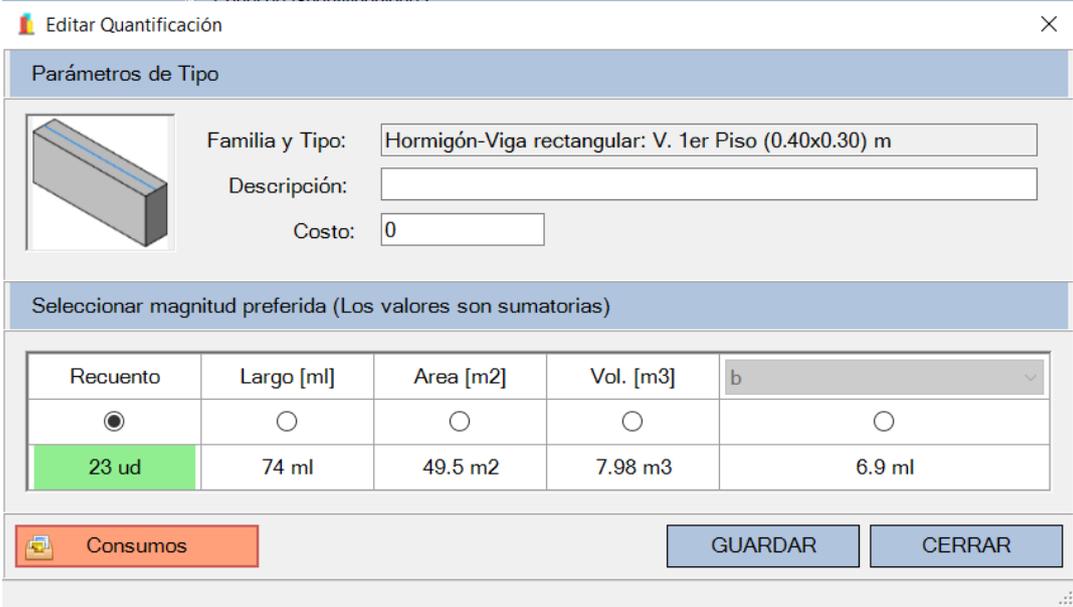
mismo. Sin embargo, para poder facilitar los cálculos aún más utilizamos la extensión antes mencionada y así poder obtener de forma más ordenada el valor por cada rubro.



**Figura 5.2** Tabla de cuantificación en Qex para cálculo de presupuesto

[Fuente: Elaboración propia]

Una de las ventajas de esta extensión es la facilidad con la que se puede cambiar la unidad de medida con la que se calcula el costo total ya sea esta por metro cuadrado, por unidad longitud o volumen.



**Figura 5.3** Selección de unidad para cálculo de costo total

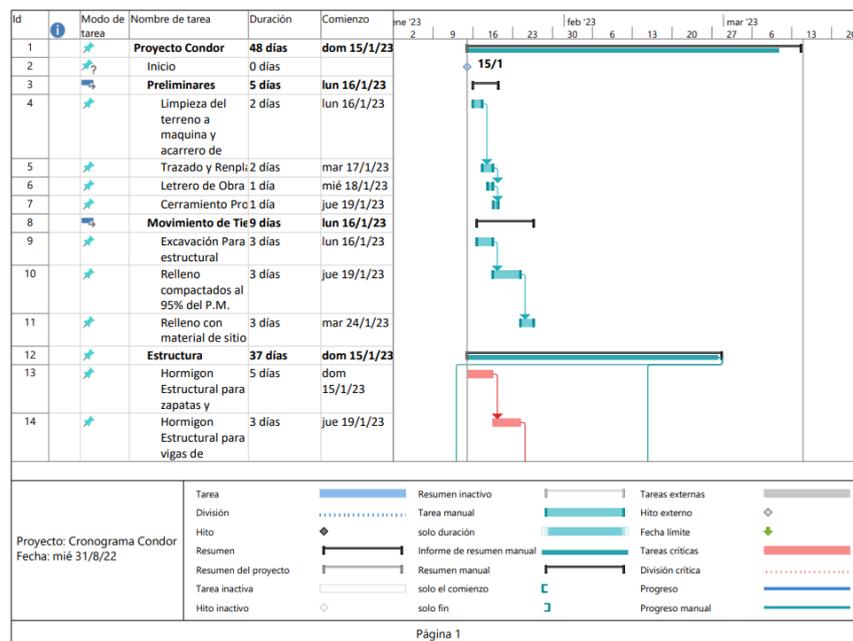
[Fuente: Elaboración propia]

**5.4 Descripción de cantidades de obra**

## 5.5 Cronograma de obra

El proyecto desde un principio se acordó no establecer un cronograma, debido a que el cliente no requiere realizar la obra en su totalidad. Sin embargo, cada actividad requiere un tiempo establecido para su ejecución. Revit brinda la opción de realizar un análisis por etapas, donde la primera etapa consta en la ejecución de la planta baja. Incluye movimiento de tierra para cimentación, armado y fundición de elementos estructurales para cimentación, columnas, vigas y losa de la planta baja y los demás acabados.

Por cuestiones de proyectar información por etapas de como sería los tiempos necesarios de cada actividad de uso del programa Project para determinar el inicio y fin de la obra. Se podrá observar cada etapa con los rubros especificados y el tiempo que requiera realizar cada actividad, además, se puede observar las actividades vinculadas entre sí. Este programa nos facilita en ajustar el tiempo con mayor libertad.



**Figura 5-1 Cronograma de actividades en Project.**

Mediante el programa se pudo establecer tentativamente 48 días solo en obra gris, donde existe actividades marcadas con rojo que indica rutas críticas, es decir, actividades que no se pueden aplazar.

**Casa Santos - Cdla. El Condor**

\$ -

CUADRO DE CANTIDADES DE OBRA						
CODIGO	RUBRO	DESCRIPCION DEL RUBRO	CANTIDAD	UNIDAD	P. UNITARIO - COSTO DIRECTO	P. TOTAL
		<b>COSTO DIRECTO - TOTAL</b>				\$ 264,594.50
		<b>PRELIMINARES</b>				\$ 937.16
1	1	Limpeza de terreno a maquina y acarrero de escombros	150	m2	\$ 1.51	\$ 226.50
2	2	Trazado y Replanteo	150	m2	\$ 1.15	\$ 172.50
3	3	Letrero de Obra	1	global	\$ 249.96	\$ 249.96
4	4	Cerramiento Provisional	10	m	\$ 28.82	\$ 288.20
5	5	Baterias Sanitarias	0	mes	\$ 150.00	\$ -
6	6	Oficina y Bodega (40 m2)	0	m2	\$ 50.00	\$ -
		<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				\$ 1,555.13
7	7	Excavación para estructuras	94.89	m3	\$ 8.11	\$ 769.56
8	8	Relleno compactado al 95% del P.M.	50.61	m3	\$ 13.23	\$ 669.57
9	9	Relleno con material de sitio	18.56	m3	\$ 6.25	\$ 116.00
		<b>ESTRUCTURAS</b>				\$ 55,089.04
10	10	Hormigón estructural f'c=240kg/cm2 para zapatas y plintos	10.48	m3	\$ 280.48	\$ 2,939.43
11	11	Hormigón estructural f'c=240kg/cm2 para vigas de cimentación y riostras	15.24	m3	\$ 280.48	\$ 4,274.52
12	12	Acero de refuerzo en barras fy=4200kg/cm2 para zapatas, vigas de cimentación	1383.49	kg	\$ 1.90	\$ 2,628.63
13	13	Hormigon no estructural contrapiso f'c=180kg/cm2 e=10cm	22.23	m3	\$ 185.13	\$ 4,115.44
14	14	Suministro, fabricación, montaje de malla electrosoldada Ø5.5c/15 fy=5000kg/cm2 para losa nervada	7	m2	\$ 5.40	\$ 37.80
15	15	Hormigon no estructural replantillo f'c=180kg/cm2 e=5cm	3.32	m3	\$ 171.81	\$ 570.41
16	16	Suministro, fabricación, montaje de acero estructural, Tipo ASTM A36	6408.67	kg	\$ 2.75	\$ 17,623.84
17	17	Hormigón estructural f'c=210kg/cm2 e=105 mm para losa steel deck	11.22	m3	\$ 248.50	\$ 2,788.17
18	18	Suministro e instalacion de Losa	147.62	m2	\$ 20.89	\$ 3,083.78
19	19	Suministro, fabricación, montaje de malla	147.62	m2	\$ 6.66	\$ 983.15
20	20	Hormigón estructural f'c=240kg/cm2 para columnas	9.25	m3	\$ 295.97	\$ 2,737.72
21	21	Hormigón estructural f'c=240kg/cm2 para vigas	13.25	m3	\$ 295.97	\$ 3,921.60
22	22	Acero de refuerzo en barras fy=4200kg/cm2 para columnas	1774.60	kg	\$ 1.90	\$ 3,371.74
23	23	Acero de refuerzo en barras fy=4200kg/cm2 para vigas	1328.27	kg	\$ 1.90	\$ 2,523.71
24	24	Hormigon Estructural fc= 240 kg/cm2 losa nervada, nervios, muros y escalera	3.45	m3	\$ 280.48	\$ 967.66
25	25	Losa aligerada hormigon fc= 240kg/cm2	7	m3	\$ 280.48	\$ 1,963.36
26	26	Acero de refuerzo en barras fy=4200kg/cm2 para nervios, muros, escalera y losa maciza	288.08	kg	\$ 1.90	\$ 547.35
27	27	Junta flex e=2.5cm para plintos adheridos a muro de canal.	1.80	ml	\$ 5.96	\$ 10.73
		<b>ALBAÑILERIA</b>				\$ 41,328.09
28	28	Paredes de 10 cm	406.17	m2	\$ 10.44	\$ 4,240.41
29	29	Paredes de 20 cm	357.11	m2	\$ 16.70	\$ 5,963.74

CODIGO	RUBRO	DESCRIPCION DEL RUBRO	CANTIDAD	UNIDAD	P. UNITARIO - COSTO DIRECTO	P. TOTAL
30	30	Suministro e Instalacion de Rastrera de Porcelanato.	268.18	m	\$ 12.17	\$ 3,263.75
31	31	Cuadrada de Boquetes.	125.06	m	\$ 6.41	\$ 801.63
32	32	Recubr de pared_Ducha h:1.80m_Baño Srv.	5.81	m2	\$ 30.72	\$ 178.48
33	33	Recubr de pared_Lv h:1.20m_Baño Srv.	3.19	m2	\$ 30.72	\$ 98.00
34	34	Enlucidos de Filos	195.78	m	\$ 4.18	\$ 818.36
35	35	Cuneta de concreto para A/LL.	98.00	m	\$ 31.30	\$ 3,067.40
36	36	Enlucidos de Mamposteria Interior	1015.65	m2	\$ 7.69	\$ 7,810.35
37	37	Enlucidos de Mamposteria Exterior.	614.12	m2	\$ 8.30	\$ 5,097.20
38	38	Ceramica de paredes en Baños Generales	196.52	m2	\$ 30.72	\$ 6,037.09
39	39	Molduras de Cubierta	99.79	m	\$ 39.60	\$ 3,951.68
		<b>RECUBRIMIENTOS</b>				\$ <b>48,955.03</b>
		<b>RECUBRIMIENTO DE PISO</b>				\$ <b>27,307.91</b>
40	40	S.I. De piso de Porcelanato 60x60cm	281.00	m2	\$ 40.42	\$ 11,358.02
41	41	S.I de Granito en Escalera.	14.00	m2	\$ 97.36	\$ 1,363.04
42	42	S.Colocación de Arcilla Natural en Patio Posterior.	36.00	m2	\$ 18.20	\$ 655.20
43	43	S.I. De piso de Porcelanato 60x60cm Exterior	300.00	m2	\$ 35.27	\$ 10,581.00
44	44	S.I. De piso de Porcelanato 60x60cm BBQ.	21.00	m2	\$ 35.27	\$ 740.67
45	45	S.I. De piso de Porcelanato 60x60cm Garaje	33.65	m2	\$ 35.27	\$ 1,186.84
46	46	S.I. De piso de Porcelanato 60x60cm antideslizante	40.35	m2	\$ 35.27	\$ 1,423.14
		<b>TUMBADO</b>				\$ <b>5,593.20</b>
47	47	Suministro e instalacion de Tumbado Gydsun	372.88	m2	\$ 15.00	\$ 5,593.20
		<b>PINTURA</b>				\$ <b>11,051.42</b>
48	48	Resane Varios de Empaste.	1.00	global	\$ 476.69	\$ 476.69
49	49	Resane Varios de Pintura	1.00	global	\$ 381.35	\$ 381.35
50	50	Pintura Acrilica Interior y Empaste.	950.21	m2	\$ 6.10	\$ 5,796.28
51	51	Pintura Elastomerica Exterior.	614.12	m2	\$ 7.16	\$ 4,397.10
		<b>CARPINTERIA METALICA</b>				\$ <b>5,002.50</b>
52	52	PERGOLAS METALICAS	14.00	m2	\$ 95.00	\$ 1,330.00
53	53	BALCONES METALICOS EXTERIORES	29.38	m2	\$ 125.00	\$ 3,672.50
		<b>CARPINTERIA DE ALUMINIO Y VIDRIO - MADERA</b>				\$ <b>53,068.83</b>
		<b>CARPINTERIA ALUMINIO Y VIDRIO</b>				\$ <b>36,719.81</b>
54	54	Ventana V1(0.90X3.00) PB - fija - louvers	3.00	u	\$ 506.55	\$ 1,519.65
55	55	Ventana V2(0.40X3.24) PB - fija	2.00	u	\$ 275.26	\$ 550.52
56	56	Ventana V3 (1.50x3.02) PB - fija	1.00	u	\$ 962.12	\$ 962.12
57	57	Ventana V4(1.80X1.90) PB - abatible	1.00	u	\$ 1,025.25	\$ 1,025.25
58	58	Ventana V4'(1.80X1.90) PB - abatible	1.00	u	\$ 1,025.25	\$ 1,025.25
59	59	Ventana V5 (2.70x3.02) PB 0.90 fija -1.80 abatible	3.00	u	\$ 2,428.21	\$ 7,284.63

