

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

REHABILITACIÓN DE COLUMNAS FISURADAS DE HORMIGÓN
ARMADO APLICANDO VARIAS SOLUCIONES, EN UN EDIFICIO DE LA
CIUDAD DE GUAYAQUIL, ECUADOR

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del Título de:

**MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN
CONSTRUCCIÓN Y SANAMIENTO**

Presentado por:

Ing. José Luis Vega Lozano

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2024

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación lo dedico a mi familia en especial a mi esposa e hija, que han sido un pilar fundamental para alcanzar este logro tan anhelado, además agradezco el apoyo de mis padres quienes han estado presente en todo este largo camino brindándome su apoyo en cada momento.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a Dios por brindarme esta oportunidad de superación y alcanzar este logro tan anhelado, así también agradezco a cada uno de mis profesores que en este largo camino nos han brindado sus conocimientos y experiencias en especial a mi tutor PhD. Eduardo Santos, quien me ha guiado de una manera invaluable en el desarrollo de este proyecto de titulación de manera profesional ayudándome a resolver cada problema encontrado.

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo José Luis Vega Lozano acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 05 de diciembre del 2024.

Ing. José Luis Vega Lozano

EVALUADORES

M.Sc. Nadia Quijano Arteaga

PROFESOR DE LA MATERIA

PhD. Eduardo Santos Baquerizo

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La rehabilitación de una edificación es fundamental para garantizar la seguridad de la estructura y de sus habitantes. En la ciudad de Guayaquil se realiza el estudio a las columnas de la segunda planta alta de una Edificación que ha estado expuesta al medio ambiente por muchos años llevándola al deterioro de sus elementos estructurales, donde se analiza las soluciones técnicas para la rehabilitación. Se realizaron ensayos destructivos y no destructivos a los elementos estructurales en análisis, también se realizó el levantamiento de información, inspección visual en cada columna donde se pudo constatar con claridad el estado actual de la edificación, con esto se pudo proponer las soluciones técnicas de rehabilitación como lo son el método del encamisado con hormigón armado y el método de la Fibra de Carbono este como método de solución sostenible. En el análisis realizado se pudo obtener datos correctos del estado actual de la Edificación como lo son la resistencia del hormigón, así como también la cuantía de acero existente, espesores de recubrimiento, estado del acero de refuerzo. Con las soluciones propuestas para la rehabilitación garantizamos la seguridad de la estructura y la de los usuarios que la habitan.

Palabras Clave: Rehabilitación, Seguridad, Sostenibilidad, Edificación.

ABSTRACT

The rehabilitation of a building is essential to guarantee the safety of the structure and its inhabitants. In the city of Guayaquil, a study is carried out on the columns of the second upper floor of a building that has been exposed to the environment for many years, leading to the deterioration of its structural elements, where the technical solutions for rehabilitation are analyzed. Destructive and non-destructive tests were carried out on the structural elements under analysis, information gathering was also carried out, visual inspection on each column where the current state of the building could be clearly verified, with this it was possible to propose technical rehabilitation solutions. such as the reinforced concrete cladding method and the Carbon Fiber method, this as a sustainable solution method. In the analysis carried out, it was possible to obtain correct data on the current state of the Building, such as the strength of the concrete, as well as the amount of existing steel, coating thicknesses, and state of the reinforcing steel. With the solutions proposed for the rehabilitation we guarantee the safety of the structure and that of the users who inhabit it.

Keywords: *Rehabilitation, Security, Sustainability, Building.*

INDICE GENERAL

EVALUADORES	I
RESUMEN	II
ABSTRACT.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE PLANOS.....	XI
CAPÍTULO 1	12
INTRODUCCIÓN	12
1.1 ANTECEDENTES	13
1.2 LOCALIZACIÓN.....	14
1.3 PROBLEMÁTICA QUE RESOLVER	15
1.4 JUSTIFICACIÓN	16
1.5 OBJETIVOS	17
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
CAPÍTULO 2	19
DESARROLLO DEL PROYECTO.....	19
2.1 MARCO CONCEPTUAL	19
2.2 MARCO METODOLOGICO	28
2.2.1 TRABAJO DE CAMPO.....	31
2.2.2. TRABAJO DE LABORATORIO O GABINETE	37
2.2.3. TABULACIÓN DE DATOS	40

2.2.4. SOLUCIÓN A DISEÑAR.....	44
CAPÍTULO 3	47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
3.1 RESULTADOS.....	47
3.2 ANALISIS DE RESULTADOS.....	66
3.3 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	111
CAPÍTULO 4	115
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
4.1 CONCLUSIONES	115
4.2 RECOMENDACIONES	116
BIBLIOGRAFIA	118
PLANOS Y ANEXOS	120

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
ACI	American Concrete Institute.
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción.
ANSI/AISC	American National Standards Institute. American Institute of Steel Construction.