CODIGO	RUBRO	DESCRIPCION DEL RUBRO	CANTIDAD	UNIDAD	P. UNITARIO - COSTO DIRECTO	P. TOTAL
60	60	Ventana V6 (0.90x3.02) PB fija	2.00	u	\$ 573.45	\$ 1,146.90
61	61	Ventana V7 (0.75x1.90) PB (0.90 abatible -1.00 Fijo arenado)	3.00	u	\$ 409.85	\$ 1,229.55
62	62	Ventana V1' (1.80x2.82) PA	1.00	u	\$ 952.31	\$ 952.31
63	63	Ventana V2' (0.40x2.82) PA -fija	2.00	u	\$ 239.58	\$ 479.16
64	64	Ventana V2" (1.80x2.82) PA - fija	1.00	u	\$ 1,078.09	\$ 1,078.09
65	65	Ventana V3' (1.50x2.82) PA -fija	1.00	u	\$ 898.41	\$ 898.41
66	66	Ventana V5' (2.70x2.82) PA - abatible	4.00	u	\$ 2,282.51	\$ 9,130.04
67	67	Ventana V7 (0.75x1.90) PA (0.90 abatible -1.00 Fijo arenado)	1.00	u	\$ 409.85	\$ 409.85
68	68	Ventana V8 (0.70x1.90) PA (0.90 abatible -1.00 Fijo arenado)	2.00	u	\$ 382.52	\$ 765.04
69	69	S.I. De Pasamanos de Escalera_Vidrio Templado	9.50	m2	\$ 340.00	\$ 3,230.00
70	70	Louver de Aluminio	1.00	m2	\$ 60.54	\$ 60.54
71	71	Canalón para ALL/Techos	221.00	m	\$ 22.50	\$ 4,972.50
		<b>CARPINTERIA DE MADERA</b>				\$ 16,349.02
72	72	S.I. Puertas de Madera_P3_(0.65x2.40 )Inc Cerr	1.00	u	\$ 242.00	\$ 242.00
73	73	S.I. Puertas de Madera_P4_(0.70x2.40 )Inc Cerr	1.00	u	\$ 242.00	\$ 242.00
74	74	S.I. Puertas de Madera_P1_(0.75x2.40 )Inc Cerr	5.00	u	\$ 242.00	\$ 1,210.00
75	75	S.I. Puertas de Madera_P2_(0.80x2.40 )Inc Cerr	9.00	u	\$ 242.00	\$ 2,178.00
76	76	S.I. Puertas de Madera_vaiven P5_(0.90x2.40 )i	1.00	u	\$ 242.00	\$ 242.00
77	77	S.I. Puertas de Madera_P5_(0.90x2.40 )Inc Cerr	1.00	u	\$ 242.00	\$ 242.00
78	78	Puerta de madera P8 0.90 x 2.20 con rejilla de v	1.00	u	\$ 145.83	\$ 145.83
79	79	S.I. Puertas de Madera_P7_(0.90x2.40 ) c/ Rejill	3.00	u	\$ 145.83	\$ 437.49
80	80	S.I. Puertas de Madera_PP_batiente doble hoja	1.00	u	\$ 355.83	\$ 355.83
81	81	S.I. Puertas de Madera_P10_batiente doble hoj	3.00	u	\$ 2,381.29	\$ 7,143.87
82	82	S.I. Mubles de Cocina.	1.00	u	\$ 2,350.00	\$ 2,350.00
83	83	S.I. Closet	4.00	u	\$ 390.00	\$ 1,560.00
		<b>CUBIERTA</b>				\$ 6,458.48
84	84	S.I. de Steel Panel Stilox-SRS_Poliu_Exp (EPS)_	231.00	m2	\$ 24.28	\$ 5,608.68
85	85	S.I. de Steel Panel Stilox-SRS_Poliu_Exp (EPS)_	35.00	m2	\$ 24.28	\$ 849.80
		<b>MUEBELS DE BAÑOS - COCINA</b>				\$ -
		<b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>				\$ 12,228.19
		<b>SISTEMA DE AGUA POTABLE FRIA</b>				\$ 4,610.53
95	95	Tubería de PVC Presión D=1" (incl. accesorios)	42.00	ml	\$ 9.68	\$ 406.56
96	96	Tubería de PVC Presión D=3/4" (incl. accesorios)	54.00	ml	\$ 7.11	\$ 383.94
97	97	Tubería de PVC Presión D=1/2" (incl. accesorios)	8.00	ml	\$ 6.67	\$ 53.36
98	98	Punto de AAPP 3/4"	8.00	Pto	\$ 47.45	\$ 379.60
99	99	Punto de AAPP 1/2"	16.00	Pto	\$ 42.19	\$ 675.04
100	100	Válvula de compuerta 3/4"	10.00	u	\$ 18.09	\$ 180.90

CODIGO	RUBRO	DESCRIPCION DEL RUBRO	CANTIDAD	UNIDAD	P. UNITARIO - COSTO DIRECTO	P. TOTAL
101	101	Válvula de compuerta 1/2"	6.00	u	\$ 12.97	\$ 77.82
102	102	Llave de manguera 1/2"	3.00	u	\$ 14.84	\$ 44.52
103	103	Soportes para tubería D≤1"	15.00	u	\$ 11.33	\$ 169.95
104	104	Equipo de bombeo hidroneumático. compuesto de 1 bomba. panel de control de automatización.	1.00	glb	\$ 1,803.26	\$ 1,803.26
105	105	Tubería y accesorios hidráulicos para montaje de equipo de bombeo	1.00	glb	\$ 305.58	\$ 305.58
106	106	Pruebas Hidrostáticas de presión en tuberías de agua potable	104.00	ml	\$ 1.25	\$ 130.00
		<b>SISTEMA DE AGUA POTABLE CALIENTE</b>				<b>\$ 1,629.55</b>
107	107	Tubería de Polipropileno roscable D=3/4" (incl. accesorios)	48.00	ml	\$ 7.86	\$ 377.28
108	108	Tubería de Polipropileno roscable D=1/2" (incl. accesorios)	12.00	ml	\$ 7.01	\$ 84.12
109	109	Punto de AAPP 3/4"	7.00	Pto	\$ 51.83	\$ 362.81
110	110	Punto de AAPP 1/2"	8.00	Pto	\$ 44.17	\$ 353.36
111	111	Válvula de compuerta 3/4"	5.00	u	\$ 18.09	\$ 90.45
112	112	Válvula de compuerta 1/2"	2.00	u	\$ 12.97	\$ 25.94
113	113	Soportes para tubería D≤1"	23.00	u	\$ 11.33	\$ 260.59
114	114	Pruebas Hidrostáticas de presión en tuberías de agua potable	60.00	ml	\$ 1.25	\$ 75.00
		<b>SISTEMA DE AGUAS SERVIDAS Y VENTILACION</b>				<b>\$ 3,268.88</b>
115	115	Excavación manual de zanja para tubería	2.88	m³	\$ 8.11	\$ 23.36
116	116	Relleno Compactado con material importado	0.29	m³	\$ 13.23	\$ 3.84
117	117	Relleno Compactado con material del sitio	2.59	m³	\$ 6.25	\$ 16.19
118	118	Desalojo de material	2.30	m³	\$ 5.00	\$ 11.50
119	119	Tubería de PVC Desagüe D=110mm (incl. accesorios)	48.00	ml	\$ 10.40	\$ 499.20
120	120	Tubería de PVC Desagüe D=50mm (incl. accesorios)	18.00	ml	\$ 5.18	\$ 93.24
121	121	Tubería de PVC Ventilación D=50mm (incl. accesorios)	24.00	ml	\$ 5.18	\$ 124.32
122	122	Punto de Desagüe PVC D=110mm	7.00	Pto	\$ 54.37	\$ 380.59
123	123	Punto de Desagüe PVC D=50mm	17.00	Pto	\$ 40.75	\$ 692.75
124	124	Punto para Ventilación PVC D=50 mm	10.00	Pto	\$ 36.48	\$ 364.80
125	125	Remate de ventilación en cubierta o pared	5.00	u	\$ 10.01	\$ 50.05
126	126	Soportes para tubería D=1-1/2" - 4"	32.00	u	\$ 11.33	\$ 362.56
127	127	Caja de revisión de H.S. f'c=210 kg/cm² de 0.40x0.40m interior. h= 0.40 - 1 m. tapa de H. A.	4.00	u	\$ 120.37	\$ 481.48
128	128	Pruebas de continuidad y escurrimiento	66.00	ml	\$ 2.50	\$ 165.00
		<b>SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS Y DRENAJE DE A/C</b>				<b>\$ 2,719.23</b>
129	129	Excavación a máquina de zanja para tubería	4.16	m³	\$ 8.11	\$ 33.74
130	130	Relleno Compactado con material importado	0.42	m³	\$ 13.23	\$ 5.56
131	131	Relleno Compactado con material del sitio	3.74	m³	\$ 6.25	\$ 23.38
132	132	Desalojo de material	3.33	m³	\$ 5.00	\$ 16.65
133	133	Tubería de PVC Desagüe D=110mm (incl. accesorios)	78.00	ml	\$ 10.40	\$ 811.20
134	134	Punto para sumidero de D=110 mm	1.00	pto	\$ 33.39	\$ 33.39
135	135	Sumidero Rejilla tipo Cúpula Concéntrica CC - 150 x 110mm	1.00	u	\$ 41.26	\$ 41.26
136	136	Soportes para tubería D=1-1/2" - 4"	22.00	u	\$ 11.33	\$ 249.26
137	137	Caja de revisión de H.S. f'c=210 kg/cm² de 0.40x0.40m interior. h= 0.40 - 1 m. tapa de H. A.	2.00	u	\$ 180.00	\$ 360.00

CODIGO	RUBRO	DESCRIPCION DEL RUBRO	CANTIDAD	UNIDAD	P. UNITARIO - COSTO DIRECTO	P. TOTAL
138	138	Caja Sumidero de H.S. f'c=210 kg/cm² de 0.40x0.25m interior	3.00	u	\$ 120.37	\$ 361.11
139	139	Tubería de PVC SCH 40 Drenaje A/C D=32mm (incl. accesorios)	60.00	ml	\$ 4.61	\$ 276.60
140	140	Punto para drenaje de A/C PVC SCH 40 D=32mm	8.00	pto	\$ 20.26	\$ 162.08
141	141	Pruebas de continuidad y escurrimiento	138.00	ml	\$ 2.50	\$ 345.00
		<b>PIEZAS SANITARIAS</b>				\$ 2,779.31
		<b>BAÑO MASTER</b>				\$ 697.63
142	142	Inodoro Briggs modelo Kignley	1.00	u	\$ 341.81	\$ 341.81
143	143	Lavamanos Mercury con grifería FV. mezcladora	2.00	u	\$ 76.95	\$ 153.90
144	144	Regadera Briggs cuadrada ABS 30*30 ducha en	1.00	u	\$ 201.92	\$ 201.92
		<b>BAÑOS SECUNDARIOS (DOR 1 - DOR 2 - SERVICIO - EXTERIOR)</b>				\$ 1,662.92
145	145	Inodoro Briggs modelo Stratos Het o Similar	4.00	u	\$ 276.83	\$ 1,107.32
146	146	Lavamanos Fv eleana oval empotrado en mesones con grifería Fv mezcladora modelo Castor 5101/24	4.00	u	\$ 63.63	\$ 254.52
147	147	Regadera Briggs cuadrada ABS 20*20 ducha en	4.00	u	\$ 75.27	\$ 301.08
		<b>BAÑO DE VISITA</b>				\$ 418.76
146	146	Inodoro Briggs modelo Kignley	1.00	u	\$ 341.81	\$ 341.81
147	147	Lavamanos Mercury con grifería FV. mezcladora	1.00	u	\$ 76.95	\$ 76.95
						\$ 222,399.26
						\$ 222,399.26
		<b>COSTOS DIRECTOS VARIOS</b>				\$ 42,195.24
192	192	DIRECCION TECNICA - ADMINISTRATIVA (OBRANIAK S.A. 6%)	1.00	GBL	\$ 15,330.16	\$ 15,330.16
193	193	ING. RESIDENTE	12.00	MES	\$ 1,600.00	\$ 19,200.00
194	194	DIRECCION COMERCIAL (3 %)	1.00	MES	\$ 7,665.08	\$ 7,665.08
		<b>INDIRECTOS</b>				\$ 2,500.00
195	195	Polizas de Seguro (COTIZAR CON LUCIA PAZ. resp. Civil. buena calidad materiales. todo riesgo)	1.00	GBL	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
197	197	Caja Chica	10.00	MES	\$ 50.00	\$ 500.00

<b>VALOR TOTAL USD</b>	<b>\$ 267,094.50</b>
------------------------	----------------------

**Nota:** Los Precios **NO** incluyen el I.V.A.

Guayaquil

\$	44,804.00
----	-----------

# CAPÍTULO 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la visión de optimizar recursos como el tiempo y presupuesto se tomó la decisión de implementar la metodología BIM obteniendo resultados como los siguientes:

### Conclusiones

- Según las alternativas propuestas se realizó un análisis de aspectos económico, tiempo, sostenibilidad, recursos, etc. Donde se determinó que para este proyecto la opción más viable es la estructura de hormigón armado, cumpliendo las necesidades del cliente.
- Se realizó un modelo en Revit 2022, donde fue posible colocar cada material con las especificaciones necesaria según su material y establecer cargas para realizar un modelo analítico.
- Se dio el traspaso de información del modelo analítico desde el Revit a Etabs siendo posible la interoperabilidad entre programas, gracias a herramienta como CSIxRevit.
- Se llevo a cabo el análisis sísmico mediante el software Etabs 2019 según los criterios establecido por la NEC 2015, obteniendo valores de desplazamiento, periodos, fuerzas axiales y momentos para el diseño de elementos estructurales que cumplan con la normativa del ACI.318.
- Gracias a las especificaciones de materiales en Revit fue posible generar tablas de cantidades con lo que se determinó el presupuesto con mayor porcentaje de precisión, obteniendo un presupuesto final alrededor de \$272.895,03.
- Se concluye que el uso de la metodología BIM aumenta la eficiencia en el área de la construcción para mitigar error de información, trabajar en menor tiempo y optimizar costo.

## **Recomendaciones**

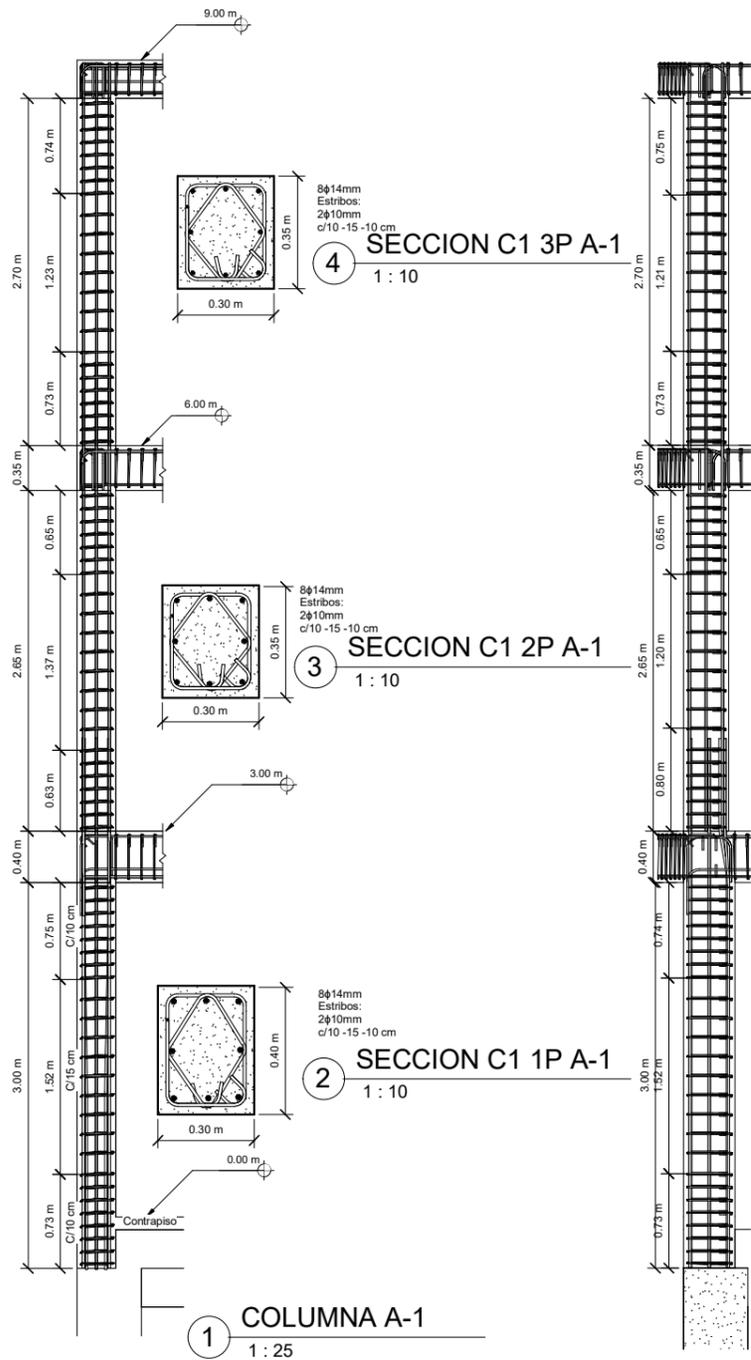
- Se recomienda que ante cualquier diseño sísmico que se pretenda realizar, se debe tomar estudio de suelo en campo para trabajar con valores lo más cercano a la realidad.
- Se debe especificar bien los materiales que se usara para trabajar con las especificaciones técnicas de cada material y saber así su resistencia.
- Para realizar una interoperabilidad sin pérdida de información se recomienda que los programas usados tengan la licencias, ya que si no es así la información que se traspasa de un software a otro no es del todo correcta.
- Se recomienda implementar cada vez más esta metodología puesto que en Ecuador cada día se ejecutan más proyectos donde exigen mayor conocimiento para mitigar errores en el modelo.

# BIBLIOGRAFÍA

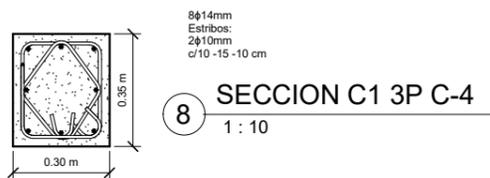
## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Andarde Sevilla, R. A. (2021). Análisis en la variación en cantidades de obra y presupuesto entre la metodología tradicional y metodología BIM, caso de estudio: edificio de carrera de arquitectura. *UNACH*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21346>
- Arayas, F. (29 de diciembre de 2019). Estado del arte del uso de BIM para la resolución de demandas en proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construcción*. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000300299>
- Jobim, C., Stumpf, M., Edelweiss, R., & Kern, A. (2017). Análisis de la implantación de tecnología BIM en oficinas de proyecto y construcción en una ciudad de Brasil en 2015. *Revista ingeniería de construcción*. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732017000300185>
- Kumar, B. (2015). *A Practical Guide to Adopting BIM in Construction Projects*. Scotland, UK: Whittles Publishing. doi:978-184995-146-3
- Muñoz-La Rivera, F., Vielma, J. C., Herrera, R. F., & Carvallo, J. (21 de febrero de 2019). Methodology for Building Information Modeling (BIM) Implementation in Structural Engineering Companies (SECs). (T. Vilutiene, Ed.) *Advances in Civil Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1155/2019/8452461>
- Quinde Martínez, P., & Reinoso Angulo, E. (2016). Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la Ciudad de Cuenca. *Ingeniería sísmica*. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-092X2016000100001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2016000100001&lng=es&tlng=es)
- Ren, R., Zhang, J., & Dib, H. N. (29 de marzo de 2018). BIM Interoperability for Structural Analysis. Construction Research Congress. *Construction Information Technology*. doi:<https://doi.org/10.1061/9780784481264.046>
- Santana , S., Jorge, A., Ahmed, W., W.Y. Tam, V., & Haddad, A. (2020). Evaluation of 4D BIM tools applicability in. *International Journal of Construction Management*. doi:10.1080/15623599.2020.2837718

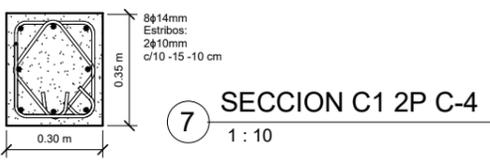
# PLANOS Y ANEXO



1 COLUMNA A-1  
1 : 25



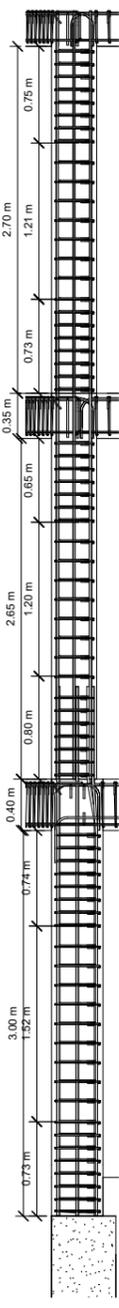
8 SECCION C1 3P C-4  
1 : 10



7 SECCION C1 2P C-4  
1 : 10



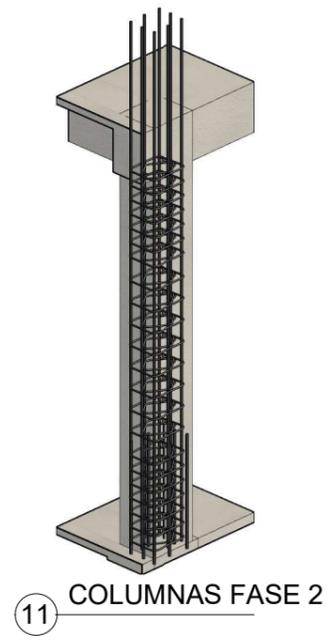
6 SECCION C1 1P C-4  
1 : 10



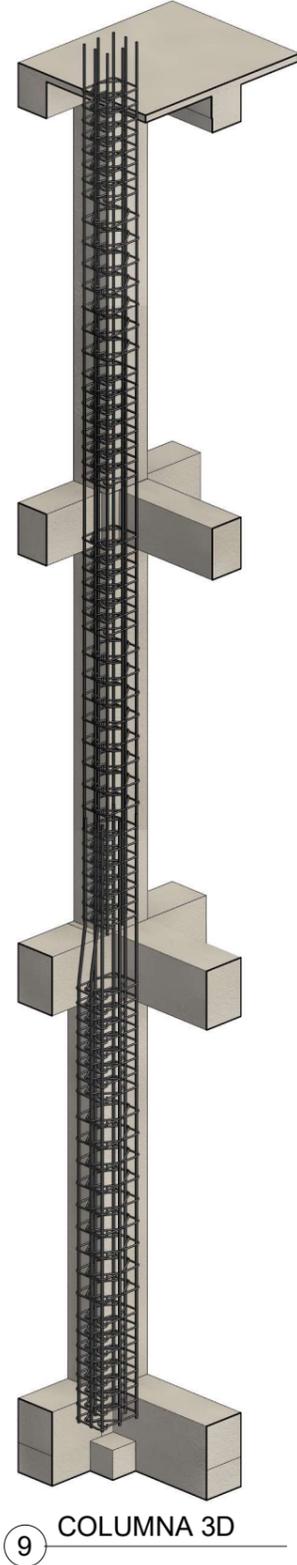
5 COLUMNA C-4  
1 : 25



10 COLUMNAS FASE 1



11 COLUMNAS FASE 2



9 COLUMNA 3D

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**NOTAS IMPORTANTES GENERALES**

1. ANTES DE PROCEDER A LA CONSTRUCCION SE DEBERA CORRELACIONAR LOS PLANOS ESTRUCTURALES CON LOS PLANOS ARQUITECTONICOS.
2. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EN CENTIMETROS (cm), EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
3. LAS MEDIDAS PREVALECCEN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO.

**CONCRETO**

1. ACERO EN MALLA ELECTROSOLDADA:  $F_y = 5000 \text{ Kg/cm}^2$
2. ACERO EN VARILLAS CORRUGADAS:  $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
3. RESISTENCIA DEL CONCRETO:  $F'_c = 240 \text{ Kg/cm}^2$
4. TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO IGUAL  $1/2"$
5. REVENIMIENTO: 10 a 12 cm.
6. DEBERÁN SER TOMADOS CILINDROS DE HORMIGÓN EN OBRA PARA LOS RESPECTIVOS ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD.

**CODIGOS Y NORMAS DE DISEÑO**

1. NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION NEC
  - A. CARGAS (NO SISMICAS) (COD. NEC-SE-CG)
  - B. PELIGRO SISMICO. DISEÑO SISMO RESISTENTE (COD. NEC-SE-DS)
  - C. ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO (COD. NEC-SE-HM)
  - D. ESTRUCTURAS DE ACERO (COD. NEC-SE-AC)
2. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 318-SR-11
3. AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. AISC 360-16

Ing. David Santos  
CONDOMINIO  
SANTOS

ES-001

Número de proyecto 0001

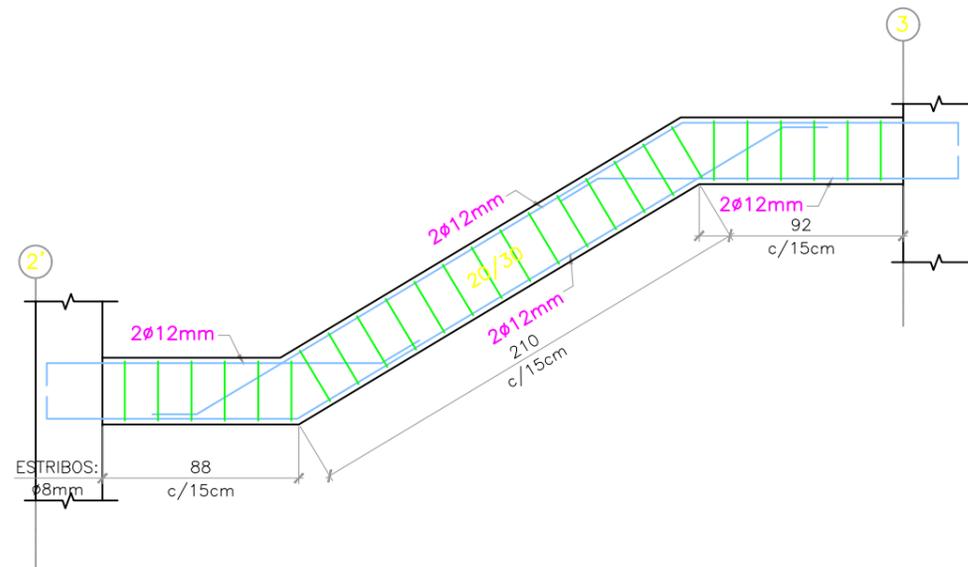
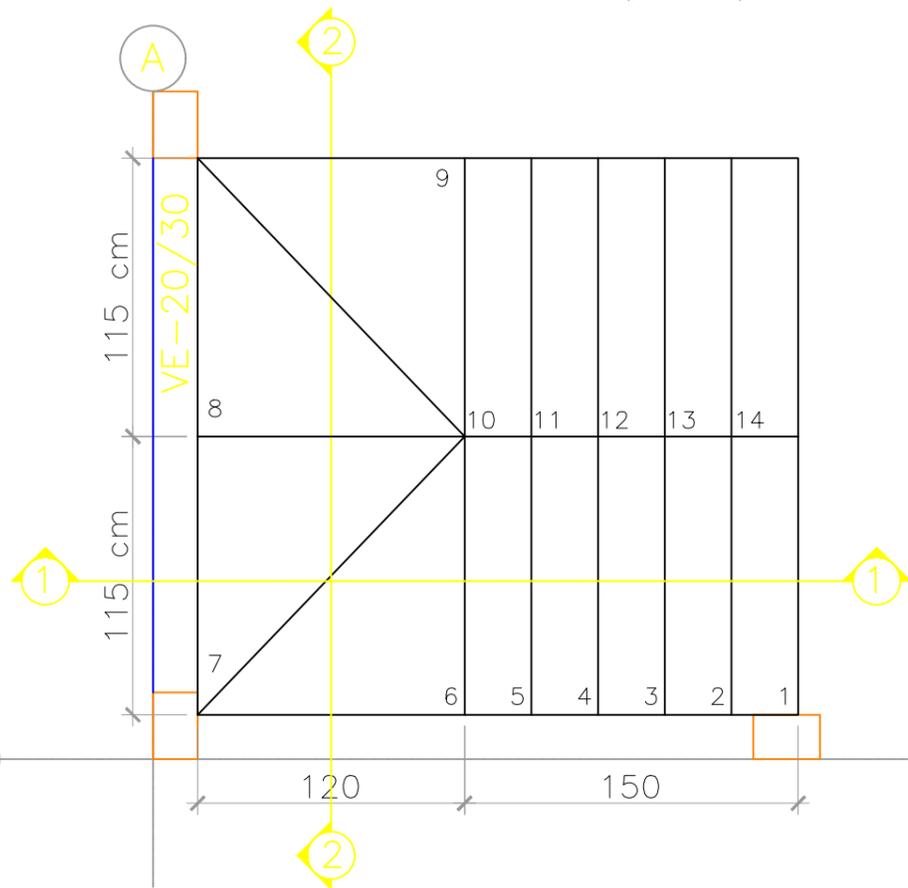
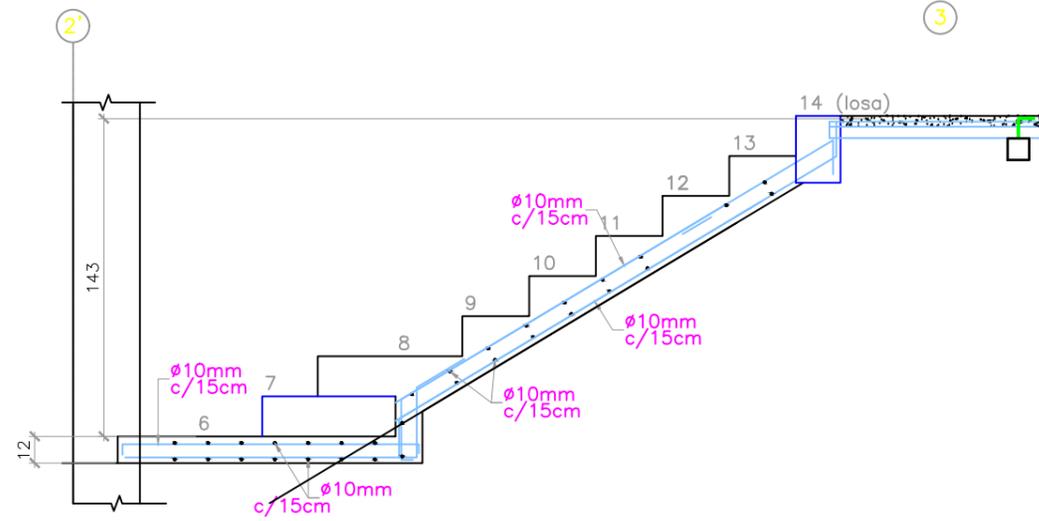
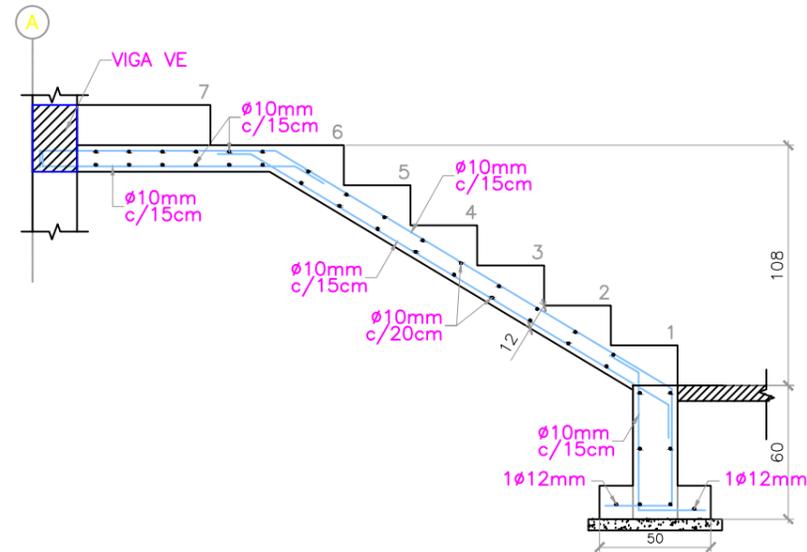
Fecha Fecha de emisión

Dibu Yordy Vejo - Cindy Navia

Com Yordy Vejo - Cindy Navia

ES-001

Escala Como se indica



**NOTAS IMPORTANTES**

**GENERALES**

- 1.- ANTES DE PROCEDER A LA CONSTRUCCION SE DEBERA CORRELACIONAR LOS PLANOS ESTRUCTURALES CON LOS PLANOS ARQUITECTONICOS.
- 2.- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EN CENTIMETROS (cm), EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
- 3.- LAS MEDIDAS PREVALENCEN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO.

**CONCRETO**

- 1.- ACERO EN MALLA ELECTROSOLDADA:  $F_y = 5500 \text{ Kg/cm}^2$
- 2.- ACERO EN VARELLAS CORRUGADAS:  $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
- 3.- RESISTENCIA DEL CONCRETO:  $F_c = 240 \text{ Kg/cm}^2$
- 4.- TAMAÑO MÍNIMO DE AGREGADO GRUESO IGUAL 1/2"
- 5.- HENDIMIENTO: 10 a 12 cm.
- 6.- DEBERÁN SER TOMADOS CUADROS DE HORMIGÓN EN OBRA PARA LOS RESPECTIVOS ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD.