SIMBOLOGÍA

u	Unidad.
m	Metro.
m ²	Metro cuadrado.
m ³	Metro cúbico.
kg	Kilogramo.
glb	Global.
CO ₂	Dióxido de carbono.

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Ubicación de la Edificación_ Fuente: Google Earth	15
Ilustración 2. Columnas_ Fuente: Max Acero Monterrey,2023.....	20
Ilustración 3. Fisuras en Columnas de Hormigón_ Fuente: Pascal L.....	21
Ilustración 4. Grieta en Columna de Hormigón_ Fuente: CEMIX México SA de CV.	22
Ilustración 5. Desprendimiento del Hormigón_ Fuente: Molins.	23
Ilustración 6. Corrosión en barras de acero_ Fuente: COTECNO	24
Ilustración 7. Carbonatación en el Concreto_ Fuente: Babiche,2024.	25
Ilustración 8. Encamisado de Columnas con Acero_ Fuente: Obras Civiles y Construcción	27
Ilustración 9. Encamisado de Columnas con Fibra de Carbono_ Fuente: EK4 Diseño y Construcción.	28
Ilustración 10. Metodología Tipo Cascada_ Fuente: José Vega L. _2024	28
Ilustración 11. Extracción de Núcleo_ Fuente: José Vega L. _2024	38
Ilustración 12. Ensayo de Esclerometría_ Fuente: José Vega L. _2024	38
Ilustración 13. Ensayo de Pachometría_ Fuente: José Vega L. _2024	39
Ilustración 14. Ensayo de Carbonatación_ Fuente: José Vega L. _2024	40
<i>Ilustración 15. Ejes de Columnas_ Fuente: Jose Vega L.</i>	<i>40</i>
Ilustración 16. Datos de Distribución de Aceros _ Fuente: José Vega L.	42
Ilustración 17. Ensayo de Carbonatación realizado a Columna A3_ Fuente: José Vega L.	43
Ilustración 18. Ensayo de Carbonatación realizado a Columna B2_ Fuente: José Vega L.	44
Ilustración 19_ Rehabilitación con Encamisado	45
Ilustración 20_ Rehabilitación con Fibra de Carbono_ Fuente: Sika Perú.	46
Ilustración 21. Códigos ingresados en el software Etabs	48
Ilustración 22. Caracterización de Peligro Sísmico_ Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.	51
Ilustración 23. Cálculo de Espectro de Respuesta y coeficiente de cortante basal.....	55
Ilustración 24. Definición de Espectro de Respuesta para este caso particular	56