**RECURRIMIENTOS MÍNIMOS SEGUN EL ACI 318-14**

CASOS	r (mm)
HORMIGÓN VACIADO DIRECTAMENTE EN EL SUELO Y EXPUERTO PERMANENTEMENTE EN EL	75
HORMIGÓN EXPUERTO AL SUELO O A LA INTERPERIE. BARRAS #20mm Y MAYORES BARRAS #16mm Y MENORES	50
HORMIGÓN NO EXPUERTO A LA INTERPERIE NI EN CONTACTO CON EL SUELO LOSAS, MUROS, HIGIENS BARRAS #35mm Y MENORES VIGAS, COLUMNAS: REFLEJO PRINCIPAL ESTRIBOS, ESPIRALES CASCARAS, PLACAS PLEGADAS: BARRAS #20mm Y MAYORES BARRAS #16mm Y MENORES	20 40 40 20 15

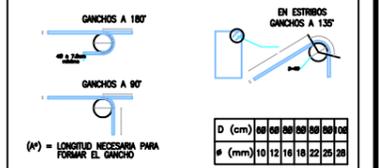
**ACERO ESTRUCTURAL**

- 1.- ACERO ESTRUCTURAL:  $F_y = 2520 \text{ Kg/cm}^2$ , ASTM A36 (PERFILES)
- 2.- ACERO ESTRUCTURAL:  $F_y = 2520 \text{ Kg/cm}^2$ , ASTM A36 (PLACAS)
- 3.- ELECTRODOS DE SOLDADURA AWS E60-11-PERFILES < 6mm
- 4.- ELECTRODOS DE SOLDADURA AWS E70-18-PERFILES > 6mm
- 5.- PREPARACION DE SUPERFICIE: NORMA SSPC-SP1 (SOLVENTES)
- 6.- PINTURA ANTICORROSIONA CROMATO DE ZINC O SIMILAR, ACABADO EXTERIOR CON ESPESOR DE 6milés O 60micras (SECO) A DOS MANOS ACABADO INTERIOR ANTES DE UNIR LOS CAJONES CON 3milés O 30micras

**CODIGOS Y NORMAS DE DISEÑO**

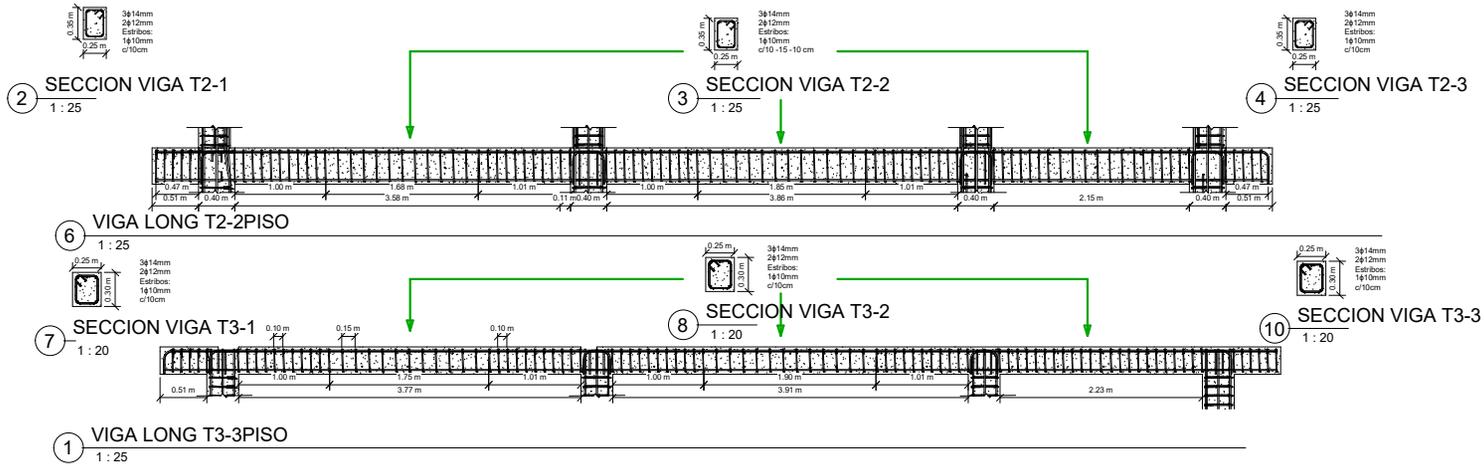
- 1.- NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION NEC
- 1.- CARGAS (NO SEMI-CAS) (COD. NEC-SE-C2)
- 1.- PELIGRO SISMO, DISEÑO SISMO RESISTENTE (COD. NEC-SE-D5)
- 1.- ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO (COD. NEC-SE-HM)
- 1.- ESTRUCTURAS DE ACERO (COD. NEC-SE-AC)
- 2.- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, ACI 318-SR-11
- 3.- AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, AISC 360-16

**GANCHOS Y DOBLECES**

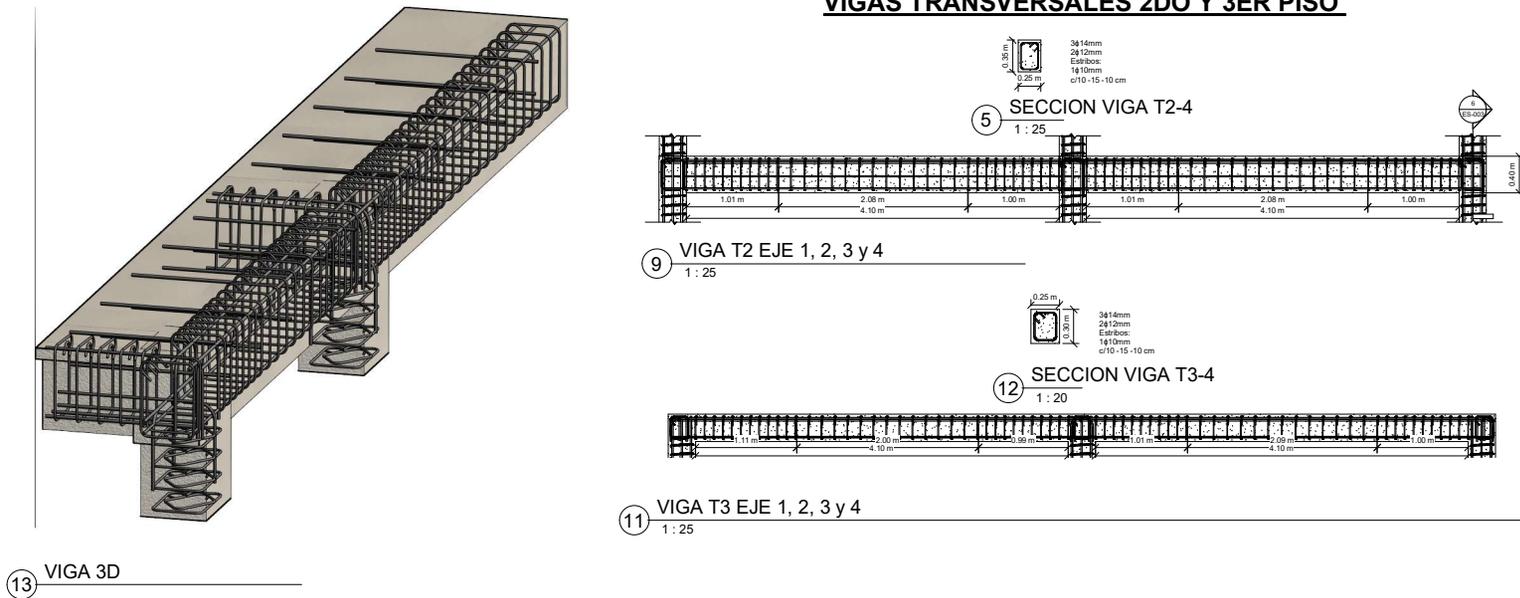


NOMBRE DE LA OBRA:		CASA - SANTOS
PROPIETARIO:		ING. DAVID SANTOS
DISEÑO ESTRUCTURAL:		YORDY VEJO y CINDY NAVIA
RESPONSABLE TECNICO:		
CONTIENE:		PLANOS ESTRUCTURALES -ESCALERA -
ESCALA:	INDICADAS	FECHA: AGOSTO-2022
LÁMINA:		ES-005

## VIGAS LONGITUDINALES 2DO Y 3ER PISO



## VIGAS TRANSVERSALES 2DO Y 3ER PISO



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

### NOTAS IMPORTANTES GENERALES

1. ANTES DE PROCEDER A LA CONSTRUCCION SE DEBERA CORRELACIONAR LOS PLANOS ESTRUCTURALES CON LOS PLANOS ARQUITECTONICOS.
2. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EN CENTIMETROS (cm), EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
3. LAS MEDIDAS PREVALECEEN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO.

### CONCRETO

1. ACERO EN MALLA ELECTROSOLDADA:  $F_y = 5000 \text{ Kg/cm}^2$ .
2. ACERO EN VÁRILLAS CORRUGADAS:  $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ .
3. RESISTENCIA DEL CONCRETO:  $F'_c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ .
4. TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO GRSO (IGUAL  $1/2$ ).
5. REVENIMIENTO: 10 a 12 cm.
6. DEBERÁN SER TOMADOS CILINDROS DE HORMIGÓN EN OBRA PARA LOS RESPECTIVOS ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD.

### CODIGOS Y NORMAS DE DISEÑO

1. NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION NEC
  - A. CARGAS (NO SISMICAS) (COD. NEC-SE-CG)
  - B. PELIGRO SISMICO, DISEÑO SISMO RESISTENTE (COD. NEC-SE-DS)
  - C. ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO (COD. NEC-SE-HM)
  - D. ESTRUCTURAS DE ACERO (COD. NEC-SE-AC)
2. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 318-SR-11
3. AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. AISC 360-16

Ing. David Santos  
CONDOMINIO  
SANTOS

VIGAS 1ER PISO  
Copia 1

Número de proyecto 0001

Fecha Fecha de emisión

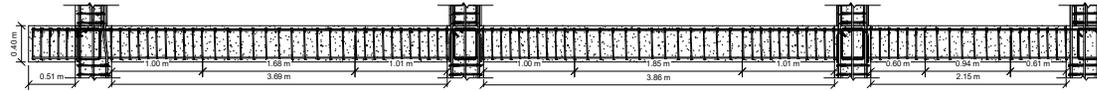
Dibujado por Autor

Comprobado por Autor

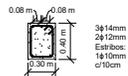
ES-003

Escala Como se indica

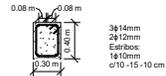
## VIGAS LONGITUDINALES 1ER PISO



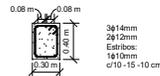
1 VIGA T1 - EJE A  
1:25



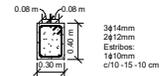
2 SECCION VIGA T1-1  
1:25



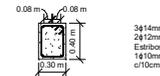
3 SECCION VIGA T1-2  
1:25



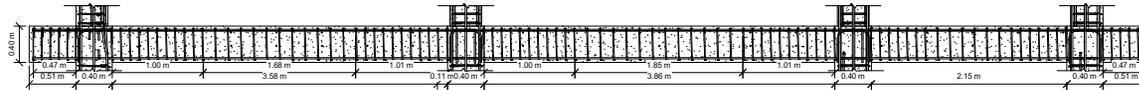
4 SECCION VIGA T1-3  
1:25



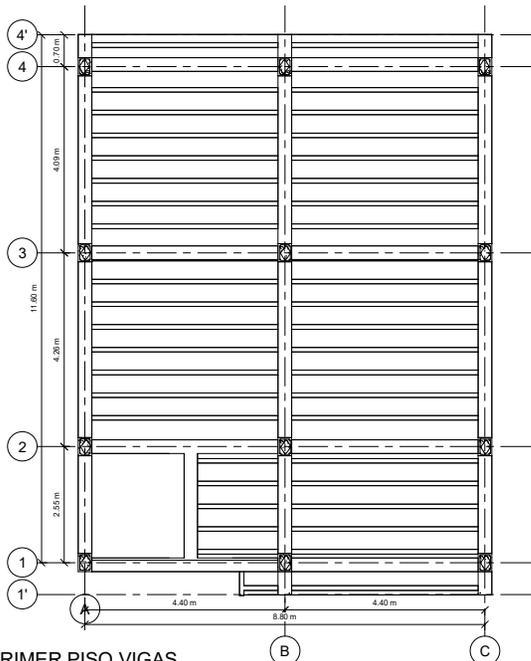
5 SECCION VIGA T1-4  
1:25



7 SECCION VIGA T1-5  
1:25

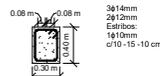


6 VIGA T1 - EJE B y C  
1:25

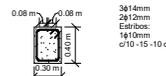


8 PRIMER PISO VIGAS  
1:50

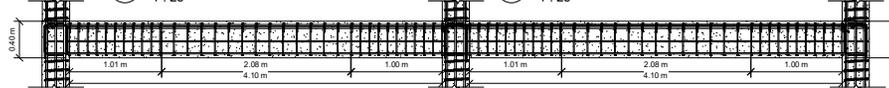
## VIGAS TRANSVERSALES 1ER PISO



10 SECCION VIGA T1-6  
1:25

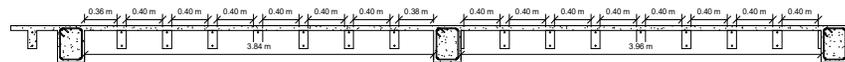


11 SECCION VIGA T1-7  
1:25

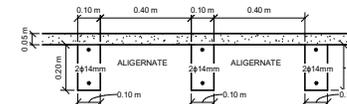


9 VIGA T1 EJE 1, 2, 3 y 4  
1:25

## NERVIOS TRANSVERSALES 1ER PISO



12 NERVIOS  
1:25



13 NERVIOS SECCION 1  
1:10

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DEL LITORAL

### NOTAS IMPORTANTES GENERALES

1. ANTES DE PROCEDER A LA CONSTRUCCION SE DEBERA CORRELACIONAR LOS PLANOS ESTRUCTURALES CON LOS PLANOS ARQUITECTONICOS.
2. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EN CENTIMETROS (cm), EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
3. LAS MEDIDAS PREVALECEAN SOBRE LA ESCALA DEL DIBUJO.

### CONCRETO

1. ACERO EN MALLA ELECTROSOLDADA:  $F_y = 5000 \text{ Kg/cm}^2$ .
2. ACERO EN VARILLAS CORRUGADAS:  $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ .
3. RESISTENCIA DEL CONCRETO:  $F'_{cc} = 240 \text{ Kg/cm}^2$ .
4. TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO GRUESO IGUAL  $1/2"$ .
5. REVENIMIENTO: 10 a 12 cm.
6. DEBERÁN SER TOMADOS CILINDROS DE HORMIGÓN EN OBRA PARA LOS RESPECTIVOS ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD.

### CODIGOS Y NORMAS DE DISEÑO

1. NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION NEC
  - A. CARGAS (NO SISMICAS) (COD. NEC-SE-CG)
  - B. PELIGRO SISMICO, DISEÑO SISMO RESISTENTE (COD. NEC-SE-DS)
  - C. ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO (COD. NEC-SE-HM)
  - D. ESTRUCTURAS DE ACERO (COD. NEC-SE-AC)
2. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 318-SR-11
3. AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. AISC 360-16

Ing. David Santos  
CONDOMINIO  
SANTOS

## VIGAS

Número de proyecto 0001

Fecha Fecha de emisión

Dibujado por Autor

Comprobado por Autor

ES-002

Escala Como se indica

## Pre dimensionamiento para Condominio de 3 plantas

### 1) Estimación de Cargas

#### Carga Viva

$$W_{cubierta} := 0.7 \frac{kN}{m^2}$$

$$W_{residencia} := 2.00 \frac{kN}{m^2}$$

$$W_L := W_{cubierta} + W_{residencia} = 2.7 \frac{kN}{m^2}$$

#### Carga Muerta

$$W_{ceramica} := 0.3 \frac{kN}{m^2}$$

$$W_{instalaciones} := 0.2 \frac{kN}{m^2}$$

$$W_{paredes} := 1.88 \frac{kN}{m^2}$$

$$W_{losa\_nervada} := 2.61 \frac{kN}{m^2}$$

$$W_{cielorraso} := 0.2 \frac{kN}{m^2}$$

$$W_{viga} := 1.88 \frac{kN}{m^2}$$

$$W_{columna} := 1.5 \frac{kN}{m^2}$$

#### Carga muerta por piso

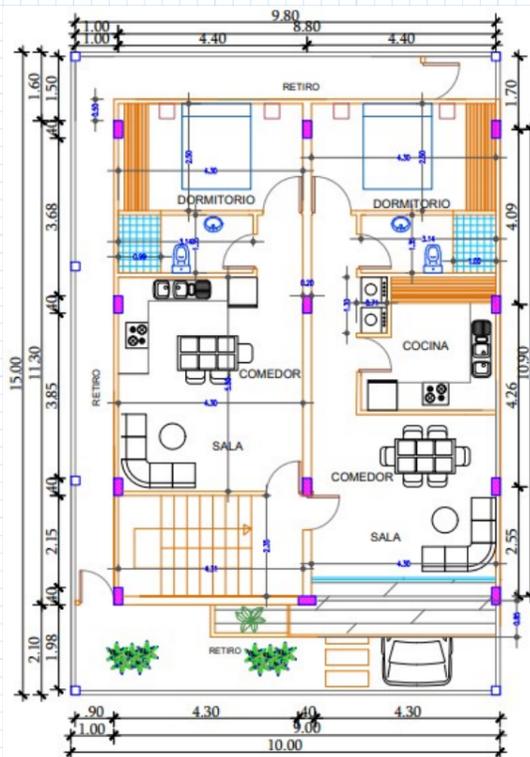
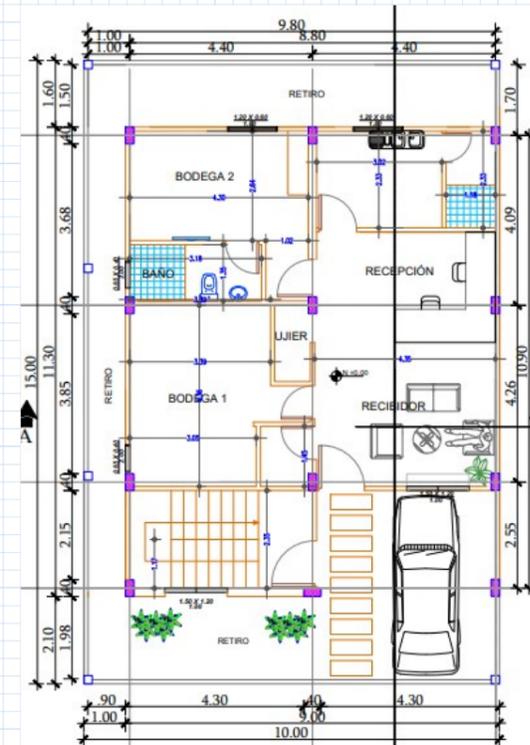
$$W_{DP} := W_{ceramica} + W_{instalaciones} + W_{paredes} + W_{cielorraso} + 0.45 \frac{kN}{m^2} = 3.03 \frac{kN}{m^2}$$

$$W_{dp} := W_{ceramica} + W_{instalaciones} + W_{paredes} + W_{cielorraso} + W_{losa\_nervada} = 5.19 \frac{kN}{m^2}$$

#### Carga muerta para terraza

$$W_{DT} := W_{instalaciones} + W_{cielorraso} + 0.45 \frac{kN}{m^2} = 0.85 \frac{kN}{m^2}$$

$$153.19 \frac{kgf}{m^2} = 1.5023 \frac{kN}{m^2}$$



### 2) Pre dimensionamiento de Losa Aligerada

$$L1 := 4.09 \text{ m}$$

$$L2 := 4.26 \text{ m}$$

$$L3 := 4.40 \text{ m}$$

$$L4 := 4.40 \text{ m}$$

espesor de viguetas según la tabla 9.3.1.1

$$e_{losa} := \frac{L1}{18.5} = 0.2211 \text{ m}$$

$$e_{losa} := \frac{L2}{21} = 0.2029 \text{ m}$$

$$e_{losa} := \frac{L3}{18.5} = 0.2378 \text{ m}$$

Tabla 9.3.1.1 — Altura mínima de vigas no preesforzadas

Condición de apoyo	Altura mínima, $h$ [1]
Simplemente apoyada	$\ell/16$
Con un extremo continuo	$\ell/18.5$
Ambos extremos continuos	$\ell/21$
En voladizo	$\ell/8$

$$e_{losa} := 0.25 \text{ m}$$

Calculo de peso de losa nervada

$$a_{lo\_sup} := 5 \text{ cm}$$

$$a_{lo\_inf} := 3 \text{ cm}$$

$$a_{case} := 40 \text{ cm}$$

$$L_{case} := 20 \text{ cm}$$

$$a_{vigueta} := 10 \text{ cm}$$

$$a_{tributario} := 1 \text{ m}$$

Volumen

$$V_{Lo\_sup} := (a_{case} + a_{vigueta}) \cdot a_{lo\_sup} \cdot a_{tributario} = 0.025 \text{ m}^3$$

$$V_{case} := a_{case} \cdot a_{tributario} \cdot L_{case} = 0.08 \text{ m}^3$$

$$V_{viguetas} := a_{vigueta} \cdot L_{case} \cdot a_{tributario} = 0.02 \text{ m}^3$$

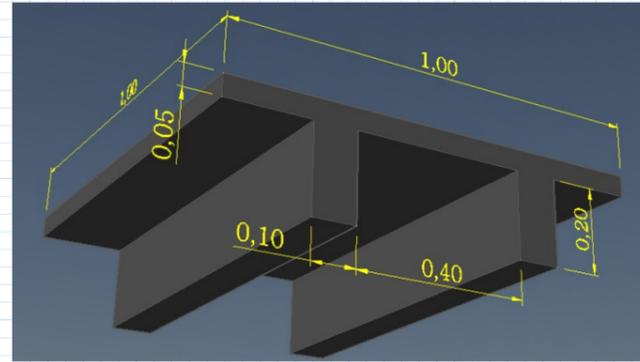
Peso

$$\gamma_{hormigon} := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\gamma_{case} := 2.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$W_{total\_losa} := (V_{Lo\_sup} + V_{viguetas}) \cdot \gamma_{hormigon} + V_{case} \cdot \gamma_{case} = 1.304 \text{ kN}$$

$$W_{losa\_nervada} := \frac{W_{total\_losa}}{(a_{case} + a_{vigueta}) \cdot a_{tributario}} = 2.61 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



### 3) Pre dimensionamiento de vigas

$$f_c := 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$L2 = 4.26 \text{ m}$$

$$L_v := L2$$

- Según la ACI:

$$\text{altura de vigas } \frac{L_v}{12} \leq h_{viga} \leq \frac{L_v}{10}$$

$$h_{viga\_min} := \frac{L_v}{12} = 0.355 \text{ m} \quad h_{viga\_max} := \frac{L_v}{10} = 0.426 \text{ m}$$

$$h_{viga} := 0.4 \text{ m}$$

$$\text{ancho de vigas } \frac{h_{viga}}{3} \leq a_{viga} \leq \frac{h_{viga}}{2}$$

$$a_{viga\_min} := \frac{h_{viga}}{3} = 0.1333 \text{ m} \quad a_{viga\_max} := \frac{h_{viga}}{2} = 0.2 \text{ m}$$

$$a_{viga} := 0.2 \text{ m}$$

$$W_{viga} := \frac{(a_{viga} \cdot h_{viga} \cdot \gamma_{hormigon})}{a_{tributario}} = 1.92 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- Según cargas factorizadas:

$$A_{infl\_vx} := \frac{L1 \cdot L3}{2} + \frac{L2 \cdot L4}{2} = 18.37 \text{ m}^2$$

$$A_{infl\_vy} := \frac{L2 \cdot L3}{2} + \frac{L2 \cdot L4}{2} = 18.744 \text{ m}^2$$

$$q_{u\_vx} := 1.2 \cdot \left( \frac{(w_{dp} + w_{viga}) \cdot A_{infl\_vx}}{L4} \right) + 1.6 \cdot \left( \frac{w_{residencia} \cdot A_{infl\_vx}}{L4} \right) = 48.9811 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{u\_vy} := 1.2 \cdot \left( \frac{(w_{dp} + w_{viga}) \cdot A_{infl\_vy}}{L2} \right) + 1.6 \cdot \left( \frac{w_{residencia} \cdot A_{infl\_vy}}{L2} \right) = 51.6208 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{ux} := \frac{q_{u\_vx} \cdot L4^2}{10} = 94.8274 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{uy} := \frac{q_{u\_vy} \cdot L2^2}{10} = 93.6794 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$b_w := 30 \text{ cm}$$

$$d := \sqrt{\frac{M_{ux}}{0.145 \cdot f'_c \cdot b_w}} = 32.54 \text{ cm}$$

$$d := \sqrt{\frac{M_{uy}}{0.145 \cdot f'_c \cdot b_w}} = 32.34 \text{ cm}$$

$$d := 35 \text{ cm}$$

$$A_g := \frac{\pi \cdot 1.2^2}{4} = 1.131$$

$$0.001 \cdot 30 \cdot 20 = 0.6$$

**Tabla 6.5.2 — Momentos aproximados para vigas continuas no preesforzadas y losas en una dirección**

Momento	Localización	Condición	$M_u$
Positivo	Vanos extremos	Extremo discontinuo monolítico con el apoyo	$w_u \ell_n^2 / 14$
		El extremo discontinuo no está restringido	$w_u \ell_n^2 / 11$
	Vanos interiores	Todos	$w_u \ell_n^2 / 16$
Negativo <sup>(1)</sup>	Cara interior de los apoyos exteriores	Miembros construidos monolíticamente con viga dintel de apoyo	$w_u \ell_n^2 / 24$
		Miembros construidos monolíticamente con columna como apoyo	$w_u \ell_n^2 / 16$
	Cara exterior del primer apoyo interior	Dos vanos	$w_u \ell_n^2 / 9$
		Más de dos vanos	$w_u \ell_n^2 / 10$
	Las demás caras de apoyos	Todas	$w_u \ell_n^2 / 11$
Cara de todos los apoyos que cumplan (a) o (b)	(a) Losas con luces que no excedan de 10 pies (b) Vigas en las cuales la relación entre la suma de las rigideces de las columnas y la rigidez de la viga exceda de 8 en cada extremo del vano	$w_u \ell_n^2 / 12$	

<sup>(1)</sup> Para calcular los momentos negativos,  $\ell_n$  debe ser el promedio de las luces de los vanos adyacentes.

**Tabla 6.5.4 — Cortantes aproximados para vigas continuas no preesforzadas y losas en una dirección**

Localización	$V_u$
Cara exterior del primer apoyo interior	$1.15 w_u \ell_n / 2$
Cara de todos los demás apoyos	$w_u \ell_n / 2$

#### 4) Pre dimensionamiento de columnas

$$L1 = 4.09 \text{ m}$$

$$L2 = 4.26 \text{ m}$$

$$L3 = 4.4 \text{ m}$$

$$L4 = 4.4 \text{ m}$$

$$A_{infl\_c} := \frac{L1 + L2}{2} \cdot \frac{L3 + L4}{2} = 18.37 \text{ m}^2$$

$$w_{dp} = 5.19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{columna} = 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_L = 2.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$n_{pisos} := 3$$

$$q_{axial} := W_{dp} + W_L + W_{columna} = 9.39 \frac{kN}{m^2}$$

$$P_s := A_{infl\_c} \cdot q_{axial} \cdot n_{pisos} = 517.4829 \text{ kN}$$

$$A_g := \frac{P_s}{0.25 \cdot f'_c} = 1005.1156 \text{ cm}^2$$

n=0.17 columnas esquineras  
n=0.20 columnas exteriores  
n=0.25 columnas interiores

$$h_{col} := 40 \text{ cm}$$

$$a_{col} := \frac{A_g}{h_{col}} = 25.1279 \text{ cm}$$

$$a_{col} := 30 \text{ cm}$$

$$W_{columna} := \frac{(a_{col} \cdot h_{col} \cdot \gamma_{hormigon} \cdot 3 \text{ m})}{3 \text{ m} \cdot a_{tributario}} = 2.88 \frac{kN}{m^2}$$

## Análisis Sísmico

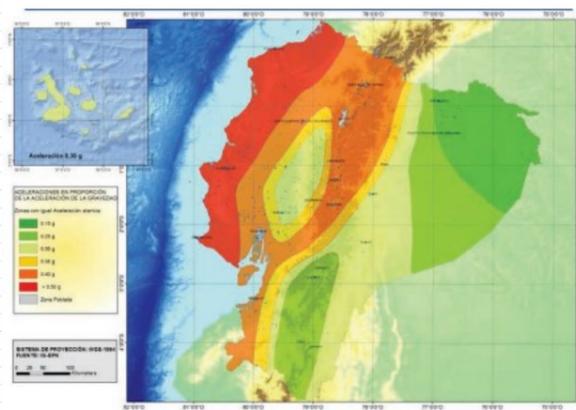


Figura 1. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Tabla 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Tipo de perfil	Descripción	Definición
D	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100 \text{ KPa}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$

$$W1 := 1987.5962 \text{ kN}$$

$$W_{etabs} := 2029.6491 \text{ kN}$$

Zona sísmica VI

$$Z := 0.5$$

factor de importancia según la tabla 6 sección 4.1 NEC-SE-DS

$$I := 1$$

factor de reducción de resistencia sísmica

$$R := 8$$

Coefficientes de irregularidades

$$\phi_P := 1$$

$$\phi_E := 1$$

coeficientes Z y perfil de suelo tabla 3, 4 y 5 sección 3.2.2 de NEC-SE-DS

tipo de suelo D

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coefficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

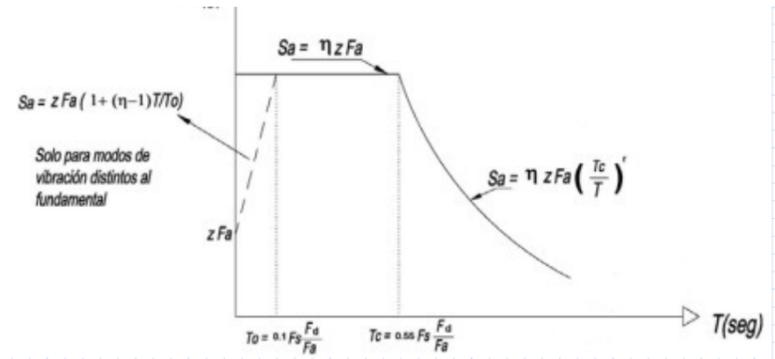
Tabla 6: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

$S_a(g) \uparrow$

$$F_a := 1.12$$

$$F_d := 1.11$$

$$F_s := 1.4$$



$$\eta := 1.8$$

- $\eta = 1.80$  : Provincias de la Costa ( excepto Esmeraldas),
- $\eta = 2.48$  : Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
- $\eta = 2.60$  : Provincias del Oriente

Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica

$$r := 1.5$$

Limites para el periodo de vibración

$$T_C := 0.55 \cdot F_s \cdot \left( \frac{F_d}{F_a} \right)$$

$$T_C = 0.7631$$

$$T_L := 2.4 \cdot F_d$$

$$T_L = 2.664$$

Para el análisis dinámico

$$T_O := 0.1 \cdot F_s \cdot \left( \frac{F_d}{F_a} \right)$$

$$T_O = 0.1388$$

$$C_t := 0.055$$

$$\alpha := 0.9$$

$$h_n := 9$$

Tipo de estructura	$C_t$	$\alpha$
<b>Estructuras de acero</b>		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
<b>Pórticos especiales de hormigón armado</b>		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

Determinación del periodo de vibración T

$$T := C_t \cdot h_n^\alpha = 0.397$$

Coefficiente K

$$k := \begin{cases} 1 & \text{if } T \leq 0.5 \\ 0.75 + 0.5 \cdot T & \text{else if } 0.5 < T \leq 2.5 \\ 2 & \text{else if } T > 2.5 \end{cases}$$

$$k = 1$$

$$S_a := \begin{cases} Z \cdot F_a \cdot \left( 1 + (\eta - 1) \cdot \frac{T}{T_O} \right) & \text{if } T < T_O \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{else if } T_0 \leq T \leq T_C \\ \eta \cdot Z \cdot F_a \\ \text{else if } T > T_C \\ \eta \cdot Z \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)^r \end{cases}$$

$$S_a = 1.008$$

$$V := \frac{I \cdot S_a}{R \cdot \phi_P \cdot \phi_E} = 0.126$$

$$V_o := W1 \cdot V = 250.4371 \text{ kN}$$

$$V_{o\_etabs} := 259.5921 \text{ kN}$$

$$\frac{V_o}{V_{o\_etabs}} \cdot V = 0.1216$$

Entradas

$excel_{\text{"Sheet1!B1"}} := T_C$      $excel_{\text{"Sheet1!D1"}} := Z$      $excel_{\text{"Sheet1!F1"}} := I$   
 $excel_{\text{"Sheet1!B2"}} := T_0$      $excel_{\text{"Sheet1!D2"}} := F_a$      $excel_{\text{"Sheet1!F2"}} := R$   
 $excel_{\text{"Sheet1!B3"}} := r$      $excel_{\text{"Sheet1!D3"}} := \eta$