Ilustración 25. Definición de Espectro de Respuesta con NEC15	57
Ilustración 26. Módulo de Elasticidad para $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ (216887.07 Kg/cm ²)	57
Ilustración 27. Ingreso de columnas con dimensiones obtenidas en campo	58
Ilustración 28_ Máxima deriva en X	59
Ilustración 29_ Máxima deriva en Y	60
Ilustración 30. Tabla de Participación Modal	61
Ilustración 31. Modelación de la estructura de hormigón armado	62
Ilustración 32. Códigos ingresados en el Software Etabs para la rehabilitación	67
Ilustración 33. Caracterización de Peligro Sísmico_ Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.	69
Ilustración 34. Cálculo de Espectro de Respuesta y coeficiente de cortante basal.....	73
Ilustración 35. Definición de Espectro de Respuesta para este caso particular	74
Ilustración 36. Definición de Espectro de Respuesta con NEC15	75
Ilustración 37. Módulo de Elasticidad para $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$ (207846.10 Kg/cm ²)	76
<i>Ilustración 38. Ingreso de columnas con encamisado de 40x40</i>	<i>77</i>
Ilustración 39. Máxima deriva en X	78
Ilustración 40. Máxima deriva en Y	79
Ilustración 41_ Tabla de Participación Modal	80
Ilustración 42. Modelación de la estructura de hormigón armado	81
Ilustración 43. Sección de Columna 40x40 cm	85
Ilustración 44. Parámetros técnicos para el análisis estructural_ Fuente: Sika.....	96
Ilustración 45. Ingreso de valores a columna existente_ Fuente: Sika.....	97
Ilustración 46. Factor de resistencia_ Fuente: Sika.....	97
Ilustración 47. Ingreso de valores de carga y momentos de la columna_ Fuente: Sika.	98
Ilustración 48. Resultados para reforzamiento con fibra de carbono_ Fuente: Sika	99
Ilustración 49. Detalle de reforzamiento con fibra de Carbono.....	100
Ilustración 50. Plano de solución de encamisado.	111
Ilustración 51. Plano sección de nueva columna	112
Ilustración 52. Plano de solución con Fibra de Carbono.	113
Ilustración 53. Plano de Solución con Fibra de Carbono.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de columnas y tipo de ensayos realizados.....	37
Tabla 2: Resultado de esclerometría y ensayo de extracción de núcleo.....	41
Tabla 3: Resultado de ensayo de carbonatación en Columna A3.....	43
Tabla 4: Resultado de ensayo de carbonatación en Columna B2.....	43
Tabla 5. Calculo de Resistencia de Concreto promedio.....	49
Tabla 6: Ubicación de Factor Z (NEC).	51
Tabla 7: Coeficientes de perfil de suelo encontrado	52
Tabla 8: Ubicación de Factor Z (NEC).	69
Tabla 9. Coeficientes de perfil de suelo encontrado.	70
Tabla 10. Presupuesto del Reforzamiento con Encamisado.....	86
Tabla 11. Presupuesto para rehabilitación de 3 Columnas con Encamisado.....	86
Tabla 12. Factores de carga, combinación ACI.	98
Tabla 13. Resultado para reforzamiento con fibra de carbono Numero de vueltas en columna.....	99
Tabla 14. Resultado para reforzamiento con fibra de carbono.....	99
Tabla 15. Presupuesto del Reforzamiento con Fibra de Carbono (FRP).	101
Tabla 16. Presupuesto para rehabilitación de 3 Columnas con Fibra de Carbono (FRP).	102

ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1. DETALLE DE ARMADURAS EN COLUMNAS EXISTENTES.
- PLANO 2. DETALLE DE REFORZAMIENTO METODO DE ENCAMISADO ARMADURA EM COLUMNAS.
- PLANO 3. DETALLE DE REFORZAMIENTO METODO DE ENCAMISADO ARMADURA EM COLUMNAS.
- PLANO 4. DETALLE DE REFORZAMIENTO DE COLUMNAS CON LAMINAS DE FIBRA DE CARBONO.
- PLANO5. DETALLE DE REFORZAMIENTO DE COLUMNAS CON LAMINAS DE FIBRA DE CARBONO.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Analizar la seguridad estructural de una obra construida es mucho más complejo que en el caso de una estructura por construir, pues requiere inspecciones, ensayos y sólidos conocimientos técnicos sobre estructurales de rehabilitación (Fernández & Howland, 2018).

La estructura se deteriora debido a la exposición a largo plazo en ambientes agresivos y otros factores que intervienen en el desempeño de los elementos estructurales afectando también en la corrosión en los edificios u otras estructuras de concreto reforzado, lo que provoca una reducción en la capacidad de carga, así como la seguridad de la estructura. (Kumar, y otros, 2024).

La presente investigación, propone la metodología para la rehabilitación de columnas de hormigón armado fisuradas en una Edificación ubicada en la ciudadela Naval Norte de la ciudad de Guayaquil , que han estado expuestas al medio ambiente por muchos años y a otros factores, llevando al deterioro de los elementos estructurales, así como también el

respectivo estudio, inspección visual y análisis con ensayos destructivos y no destructivos para conocer el estado actual de las columnas esto con la finalidad de realizar la toma de decisiones acertada para la correcta solución, tomando en cuenta la implementación de materiales sostenibles para la rehabilitación. (Vega, 2024)

La ciudad de Guayaquil por su ubicación geográfica es susceptible a la fuerza sísmica, como también el ambiente agresivo, esto afecta directamente a las edificaciones causando daños en elementos estructurales y no estructurales, que pueden ocasionar graves afectaciones a su integridad llevándolas en casos extremos a colapsos y pérdidas humanas. (Vega, 2024).

Las modificaciones a los diseños aprobados o ampliaciones sin la correcta aprobación y seguimiento del profesional a cargo y la utilización de materiales que no cumplen las especificaciones técnicas de acuerdo con las normativas vigentes, procesos constructivos mal ejecutados y mano de obra no calificada, son factores que agravan el problema del correcto desempeño de la estructura, aumentando la vulnerabilidad de la edificación. (Vega, 2024)

1.1 ANTECEDENTES

El hormigón armado debido a su alta resistencia y durabilidad permite diseñar construcciones de larga duración, por la combinación de la resistencia a la compresión del hormigón en conjunto con la resistencia a la tracción del acero. (Guerra, Puig, & Castañeda, 2023).

Los elementos estructurales de hormigón armado son analizados y diseñados, para cumplir con un tiempo de vida útil en condiciones favorables; sin embargo, factores como el medio ambiente, el uso que le demos a la estructura o malos procesos constructivos, aceleran el desgaste de los elementos, disminuyendo su tiempo de servicio para el cual fueron diseñados. (Páez, 2016).

Los malos procesos constructivos ocasionan diversas consecuencias tanto en la calidad de la construcción como en la seguridad y el costo a largo plazo. Las afectaciones que se presentan en los elementos estructurales se pueden dar por errores en los estudios y diseño, uso de materiales de baja calidad, mano de obra no calificada, exposición al ambiente; produciendo incremento de costos de obra e inseguridad al propietario. (Estructural, 2023)

La edificación a evaluar es de tres plantas perteneciente al Sr. Miguel Villacreses Muñoz, fue construida en el año de 1974, de Hormigón Armado y mampostería de bloque, cuya implantación en la planta baja es de ancho =11.5 m y profundidad =17.5m, planificada para 4 plantas; se inició con la construcción de la planta baja hace 50 años, 10 años después se construyó la 1era planta alta y columnas y vigas de la 2da planta alta, dejando expuestas al medio ambiente los elementos estructurales de la 2da planta alta, durante 25 años. En la planta baja y primera planta alta funcionan departamentos 3 por cada piso, en la segunda planta alta, que es la zona destinada al análisis, se ha construido una mampostería de bloque perimetral. Actualmente, este espacio se utiliza como bodega, pero en el futuro está proyectado para albergar cuatro departamentos adicionales. (Vega, 2024)

1.2 LOCALIZACIÓN

La edificación a evaluar se encuentra ubicada en la ciudadela Naval Norte, Mz 4, Sl. 6, de la Parroquia Tarqui en el Centro Norte de la ciudad de Guayaquil - Ecuador. Cuyas coordenadas son (Norte: 9758896.202, Este: 623352.373). En la *Ilustración 1*, se presenta imagen de la ubicación de la Edificación.



Ilustración 1. Ubicación de la Edificación_ Fuente: Google Earth

1.3 PROBLEMÁTICA QUE RESOLVER

El problema a resolver se enfoca directamente a los elementos estructurales, en este caso las columnas que tienen un daño severo en el desprendimiento de hormigón y corrosión en los aceros expuestos, así como también en los recubrimientos de aceros transversales (estribos), que no cumplen con la normativa, ocasionando peligro e inseguridad a los habitantes del edificio. (Vega, 2024)

El problema principal en la edificación a estudiar se debe a que no se le dio el mantenimiento rutinario necesario por muchos años y al estar expuesta a la intemperie y a los agentes agresivos del medio ambiente los elementos estructurales en la segunda planta alta fueron severamente afectados, ocasionando el desprendimiento del concreto evidenciándose en la exposición del acero al no cumplir con los recubrimientos mínimos, de acuerdo con las normas preestablecidas. (Vega, 2024)

Las columnas afectadas debido a la exposición directa al medio ambiente en el paso de los años, se han debilitado perdiendo su capacidad portante por lo que es necesario realizar la rehabilitación integral para asegurar su óptimo funcionamiento a fuerzas de compresión y flexión, a la acción sísmica, así como también garantizar la seguridad de las personas que lo habitan. (Vega, 2024)