T	Sa	Sa*I/R
0	0.560	0.07
0.1	0.883	0.11036
0.2	1.008	0.126
0.3	1.008	0.126
0.4	1.008	0.126
0.5	1.008	0.126
0.6	1.008	0.126
0.7	1.008	0.126
0.8	0.939	0.117389

Salidas

## Pre dimensionamiento de Losa Aligerada

$$f_c := 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$L1 := 4.09 \text{ m}$$

$$L2 := 4.26 \text{ m}$$

$$L3 := 4.40 \text{ m}$$

$$L4 := 4.40 \text{ m}$$

espesor de viguetas según la tabla 9.3.1.1

$$e_{losa} := \frac{L1}{18.5} = 0.221 \text{ m}$$

$$e_{losa} := \frac{L2}{21} = 0.203 \text{ m}$$

$$e_{losa} := \frac{L3}{18.5} = 0.238 \text{ m}$$

$$e_{losa} := 0.25 \text{ m}$$

### Calculo de peso de losa nervada

$$h_f := 5 \text{ cm}$$

$$a_{lo\_inf} := 3 \text{ cm}$$

$$a_{case} := 40 \text{ cm}$$

$$L_{case} := 20 \text{ cm}$$

$$b_w := 10 \text{ cm}$$

$$a_{tributario} := 1 \text{ m}$$

- Volumen de la losa

$$V_{Lo\_sup} := (a_{case} + b_w) \cdot h_f \cdot a_{tributario} = 0.025 \text{ m}^3$$

$$V_{case} := a_{case} \cdot a_{tributario} \cdot L_{case} = 0.08 \text{ m}^3$$

$$V_{viguetas} := b_w \cdot L_{case} \cdot a_{tributario} = 0.02 \text{ m}^3$$

- Peso de losa nervada

$$\gamma_{hormigon} := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

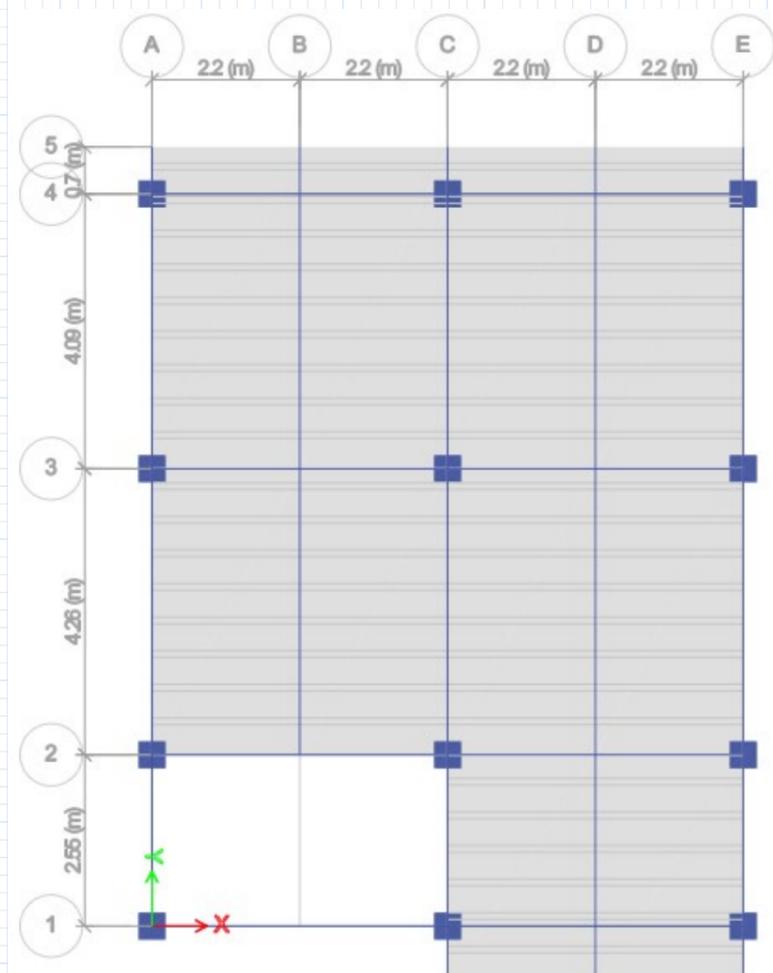
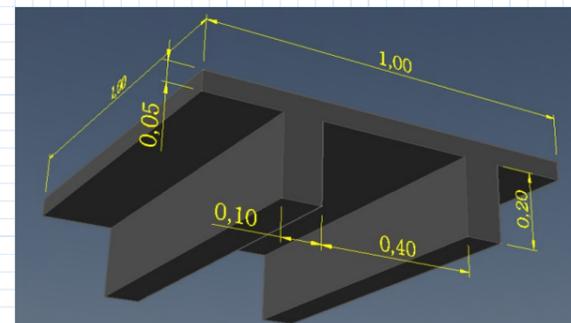
$$\gamma_{case} := 2.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$W_{total\_losa} := (V_{Lo\_sup} + V_{viguetas}) \cdot \gamma_{hormigon} + V_{case} \cdot \gamma_{case} = 1.304 \text{ kN}$$

$$W_{losa\_nervada} := \frac{W_{total\_losa}}{(a_{case} + b_w) \cdot a_{tributario}} = 2.61 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Tabla 9.3.1.1 — Altura mínima de vigas no preesforzadas

Condición de apoyo	Altura mínima, $h$ <sup>[1]</sup>
Simplemente apoyada	$\ell/16$
Con un extremo continuo	$\ell/18.5$
Ambos extremos continuos	$\ell/21$
En voladizo	$\ell/8$



### Carga Muerta

$$W_{ceramica} := 0.3 \frac{kN}{m^2}$$

$$W_{instalaciones} := 0.2 \frac{kN}{m^2}$$

$$W_{paredes} := 1.88 \frac{kN}{m^2}$$

$$W_{cielorraso} := 0.2 \frac{kN}{m^2}$$

$$W_{losa_nervada} := 2.61 \frac{kN}{m^2} = 266.146 \frac{kgf}{m^2}$$

$$W_{DP} := W_{ceramica} + W_{instalaciones} + W_{paredes} + W_{cielorraso} + W_{losa_nervada} = 529.23 \frac{kgf}{m^2}$$

$$W_{DP\_vigüeta} := W_{DP} \cdot \frac{a_{tributario}}{2} = 264.616 \frac{kgf}{m}$$

### Carga Viva

$$W_{residencia} := 2.00 \frac{kN}{m^2} = 203.943 \frac{kgf}{m^2}$$

$$W_{L\_vigüeta} := W_{residencia} \cdot \frac{a_{tributario}}{2} = 101.972 \frac{kgf}{m}$$

### Carga ultima de diseño

$$q_u := 1.2 \cdot W_{DP\_vigüeta} + 1.6 \cdot W_{L\_vigüeta} = 4.714 \frac{kN}{m}$$

### Momentos negativos SAP

$$Mn_{s1} := 7.945 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Mn_{s2} := 15.843 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Mn_{s3} := 8.86 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

### Momentos Positivos SAP

$$Mp_{s12} := 8.61 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Mp_{s23} := 9.095 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

### Momentos negativos calculado

$$Mn_1 := \frac{q_u \cdot L^3}{16} = 5.704 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Mn_2 := \frac{q_u \cdot L^3}{9} = 10.14 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Mn_3 := \frac{q_u \cdot L^3}{16} = 5.704 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

### Momentos positivo calculado

$$Mp_{12} := \frac{q_u \cdot L^3}{14} = 6.519 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Mp_{23} := \frac{q_u \cdot L^3}{14} = 6.519 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

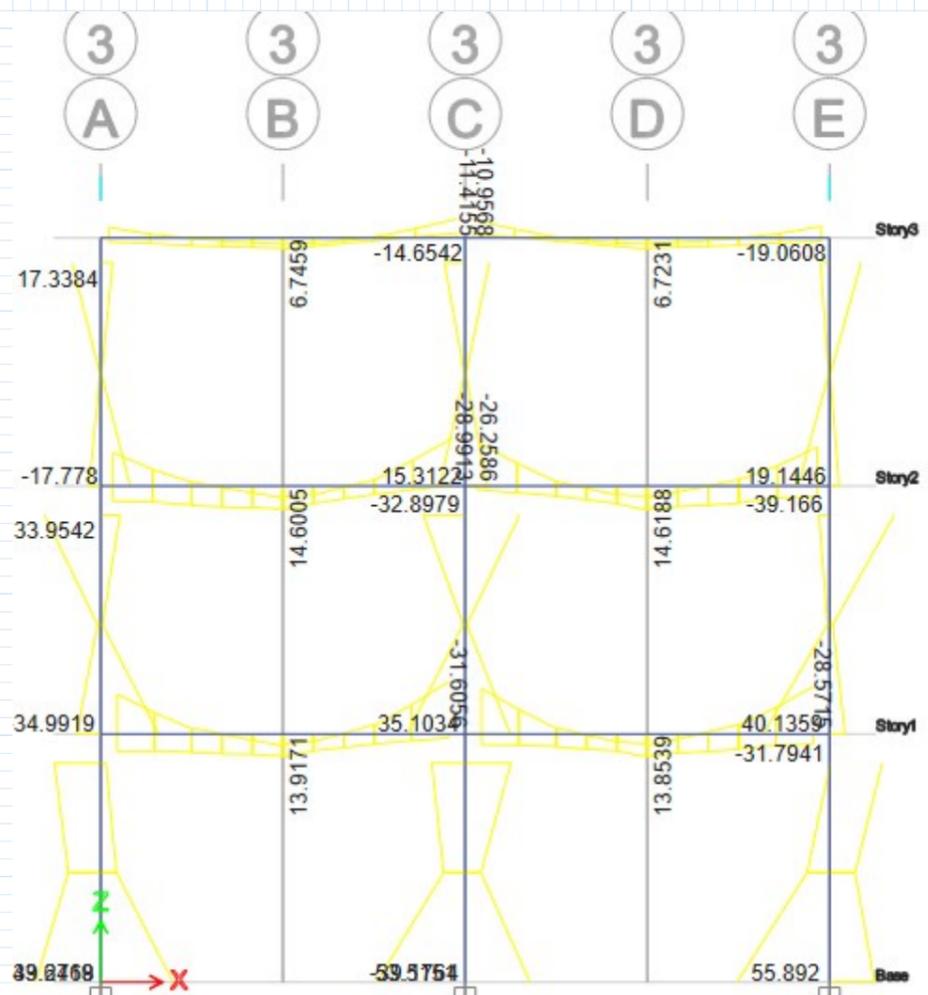


Tabla 6.5.2 — Momentos aproximados para vigas continuas no preesforzadas y losas en una dirección

Momento	Localización	Condición	$M_u$
Positivo	Vanos extremos	Extremo discontinuo monolítico con el apoyo	$w_u \ell_n^2 / 14$
		El extremo discontinuo no está restringido	$w_u \ell_n^2 / 11$
	Vanos interiores	Todos	$w_u \ell_n^2 / 16$
Negativo <sup>(1)</sup>	Cara interior de los apoyos exteriores	Miembros construidos monolíticamente con viga dintel de apoyo	$w_u \ell_n^2 / 24$
		Miembros construidos monolíticamente con columna como apoyo	$w_u \ell_n^2 / 16$
	Cara exterior del primer apoyo interior	Dos vanos	$w_u \ell_n^2 / 9$
		Más de dos vanos	$w_u \ell_n^2 / 10$
	Las demás caras de apoyos	Todas	$w_u \ell_n^2 / 11$
Cara de todos los apoyos que cumplan (a) o (b)	(a) Losas con luces que no excedan de 10 pies (b) Vigas en las cuales la relación entre la suma de las rigideces de las columnas y la rigidez de la viga exceda de 8 en cada extremo del vano	$w_u \ell_n^2 / 12$	

<sup>(1)</sup> Para calcular los momentos negativos,  $\ell_n$  debe ser el promedio de las luces de los vanos adyacentes.

$$\phi := 0.9$$

Calculo de peralte

$$\phi_1 := 14 \text{ mm}$$

$$\phi_2 := 14 \text{ mm}$$

Asumir estribos de 12mm

$$\phi_{est} := 10 \text{ mm}$$

$$r_{ec} := 3 \text{ cm}$$

$$d_1 := e_{losa} - r_{ec} - \phi_{est} - \frac{\phi_1}{2} = 20.3 \text{ cm}$$

$$d_2 := e_{losa} - r_{ec} - \phi_{est} - \frac{\phi_2}{2} = 20.3 \text{ cm}$$

As mínimo para momentos del Etabs

**Momentos negativos Etabs**

$$As_{s1} := \frac{Mn_{s1}}{0.9 \cdot 0.9 \cdot f_y \cdot d_2} = 1.173 \text{ cm}^2$$

$$As_{s2} := \frac{Mn_{s2}}{0.9 \cdot 0.9 \cdot f_y \cdot d_2} = 2.339 \text{ cm}^2$$

$$As_{s3} := \frac{Mn_{s3}}{0.9 \cdot 0.9 \cdot f_y \cdot d_2} = 1.308 \text{ cm}^2$$

**Momentos Positivos Etabs**

$$As_{s12} := \frac{Mp_{s12}}{0.9 \cdot 0.9 \cdot f_y \cdot d_1} = 1.271 \text{ cm}^2$$

$$As_{s23} := \frac{Mp_{s23}}{0.9 \cdot 0.9 \cdot f_y \cdot d_1} = 1.343 \text{ cm}^2$$

As mínimo

$$As_{min} := \frac{0.8 \cdot \sqrt{f'_c \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}}{f_y} \cdot b_w \cdot d_1 = 0.56 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} := \frac{14}{f_y \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{kgf}}} \cdot b_w \cdot d_1 = 0.677 \text{ cm}^2$$

As requerido

**Momentos negativos Etabs**

$$A_1 := \frac{\pi \cdot \phi_1^2}{4} = 1.539 \text{ cm}^2$$

$$A_2 := \frac{\pi \cdot \phi_2^2}{4} = 1.539 \text{ cm}^2$$

$$nn_{var1} := \frac{As_{s1}}{A_2} = 0.762$$

$$nn_{var2} := \frac{As_{s2}}{A_2} = 1.52$$

$$nn_{var3} := \frac{As_{s3}}{A_2} = 0.85$$

As mínimo para momentos calculados

**Momentos negativos calculado**

$$As_1 := \frac{Mn_1}{0.9 \cdot 0.9 \cdot f_y \cdot d_2} = 0.842 \text{ cm}^2$$

$$As_2 := \frac{Mn_2}{0.9 \cdot 0.9 \cdot f_y \cdot d_2} = 1.497 \text{ cm}^2$$

$$As_3 := \frac{Mn_3}{0.9 \cdot 0.9 \cdot f_y \cdot d_2} = 0.842 \text{ cm}^2$$

**Momentos positivo calculado**

$$As_{12} := \frac{Mp_{12}}{0.9 \cdot 0.9 \cdot f_y \cdot d_1} = 0.963 \text{ cm}^2$$

$$As_{23} := \frac{Mp_{23}}{0.9 \cdot 0.9 \cdot f_y \cdot d_1} = 0.963 \text{ cm}^2$$

### Momentos Positivos Etabs

$$np_{var1} := \frac{As_{s12}}{A_1} = 0.826$$

$$np_{var2} := \frac{As_{s23}}{A_1} = 0.872$$

### Diseño por cortante

#### Cortante calculado

$$V_u := \frac{q_u \cdot L3}{2} = 10.371 \text{ kN}$$

#### Cortante del Etabs

$$V_u := 16.4931 \text{ kN}$$

Asumir estribos de 10mm

$$\phi_{est} = 10 \text{ mm}$$

$$\phi V_c := 0.75 \cdot \left( 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot b_w \cdot d_1 \right) = 11.467 \text{ kN}$$

$$A_v := \frac{\pi \cdot \phi_{est}^2}{4} = 0.785 \text{ cm}^2$$

$$V_s := V_u - \phi V_c = 5.026 \text{ kN}$$

Verificar si  $V_u \leq 0.5 \cdot 0.75 \cdot V_c'$

$$\phi V_c' := 1.1 \cdot \phi V_c = 12.614 \text{ kN}$$

$$0.5 \cdot \phi V_c' = 6.307 \text{ kN}$$

$$s_{est} := \frac{0.75 \cdot A_v \cdot f_y \cdot d_1}{V_s} = 97.998 \text{ cm}$$