En esta investigación a realizar del estado actual de las columnas se obtendrán datos actuales en obra, realizando ensayos no destructivos para obtener características de la resistencia de hormigón actual, así como también la cuantía de acero existente, por lo que tendremos un objetivo claro cómo abordar el problema y analizar las posibles soluciones para la rehabilitación. (Vega, 2024)

En el estudio de esta rehabilitación el propietario del inmueble quiere conocer si es posible realizar la construcción de la tercera planta alta en la edificación, así como también habilitar la segunda planta alta para los 4 departamentos proyectados. (Vega, 2024)

1.4 JUSTIFICACIÓN

La integridad y durabilidad de las estructuras de hormigón armado son muy importantes para la seguridad y funcionalidad de edificaciones e infraestructuras. Las fisuras en las columnas representan un problema crítico, ya que pueden reducir la capacidad de carga de la estructura y aumentar la vulnerabilidad ante eventos sísmicos y otras cargas dinámicas. La identificación y reparación efectiva de estas fisuras son, por tanto, vitales para prevenir fallas estructurales catastróficas. (Vega, 2024)

La rehabilitación de columnas fisuradas es fundamental para garantizar la seguridad de los usuarios del edificio objeto de esta investigación.

Las técnicas de rehabilitación adecuadas pueden extender significativamente la vida útil de las estructuras de hormigón armado. Esto es especialmente relevante en contextos donde el reemplazo total de una estructura no es económicamente viable o deseable. Este proyecto evaluará diversas soluciones de rehabilitación, buscando aquellas que ofrezcan la mayor durabilidad y resistencia a largo plazo. (Pérez, 2010).

Para la optimización de costos la rehabilitación de columnas fisuradas, en lugar de su reemplazo completo, puede resultar en ahorros significativos en costos de construcción y mantenimiento. Este estudio pretende identificar métodos de rehabilitación que sean tanto efectivos como económicamente eficientes, proporcionando una guía práctica para ingenieros. (Vega, 2024)

La rehabilitación de estructuras existentes en lugar de la demolición contribuye a la sostenibilidad ambiental, reduciendo la generación de residuos y el consumo de recursos naturales. (Vega, 2024)

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Proponer distintas metodologías para la rehabilitación de columnas agrietadas y fisuradas de hormigón armado, usando varias soluciones técnicas normadas, para evitar peligros y dar seguridad a los habitantes de la edificación.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Evaluar técnicamente los daños en la edificación, especialmente en las columnas de hormigón armado.
- Aplicar ensayos no destructivos, a los elementos estructurales afectados y verificarlos estructuralmente para determinación del estado actual.
- Plantear distintas soluciones que brinden seguridad a la estructura y a sus usuarios, y el presupuesto necesario para la rehabilitación de los elementos afectados.

CAPÍTULO 2

DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

- **Edificación Habitacional**

Es una construcción diseñada, planificada y ejecutada en un espacio diseñada, siguiendo las normativas técnicas que cumplan con los diseños para satisfacer requisitos de habitabilidad. (Vega, 2024)

- **Elementos Estructurales en una Edificación**

Los elementos estructurales de una edificación son parte importantes que sirven para dar rigidez y resistencia en una edificación, su función principal soportar el peso

muerto y otras fuerzas como sismos, vientos. Se los puede definir elementos estructurales de una edificación a zapatas, columnas, vigas, losa. (Vega, 2024)

- **Columnas**

En las edificaciones las columnas juegan un papel vital, son elementos diseñados para transmitir las cargas de las vigas que actúan soportando su propio peso, carga muerta, carga viva a la que va estar sometida la infraestructura, estas transmiten el peso a la cimentación. También las columnas deben exhibir una resistencia requerida a cargas sísmicas para garantizar la seguridad estructural. (D.Kobbekaduwa, O.Nanayakkara, L. Di Sarno, T.Krevaikas,2024).

- **Columnas de Hormigón Armado**

Estas columnas están compuestas de Hormigón y acero longitudinales que ayudan a soportar las cargas verticales. La armadura transversal (estribos) evitan al concreto a expandirse con la actuación de cargas, evitando el esfuerzo del cortante y también la fluencia del acero longitudinal. (Vega, 2024)



Ilustración 2. Columnas_Fuente: Max Acero Monterrey,2023.