### Diseño por retracción y temperatura

$$\rho := \frac{0.0018 \cdot 420 \text{ MPa}}{f_y} = 0.0018$$

$$A_s := \rho \cdot a_{tributario} \cdot e_{losa} = 4.589 \text{ cm}^2$$

$$n_{var} := \frac{A_s}{6 \text{ mm}} = 7.648 \text{ cm} \quad 8 \phi 6 \text{ mm}$$

Tabla 6.5.4 – Cortantes aproximados para vigas continuas no preesforzadas y losas en una dirección

Localización	$V_u$
Cara exterior del primer apoyo interior	$1.15 w_u \ell_n / 2$
Cara de todos los demás apoyos	$w_u \ell_n / 2$

$V_s$	s máximo, mm	
	Viga no preesforzada	Viga preesforzada
$\leq 0.33 \sqrt{f'_c} b_w d$	El menor de: $d/2$	$3h/4$
	600	
$> 0.33 \sqrt{f'_c} b_w d$	El menor de: $d/4$	$3h/8$
	300	

	$V_u \leq 0.5 V_c$	$0 V_c \geq V_u > 0.5 0 V_c$	$V_u > 0 V_c$
Área de estribos requerido	Ninguna	MAYOR ENTRE: $\frac{0.062 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}}$ $\frac{0.35 b_w \cdot s}{f_{yt}}$	$\frac{(V_u - 0 V_c) s}{0 f_{yt} \cdot d}$
Separación entre estribos	Requerido	Ninguna	Menor entre: $\frac{A_v \cdot f_{yt}}{0.062 \sqrt{f'_c} \cdot b_w}$ $\frac{A_v \cdot f_{yt}}{0.35 \cdot b_w}$
	Máximo	Ninguna	$\frac{d}{2}$ $600 \text{ mm}$
			Si $V_s \leq 0.33 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$ $\frac{d}{2}$ o $600 \text{ mm}$ Si $V_s > 0.33 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$ $\frac{d}{4}$ o $300 \text{ mm}$

## Diseño de vigas

$$f'_c := 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$L_n := 4.26 \text{ m}$$

## Dimensión de viga

$$b_w := 300 \text{ mm}$$

$$h_w := 400 \text{ mm}$$

$$A_g := b_w \cdot h_w = 1200 \text{ cm}^2$$

$$P_u := 0 \text{ kN}$$

$$r_{ec} := 4 \text{ cm}$$

$$\phi_{est} := 10 \text{ mm}$$

$$\phi_b := 12 \text{ mm}$$

$$d := h_w - r_{ec} - \phi_{est} - \frac{\phi_b}{2}$$

## Dimensión de columnas

$$c_{1_2} := 30 \text{ cm} \quad \text{Dirección paralela a la viga de análisis}$$

$$c_{1_3} := 40 \text{ cm} \quad \text{Dirección perpendicular a la viga de análisis}$$

$$c_{2_2} := 30 \text{ cm} \quad \text{Dirección paralela a la viga de análisis}$$

$$c_{2_3} := 40 \text{ cm} \quad \text{Dirección perpendicular a la viga de análisis}$$

## Paso 1: Revisar las dimensiones de la sección

$$\text{if} \left( P_u < \frac{A_g \cdot f'_c}{10}, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

a) la relación entre la luz libre y el peralte efectivo debe exceder a 4

$$\text{if} \left( \frac{L_n}{h_w} > 4, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

b) la base de la viga debe ser mayor a 3 veces la altura o 25 cm

$$\text{if} (b_w \geq 250 \text{ mm}, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

$$\text{if} (b_w > 0.3 h_w, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

$$b_w := \min(250 \text{ mm}, 0.3 h_w) = 12 \text{ cm}$$

Chequeo de columna izquierda

$$b_1 := 3 \cdot c_{1_2} = 90 \text{ cm}$$

$$b_2 := c_{1_2} + 1.5 \cdot c_{1_3} = 90 \text{ cm}$$

$$b := \min(b_1, b_2) = 90 \text{ cm}$$

if ( $b_w < b$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Chequeo de columna derecha

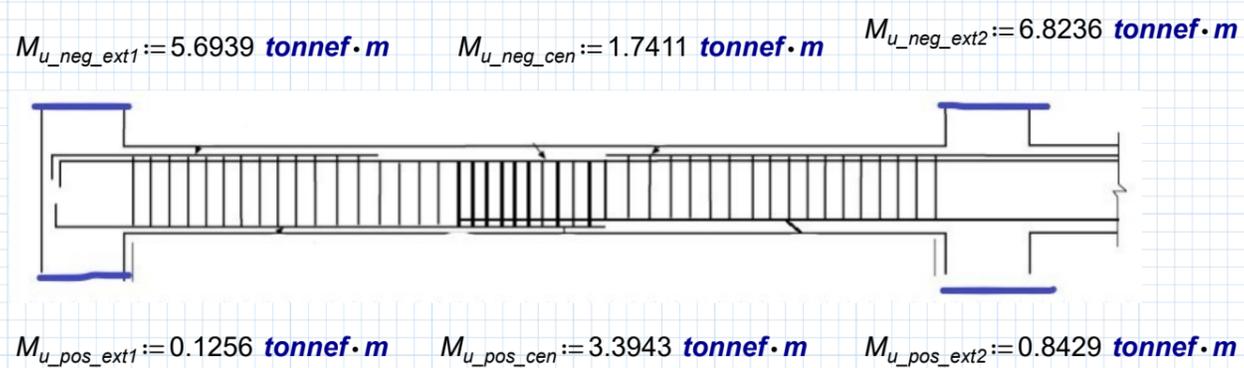
$$b_1 := 3 \cdot c_{2_2} = 90 \text{ cm}$$

$$b_2 := c_{2_2} + 1.5 \cdot c_{2_3} = 90 \text{ cm}$$

$$b := \min(b_1, b_2) = 90 \text{ cm}$$

if ( $b_w < b$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

**Paso 2: Determinar refuerzo requerido a flexión**



**Refuerzo para apoyo exterior negativo**

$$M_u := M_{u\_neg\_ext1} = 5.694 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$\phi := 0.9$$

$$j := 0.9$$

$$A_{s\_req} := \frac{M_u}{\phi \cdot j \cdot d \cdot f_y} = 4.865 \text{ cm}^2$$

$$n_{neg\_ext1} := 4 \quad \text{Numero de varillas}$$

$$\phi_{neg\_ext1} := 14 \text{ mm}$$

$$A_v := \frac{\pi \cdot \phi_{neg\_ext1}^2}{4} = 1.539 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\_neg\_ext1} := n_{neg\_ext1} \cdot A_v = 6.158 \text{ cm}^2$$

if ( $A_{s\_neg\_ext1} > A_{s\_req}$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Determinación de cuantías

$$\beta_1 := 0.85$$

$$\rho_{bal} := 0.85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \left( \frac{0.003}{0.003 + 0.002} \right) = 0.022$$

$$\rho_{max} := 0.75 \cdot \rho_{bal} = 0.016$$

$$\rho_{min} := \max \left( \frac{14 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{f_y}, \frac{0.8 \cdot \sqrt{f'_c \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}}{f_y} \right) = 0.003$$

$$\rho := \frac{A_{s\_neg\_ext1}}{b_w \cdot d} = 0.015$$

if ( $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Demanda capacidad

$$\phi M_n := \phi \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f'_c \cdot \left( \rho \cdot \frac{f_y}{f'_c} \right) \cdot \left( 1 - 0.59 \cdot \left( \rho \cdot \frac{f_y}{f'_c} \right) \right) = 6.597 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_u = 5.694 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

if ( $\phi M_n > M_u$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

#### Refuerzo para apoyo exterior positivo

$$M_u := M_{u\_pos\_ext1} = 0.126 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$\phi := 0.9$$

$$j := 0.9$$

$$A_{s\_req} := \frac{M_u}{\phi \cdot j \cdot d \cdot f_y} = 0.107 \text{ cm}^2$$

$$n_{pos\_ext1} := 3 \quad \text{Numero de varillas}$$

$$\phi_{pos\_ext1} := 12 \text{ mm}$$

$$A_v := \frac{\pi \cdot \phi_{pos\_ext1}^2}{4} = 1.131 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\_pos\_ext1} := n_{pos\_ext1} \cdot A_v = 3.393 \text{ cm}^2$$

if ( $A_{s\_pos\_ext1} > A_{s\_req}$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Determinación de cuantías

$$\rho_{max} = 0.016$$

$$\rho_{min} = 0.003$$

$$\rho := \frac{A_{s\_pos\_ext1}}{b_w \cdot d} = 0.008$$

if ( $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Demanda capacidad

$$\phi M_n := \phi \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f'_c \cdot \left( \rho \cdot \frac{f_y}{f'_c} \right) \cdot \left( 1 - 0.59 \cdot \left( \rho \cdot \frac{f_y}{f'_c} \right) \right) = 3.984 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_u = 0.126 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

if ( $\phi M_n > M_u$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Refuerzo para apoyo interior positivo

$$M_u := M_{u\_pos\_cen} = 3.394 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$\phi := 0.9$$

$$j := 0.9$$

$$A_{s\_req} := \frac{M_u}{\phi \cdot j \cdot d \cdot f_y} = 2.9 \text{ cm}^2$$

$$n_{pos\_cen} := 3 \quad \text{Numero de varillas}$$

$$\phi_{pos\_cen} := 12 \text{ mm}$$

$$A_v := \frac{\pi \cdot \phi_{pos\_cen}^2}{4} = 1.131 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\_pos\_cen} := n_{pos\_cen} \cdot A_v = 3.393 \text{ cm}^2$$

if ( $A_{s\_pos\_cen} > A_{s\_req}$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Determinación de cuantías

$$\rho_{max} := 0.025$$

$$\rho_{min} = 0.003$$

$$\rho := \frac{A_{s\_pos\_cen}}{b_w \cdot d} = 0.008$$

if ( $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Demanda capacidad

$$\phi M_n := \phi \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f'_c \cdot \left( \rho \cdot \frac{f_y}{f'_c} \right) \cdot \left( 1 - 0.59 \cdot \left( \rho \cdot \frac{f_y}{f'_c} \right) \right) = 3.984 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_u = 3.394 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

if ( $\phi M_n > M_u$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Refuerzo para apoyo exterior negativo

$$M_u := M_{u\_neg\_ext2} = 6.824 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$\phi := 0.9$$

$$j := 0.9$$

$$A_{s\_req} := \frac{M_u}{\phi \cdot j \cdot d \cdot f_y} = 5.831 \text{ cm}^2$$

$n_{neg\_ext2} := 4$  Numero de varillas

$\phi_{neg\_ext2} := 14 \text{ mm}$

$$A_v := \frac{\pi \cdot \phi_{neg\_ext2}^2}{4} = 1.539 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\_neg\_ext2} := n_{neg\_ext2} \cdot A_v = 6.158 \text{ cm}^2$$

if ( $A_{s\_neg\_ext2} > A_{s\_req}$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Determinación de cuantías

$\rho_{max} := 0.025$

$\rho_{min} = 0.003$

$$\rho := \frac{A_{s\_neg\_ext2}}{b_w \cdot d} = 0.015$$

if ( $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Demanda capacidad

$$\phi M_n := \phi \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_c \cdot \left( \rho \cdot \frac{f_y}{f_c} \right) \cdot \left( 1 - 0.59 \cdot \left( \rho \cdot \frac{f_y}{f_c} \right) \right) = 6.597 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_u = 6.824 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_u}{\phi M_n} = 1.034$$

if ( $\phi M_n > M_u$ , "Cumple", "No cumple") = "No cumple"

#### Refuerzo para apoyo exterior positivo

$$M_u := M_{u\_pos\_ext2} = 0.843 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$\phi := 0.9$

$j := 0.9$

$$A_{s\_req} := \frac{M_u}{\phi \cdot j \cdot d \cdot f_y} = 0.72 \text{ cm}^2$$

$n_{pos\_ext2} := 3$  Numero de varillas

$\phi_{pos\_ext2} := 12 \text{ mm}$

$$A_v := \frac{\pi \cdot \phi_{pos\_ext2}^2}{4} = 1.131 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\_pos\_ext2} := n_{pos\_ext2} \cdot A_v = 3.393 \text{ cm}^2$$

if ( $A_{s\_pos\_ext2} > A_{s\_req}$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Determinación de cuantías

$\rho_{max} := 0.025$

$$\rho_{min} = 0.003$$

$$\rho := \frac{A_{s\_pos\_ext2}}{b_w \cdot d} = 0.008$$

if ( $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Demanda capacidad

$$\phi M_n := \phi \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f'_c \cdot \left( \rho \cdot \frac{f_y}{f'_c} \right) \cdot \left( 1 - 0.59 \cdot \left( \rho \cdot \frac{f_y}{f'_c} \right) \right) = 3.984 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_u = 0.843 \text{ tonnef} \cdot m$$

if ( $\phi M_n > M_u$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

### Paso 3: Calcular la longitud requerida de anclaje del refuerzo a flexión en la columna exterior

Longitud de desarrollo para la parte exterior con momento negativo

$$L_{dh\_1} := \frac{f_y \cdot \phi_{neg\_ext1}}{17.2 \cdot \sqrt{f'_c \cdot \frac{kgf}{cm^2}}} = 23.591 \text{ cm}$$

$$L_{dh\_2} := 8 \cdot \phi_{neg\_ext1} = 11.2 \text{ cm}$$

$$L_{dh\_3} := 15 \text{ cm}$$

$$L_{dh\_Mom\_neg} := \max(L_{dh\_1}, L_{dh\_2}, L_{dh\_3}) = 23.591 \text{ cm}$$

Longitud de desarrollo para la parte exterior con momento negativo

$$L_{dh\_1} := \frac{f_y \cdot \phi_{pos\_ext1}}{17.2 \cdot \sqrt{f'_c \cdot \frac{kgf}{cm^2}}} = 20.221 \text{ cm}$$

$$L_{dh\_2} := 8 \cdot \phi_{pos\_ext1} = 9.6 \text{ cm}$$

$$L_{dh\_3} := 15 \text{ cm}$$

$$L_{dh\_Mom\_neg} := \max(L_{dh\_1}, L_{dh\_2}, L_{dh\_3}) = 20.221 \text{ cm}$$

### Paso 4 Verificar Cortante y estribos por el ACI-318

Resistencia al corte proporcionada por el concreto

$$\lambda := 1 \quad \phi := 0.75$$

$$V_u := 7.6403 \text{ tonnef}$$

$$V_c := 0.53 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \cdot \frac{kgf}{cm^2}} \cdot b_w \cdot d = 3.17 \text{ tonnef}$$

$$\phi V_c := \phi \cdot V_c = 2.378 \text{ tonnef}$$

Resistencia al corte proporcionada por el concreto

$$\phi V_n \geq V_u \quad \phi V_c + \phi V_s \geq V_u \quad V_s \geq \frac{(V_u - \phi V_c)}{\phi}$$

$$V_s := \frac{(V_u - \phi V_c)}{\phi} = 7.017 \text{ tonnef}$$

$$\phi V_s := \phi \cdot V_s = 5.262 \text{ tonnef}$$

$$V_{s_{max}} := 2.1 \cdot \sqrt{f_c \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \cdot b_w \cdot d = 12.562 \text{ tonnef}$$

if ( $V_s < V_{s_{max}}$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

Valor que se requiere de armadura mínima

$$\phi V_u := \phi \cdot V_s = 5.262 \text{ tonnef}$$

if ( $\phi V_c \geq V_u \geq \phi V_u$ , "Cumple", "No cumple") = "No cumple"    Entonces  $V_u \geq \phi V_c$

Espaciamiento máximo para el refuerzo cortante

$$V_s \leq 0.33 \cdot \sqrt{f_c \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \cdot b_w \cdot d = 0$$

$$s_1 := \frac{d}{2} = 172 \text{ mm}$$

$$s_2 := 600 \text{ mm}$$

$$s_{min1} := \min(s_1, s_2) = 172 \text{ mm}$$

Refuerzo Cortante

$$n_{ramas} := 3$$

$$A_{est} := \frac{\pi \cdot \phi_{est}^2}{4} = 0.785 \text{ cm}^2$$

$$s_{min2} := \frac{A_{est} \cdot d \cdot f_y}{V_s} = 161.723 \text{ mm}$$

Av min Área cortante

$$A_{vmin1} := \frac{V_s - \phi V_c}{\phi \cdot f_y \cdot d} = 0.428 \text{ mm}$$

$$A_{vmin} := A_{vmin1} = 0.428 \text{ mm}$$

$$s_{min3} := \frac{A_{est}}{A_{vmin}} = 183.468 \text{ mm}$$

$s := \min(s_{min1}, s_{min2}, s_{min3}) = 161.723 \text{ mm}$  El valor que mas restringe

Por lo tanto se escoge estribos de  $\phi 10c/100\text{mm}$

$$V_s := \frac{A_{est} \cdot d \cdot f_y}{s} = 7.017 \text{ tonnef}$$

if ( $\phi V_c + \phi V_s \geq V_u$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

if ( $0.5 \cdot V_s \leq V_{s_{max}}$ , "Cumple", "No cumple") = "Cumple"

$$s := 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm}$$

$$n_{neg\_ext1} = 4$$

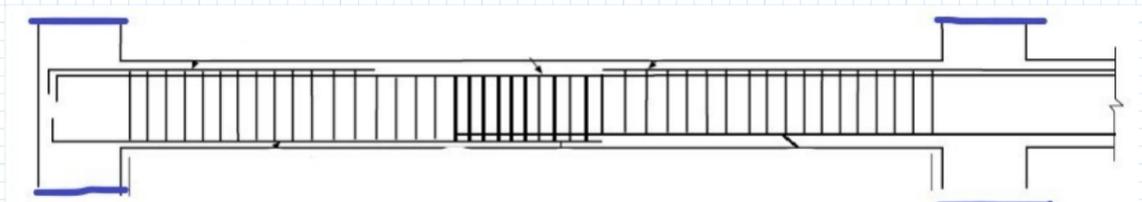
$$\phi_{neg\_ext1} = 14 \text{ mm}$$

$$\phi_{est} = 10 \text{ mm}$$

$$s = 100 \text{ mm}$$

$$n_{neg\_ext2} = 4$$

$$\phi_{neg\_ext2} = 14 \text{ mm}$$



$$n_{pos\_ext1} = 3$$

$$\phi_{pos\_ext1} = 12 \text{ mm}$$

$$n_{pos\_cen} = 3$$

$$\phi_{pos\_cen} = 12 \text{ mm}$$

$$n_{pos\_ext2} = 3$$

$$\phi_{pos\_ext2} = 12 \text{ mm}$$































ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - A.P.U.							
		NOMBRE DEL PROYECTO: Casa Santos					
		NOMBRE DE OFERENTE: Yordy Vejé y Cindy Navia			FECHA:		
\$ U.S.D. COSTO DIRECTO	CODIGOS	RUBRO: 16		UNIDAD: kg			
		DESCRIPCION: Suministro, fabricación, montaje de acero estructural. Tipo ASTM A36					
					Cantidad = 6,408.67		
146.55		<b>(M) EQUIPOS</b>		Rendimiento de Equipos y Mano de Obra = 0.01114			
		DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	hH/unidad	COSTO T.
			A	B	C = A x B	Rendimiento	D = C x R
0.90	115	Herramienta manual	1.00	0.50	0.50	0.01114	0.006
66.90	163	GRÚA 30 TON	1.00	40.00	40.00	0.01114	0.446
10.50	167	MOTOSOLDADORA A GASOLINA ATOM, 1	1.00	6.25	6.25	0.01114	0.070
6.30	166	Equipo de Oxicorte	1.00	3.75	3.75	0.01114	0.042
40.05	169	Generador de Energia	1.00	24.00	24.00	0.01114	0.267
2.10	162	Compresor de aire 2 H. P. 24 Ltr.	1.00	1.25	1.25	0.01114	0.014
3.15	161	Amoladora Electrica 9 Pulg. 2400 W, 6400	1.00	1.90	1.90	0.01114	0.021
16.65	165	Elevador de Tijera	1.00	10.00	10.00	0.01114	0.111
		<b>SUB-TOTAL (M)</b>					<b>0.977</b>
26.55		<b>(N) MANO DE OBRA</b>					
		DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO T.
			A	B	C = A x B	R	D = C x R
7.20	202	Maestro Mayor en Obra Civiles / Maestro	1.00	4.29	4.29	0.01114	0.048
6.45	208	Soldador	1.00	3.87	3.87	0.01114	0.043
6.45	207	Pintor	1.00	3.87	3.87	0.01114	0.043
6.45	200	Peon	1.00	3.83	3.83	0.01114	0.043
		<b>SUB-TOTAL (N)</b>					<b>0.177</b>
240.00		<b>(O) MATERIALES</b>					
		DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO T.	
				A	B	C = A x B	
226.80	186074	Perfiles metalicos	kg	1.05000000	1.44	1.512	
3.00	186062	Electrodo 7010	Kg	0.00847000	2.35	0.020	
5.10	186069	PINTURA PARA ESTRUCTURA METALICA	galon	0.00214000	16.00	0.034	
3.60	186060	Diluyente	galon	0.00171000	13.95	0.024	
1.50	186061	Disco de Corte	u	0.00590000	1.70	0.010	
		<b>SUB-TOTAL (O)</b>					<b>1.600</b>
-		<b>(P) TRANSPORTE</b>					
		DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO T.	
				A	B	C = A x B	
		<b>SUB-TOTAL (P)</b>					<b>-</b>
\$ 413.10							
LOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA				TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		2.75	
				COSTOS INDIRECTOS			
				COSTO TOTAL DEL RUBRO:		2.75	
				<b>VALOR OFERTADO:</b>	<b>16</b>	<b>\$ 2.75</b>	



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - A.P.U.							
		NOMBRE DEL PROYECTO: Casa Santos					
		NOMBRE DE OFERENTE: Yordy Vej3 y Cindy Navia				FECHA:	
\$ U.S.D. COSTO DIRECTO	CODIGOS	RUBRO: 18		UNIDAD: m2			
		DESCRIPCION: Suministro e instalacion de Losa					
		Cantidad = 147.62					
19.65		(M) EQUIPOS		Rendimiento de Equipos y Mano de Obra = 0.26230			
		DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	hH/unidad	COSTO T.
			A	B	C = A x B	Rendimiento	D = C x R
19.65	115	Herramienta manual	1.00	0.50	0.50	0.26230	0.131
		SUB-TOTAL (M)					0.131
471.75		(N) MANO DE OBRA					
		DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO T.
			A	B	C = A x B	R	D = C x R
168.75	202	Maestro Mayor en Obra Civiles / Maestro	1.00	4.29	4.29	0.26230	1.125
152.25	208	Soldador	1.00	3.87	3.87	0.26230	1.015
150.75	200	Peon	1.00	3.83	3.83	0.26230	1.005
		SUB-TOTAL (N)					3.145
2,641.65		(O) MATERIALES					
		DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO T.	
				A	B	C = A x B	
2,641.65	186080	Losa Steel Deck e= 0,76 mm (incluye pernos)	m2	1.10000000	16.01	17.611	
		SUB-TOTAL (O)					17.611
-		(P) TRANSPORTE					
		DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO T.	
				A	B	C = A x B	
		SUB-TOTAL (P)					-
\$ 3,133.05							
LOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA			TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		20.89		
			COSTOS INDIRECTOS				
			COSTO TOTAL DEL RUBRO:		20.89		
			<b>VALOR OFERTADO:</b>		<b>18</b>		<b>\$ 20.89</b>







ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - A.P.U.							
		NOMBRE DEL PROYECTO: Casa Santos					
		NOMBRE DE OFERENTE: Yordy Vej3 y Cindy Navia				FECHA:	
\$ U.S.D. COSTO DIRECTO	CODIGOS	RUBRO: 22		UNIDAD: kg			
		DESCRIPCION: Acero de refuerzo en barras fy=4200kg/cm2 para columnas					
		Cantidad = 1,774.60					
19.80		(M) EQUIPOS Rendimiento de Equipos y Mano de Obra = 0.05298					
		DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	hH/unidad	COSTO T.
			A	B	C = A x B	Rendimiento	D = C x R
15.90	106	Cortadora-dobladora de hierro	1.00	2.00	2.00	0.05298	0.106
3.90	115	Herramienta manual	1.00	0.50	0.50	0.05298	0.026
		SUB-TOTAL (M)					
64.65		(N) MANO DE OBRA					
		DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO T.
			A	B	C = A x B	R	D = C x R
3.45	202	Maestro Mayor en Obra Civiles / Maestro	0.10	4.29	0.43	0.05298	0.023
30.75	201	Albañil, fierrero, Carpintero, Cadenero, El	1.00	3.87	3.87	0.05298	0.205
30.45	200	Peon	1.00	3.83	3.83	0.05298	0.203
		SUB-TOTAL (N)					
200.70		(O) MATERIALES					
		DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO T.	
				A	B	C = A x B	
189.00	18343	Acero de refuerzo	kg	1.05000000	1.20	1.260	
11.70	18578	Alambre Recocido # 18	rollo	0.00200000	39.01	0.078	
		SUB-TOTAL (O)					
-		(P) TRANSPORTE					
		DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO T.	
				A	B	C = A x B	
		SUB-TOTAL (P)					
\$ 285.15							
LOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA				TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		1.90	
				COSTOS INDIRECTOS			
				COSTO TOTAL DEL RUBRO:		1.90	
				VALOR OFERTADO:		22 \$ 1.90	







ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - A.P.U.								
		NOMBRE DEL PROYECTO: Casa Santos						
		NOMBRE DE OFERENTE: Yordy Vej3 y Cindy Navia				FECHA:		
\$ U.S.D. COSTO DIRECTO	CODIGOS	RUBRO: 26		UNIDAD: kg				
		DESCRIPCION: Acero de refuerzo en barras fy=4200kg/cm2 para nervios. muros. escalera y losa maciza						
		Cantidad = 288.08						
19.80		(M) EQUIPOS		Rendimiento de Equipos y Mano de Obra = 0.05298				
		DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	hH/unidad	COSTO T.	
			A	B	C = A x B	Rendimiento	D = C x R	
15.90	106	Cortadora-dobladora de hierro	1.00	2.00	2.00	0.05298	0.106	
3.90	115	Herramienta manual	1.00	0.50	0.50	0.05298	0.026	
		SUB-TOTAL (M)						0.132
64.65		(N) MANO DE OBRA						
		DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO T.	
			A	B	C = A x B	R	D = C x R	
3.45	202	Maestro Mayor en Obra Civiles / Maestro	0.10	4.29	0.43	0.05298	0.023	
30.75	201	Albañil, fierrero, Carpintero, Cadenero, El	1.00	3.87	3.87	0.05298	0.205	
30.45	200	Peon	1.00	3.83	3.83	0.05298	0.203	
		SUB-TOTAL (N)						0.431
200.70		(O) MATERIALES						
		DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO T.		
				A	B	C = A x B		
189.00	18343	Acero de refuerzo	kg	1.05000000	1.20	1.260		
11.70	18578	Alambre Recocido # 18	rollo	0.00200000	39.01	0.078		
		SUB-TOTAL (O)						1.338
-		(P) TRANSPORTE						
		DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO T.		
				A	B	C = A x B		
		SUB-TOTAL (P)						-
\$ 285.15								
LOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA				TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		1.90		
				COSTOS INDIRECTOS				
				COSTO TOTAL DEL RUBRO:		1.90		
				<b>VALOR OFERTADO:</b>		<b>26 \$ 1.90</b>		













ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - A.P.U.							
		NOMBRE DEL PROYECTO: Casa Santos					
		NOMBRE DE OFERENTE: Yordy Vejó y Cindy Navia			FECHA:		
\$ U.S.D. COSTO DIRECTO	CODIGOS	RUBRO: 33		UNIDAD: m2			
		DESCRIPCION: Recubr de pared_Lv h:1.20m_Baño Srv.					
		Cantidad = 3.19					
49.95		<b>(M) EQUIPOS</b> Rendimiento de Equipos y Mano de Obra = 0.66667					
		DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	hH/unidad COSTO T.	
			A	B	C = A x B	Rendimiento D = C x R	
49.95	115	Herramienta manual	1.00	0.50	0.50	0.66667 0.333	
		<b>SUB-TOTAL (M)</b>					
1,198.95		<b>(N) MANO DE OBRA</b>					
		DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO COSTO T.	
			A	B	C = A x B	R D = C x R	
429.00	202	Maestro Mayor en Obra Civiles / Maestro	1.00	4.29	4.29	0.66667 2.860	
387.00	201	Albañil, fierrero, Carpintero, Cadenero, El	1.00	3.87	3.87	0.66667 2.580	
382.95	200	Peon	1.00	3.83	3.83	0.66667 2.553	
		<b>SUB-TOTAL (N)</b>					
3,358.35		<b>(O) MATERIALES</b>					
		DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO T.	
				A	B	C = A x B	
3,120.00	186088	Ceramica de Bano	m2	1.04000000	20.00	20.800	
208.35	186089	Bondex Stándar para Ceramica (25 kg)	saco	0.28571400	4.86	1.389	
15.00	186085	Empore de Porcelanato	u	0.05000000	2.00	0.100	
15.00	186086	Crucetas	fundas	0.04000000	2.50	0.100	
		<b>SUB-TOTAL (O)</b>					
-		<b>(P) TRANSPORTE</b>					
		DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO T.	
				A	B	C = A x B	
		<b>SUB-TOTAL (P)</b>					
\$ 4,607.25							
		LOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA				TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	30.72
						COSTOS INDIRECTOS	
						COSTO TOTAL DEL RUBRO:	30.72
						<b>VALOR OFERTADO:</b>	<b>33 \$ 30.72</b>









ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS - A.P.U.								
		NOMBRE DEL PROYECTO: Casa Santos						
		NOMBRE DE OFERENTE: Yordy Vejó y Cindy Navia				FECHA:		
\$ U.S.D. COSTO DIRECTO	CODIGOS	RUBRO: 38		UNIDAD: m2				
		DESCRIPCION: Ceramica de paredes en Baños Generales						
		Cantidad = 196.52						
49.95		(M) EQUIPOS Rendimiento de Equipos y Mano de Obra = 0.66667						
		DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	hH/unidad	COSTO T.	
			A	B	C = A x B	Rendimiento	D = C x R	
49.95	115	Herramienta manual	1.00	0.50	0.50	0.66667	0.333	
		SUB-TOTAL (M)						0.333
1,198.95		(N) MANO DE OBRA						
		DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO T.	
			A	B	C = A x B	R	D = C x R	
429.00	202	Maestro Mayor en Obra Civiles / Maestro	1.00	4.29	4.29	0.66667	2.860	
387.00	201	Albañil, fierrero, Carpintero, Cadenero, El	1.00	3.87	3.87	0.66667	2.580	
382.95	200	Peon	1.00	3.83	3.83	0.66667	2.553	
		SUB-TOTAL (N)						7.993
3,358.35		(O) MATERIALES						
		DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO T.		
				A	B	C = A x B		
3,120.00	186088	Ceramica de Bano	m2	1.04000000	20.00	20.800		
208.35	186089	Bondex Stándar para Ceramica (25 kg)	saco	0.28571400	4.86	1.389		
15.00	186085	Empore de Porcelanato	u	0.05000000	2.00	0.100		
15.00	186086	Crucetas	fundas	0.04000000	2.50	0.100		
		SUB-TOTAL (O)						22.389
-		(P) TRANSPORTE						
		DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO T.		
				A	B	C = A x B		
		SUB-TOTAL (P)						-
\$ 4,607.25								
LOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA				TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		30.72		
				COSTOS INDIRECTOS				
				COSTO TOTAL DEL RUBRO:		30.72		
				<b>VALOR OFERTADO:</b>		<b>38 \$ 30.72</b>		





