- **Fisuras.**

Las fisuras son roturas que brotan en el hormigón debido a efectos de tensiones superior a su capacidad resistente, el espesor máximo es hasta 1mm. Las causas que originan esta patología en el concreto son diversas pero las atribuidas al origen químico se debe a la baja relación agua – cemento lo que provoca no habrá suficiente agua en el proceso de hidratación, o también debido a la oxidación del acero de refuerzo, así como las de origen físico se les atribuye por desecación inmediata, retracción plástica, retracción de secado. (Toirac, 2004).



Ilustración 3. Fisuras en Columnas de Hormigón_Fuente: Pascal L.

- **Grietas**

Diversos factores contribuyen a la formación de grietas en las estructuras de hormigón, son originadas por esfuerzos al cortante, flexión, asentamiento y por las causas ya conocidas sismo, mal procesos constructivos, mal diseño. Las grietas son las que alarman en los daños en los elementos estructurales estas son mayores a

1mm de espesor. Las grietas en evolución proporcionan canales de migración para los iones de cloruro y el agua, acelerando la corrosión del hormigón. (Jingwei, Haiji, Junzhou, Zi'an, & Baixi, 2024).



Ilustración 4. Grieta en Columna de Hormigón_ Fuente: CEMIX México SA de CV.

- **Desprendimiento del Hormigón.**

El desprendimiento del hormigón se debe en gran medida a la presencia de agentes químicos, es un proceso de deterioro natural que provoca la corrosión de las barras de acero, este es un problema común en los edificios antiguos, especialmente en las zonas donde existen condiciones de humedad, se lo puede observar en la *Ilustración 5*.

El ataque químico al hormigón es una de las principales causas y que mayor daño originan en las estructuras de concreto, además presenta dificultades al momento de solucionarlo. El ataque lo sufren los áridos y el cemento, es ahí lo importante de su selección en función al ambiente en el que va estar sometido. Para que se origine el ataque químico resulta importante la presencia de agua, este puede ser forma líquida o gaseoso, la que origina la disolución de los componentes agresivos. El origen de las sustancias que atacan al hormigón es principalmente se da del exterior, atacando de

fuera adentro y también por influencia de los materiales utilizados pueden ser de adentro hacia afuera. (Becosan, 2022).



Ilustración 5. Desprendimiento del Hormigón_Fuente: Molins.

- **Corrosión en el Acero**

La expansión de corrosión no uniforme en estructuras de hormigón armado (CR) provocará agrietamiento del hormigón, degradación de la adherencia y una reducción general de la capacidad de carga, lo que amenaza gravemente la seguridad y durabilidad estructural.

La corrosión de las barras de refuerzo es uno de los principales problemas de mantenimiento en las estructuras de hormigón. Cuando el hormigón armado sufre un ataque corrosivo de agentes agresivos externos, la corrosión y la expansión de las barras de refuerzo provocan una disminución del rendimiento mecánico de las barras de refuerzo, el agrietamiento del hormigón y el deterioro de las propiedades del material del hormigón. (Xingyu, Zhang, Yingfeng, & Cuelgue, 2024).



Ilustración 6. Corrosión en barras de acero_ Fuente: COTECNO

- **Carbonatación**

La carbonatación del concreto se produce por un descenso en la alcalinidad del hormigón que puede ser debido a un “deslavado” por circulación de agua puras o ligeramente ácidas o por reacción de los componentes de carácter básico NaOH, KOH y $\text{Ca}(\text{OH})_2$ de la fase acuosa del concreto con los componentes ácidos de la atmósfera, dióxido de carbono (CO_2) y azufre (SO_2), para dar carbonatos-sulfatos y agua. El proceso de carbonatación es completamente natural. También se ve afectado por variables naturales que se encuentran en el concreto. El aumento de carbonatación depende, en gran medida, del contenido de humedad y permeabilidad del concreto. (Babiche, 2004).

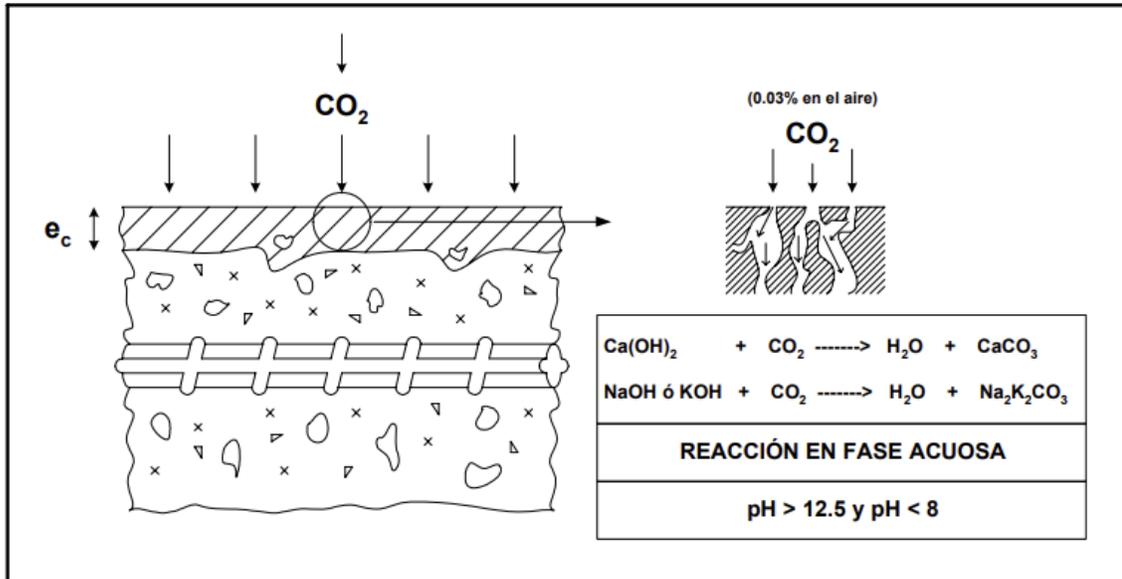


Ilustración 7. Carbonatación en el Concreto_ Fuente: Babiche,2024.

La carbonatación en el concreto es la pérdida de PH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio a carbonato de calcio.

Esta causa se da debido a que elementos estructurales las caras porosas del concreto está expuestas a procesos de corrosión atmosférica, siendo la carbonatación uno de los mecanismos principales para la corrosión, afectando también a las barras de acero de refuerzo, la corrosión del acero es posible que empiece a un nivel de PH(por debajo de 9). Cuando la carbonatación empieza a profundizar en el acero de refuerzo la capa de oxido protectora y pasivadora deja de ser estable. (Chiné, Cuevas, Jiménez, & Ortiz, 2019).

- **Ensayo de Esclerometría**

El esclerómetro o martillo de rebote Schmidt es un ensayo no destructivo que mide la dureza de una superficie que proporciona un rápido y sencillo medio para verificar la uniformidad del concreto a través de la lectura del número del rebote, como también

estima la resistencia del concreto. Norma ASTM C 805. (Hernández, Orozco, Almanza, & Montoya, 2017).

- **Ensayo de Pachometria**

Este ensayo no destructivo sirve para la detección de elementos metálicos ocultos en el material, como las armaduras del hormigón. La medición permite determinar la posición de las barras de acero y la dirección de las mismas mediante lectura en una pantalla digital y sus diámetros. (Guamán, 2019)

- **Ensayo de Potencial de Corrosión.**

Este ensayo sirve para determinar la actividad de la corrosión del acero de refuerzo mediante la estimación del potencial eléctrico de media celda, es un ensayo no destructivo. (Vega, 2024).

- **Refuerzo con Encamisado de Hormigón Armado.**

El encamisado de columnas es la intervención más utilizada por su eficiencia y costos, es un aspecto fundamental para garantizar la seguridad y durabilidad de las construcciones, se caracteriza por su eficacia en mejorar la capacidad de carga y la resistencia sísmica. El refuerzo implica la aplicación de acero y hormigón adicional alrededor de la columna en toda su longitud, para mejorar su resistencia. (Raigosa, 2010).



Ilustración 8. Encamisado de Columnas con Acero_Fuente: Obras Civiles y Construcción

- **Refuerzos con Fibra de Carbono.**

El refuerzo de columnas aplicando la fibra de carbono implica en la incorporación en la estructura fibras de alta resistencia y una matriz, tal que ambas conserven su integridad física e identidades químicas. (Moncayo, Rodriguez, Lopez, & Villacis, 2016).

La aplicación de fibra de carbono para el refuerzo de estructuras, empieza a ser una alternativa de refuerzo común y sus propiedades conseguidas pueden ser superiores por la mayor resistencia mecánica y a la corrosión. Son importantes también sus características de ligereza y rapidez, además de los ahorros obtenidos en el proceso total del refuerzo. (Moncayo, Rodriguez, Lopez, & Villacis, 2016)



Ilustración 9. Encamisado de Columnas con Fibra de Carbono_Fuente: EK4 Diseño y Construcción.

2.2 MARCO METODOLOGICO

En el presente proyecto de titulación se considera una metodología tipo cascada, esta concibe el trabajo en un conjunto de etapas que deben ejecutarse una tras otra.



Ilustración 10. Metodología Tipo Cascada_Fuente: José Vega L._2024

- **Selección Del Caso A Estudiar.**

La rehabilitación de la edificación se enfocará directamente a los elementos estructurales afectados en este caso las columnas solo en la segunda planta alta.

- **Recopilación De Datos.**

Se realiza el acercamiento al propietario de la edificación para recopilar información histórica relevante, además información sobre planos de construcción (arquitectónicos y estructurales). En caso de que estos planos no estén disponibles, se solicita permiso para llevar a cabo un levantamiento de información con el fin de reconstruir los planos necesarios.

- **Inspección Visual y Levantamiento de Información.**

En la recolección de datos, se debe realizar la inspección visual de todos los elementos estructurales en el que mediante un formato de campo se registra información que contiene dimensiones, tipo de elemento, posibles causas, y fotografías, para lo cual como material se utilizan herramientas menores como cinta métrica, nivel de mano y cámara fotográfica

- **Análisis De Posibles Causas.**

Una vez realizado la inspección visual y levantamiento de campo junto a los expertos, ingeniero estructural con conocimiento en sismo, ingeniero geotécnico, experto en construcciones y materiales se definen las posibles causas que están afectando a los elementos estructurales en estudio.

- **Reconstrucción de Planos.**

Una vez realizado la recopilación de datos de la edificación, y en caso de no poseer los planos arquitectónicos como estructurales, se realiza el levantamiento de

información de la edificación y los ensayos para la determinación de los aceros existentes con los que se puede reconstruir los planos arquitectónicos y estructurales.

- **Ensayos Destructivos y No Destructivos.**

Luego de realizar la inspección visual se define las posibles causas del daño en los elementos estructurales y determinar los ensayos no destructivos para la comprobación del comportamiento de los elementos estructurales, los mas utilizados son esclerometría, pachometro, potencial de corrosión, determinación de carbonatación.

- **Análisis De Resultados.**

Luego de obtenida la información del levantamiento de información y los resultados de los ensayos destructivos y no destructivos, esclerometría, pachometro, extracción de nucleas, carbonatación y potencial de corrosión, podemos modelar la estructura

en un software (ETAPS O SAP 2000) de diseño estructural como actualmente está funcionando la edificación.

- **Planteamiento De Solución.**

Luego del análisis de resultados del laboratorio, como la modelación estructural actual de la edificación, con estos resultados se evaluará el nivel de rehabilitación como lo son: reparar, reforzar o reponer parcial o total los elementos estructurales.

- **Diseño De Solución.**

Para este proyecto según los resultados, se realizará el diseño de la rehabilitación en base al método de encamisado con acero y método fibra de carbono.

- **Presupuesto.**

Una vez definida las soluciones de rehabilitación de la edificación se elabora un presupuesto, considerando los respectivos análisis de precios unitarios de las actividades necesarias para la rehabilitación de la edificación.

2.2.1 TRABAJO DE CAMPO.

- **Levantamiento de datos y reconstrucción de planos.**

Para la ejecución de esta actividad relevante en la rehabilitación de edificaciones se lo realiza con gran esmero para la determinación de las posibles causas y daños en los elementos estructurales a estudiar. En este procedimiento se realiza la medición de todos los elementos estructurales con cinta además se llena una hoja de registro en el cual se coloca todas las patologías (desprendimientos de hormigón, exposición de aceros, fisuras, grietas, carbonatación) encontrada en los elementos estructurales.

INSPECCIÓN VISUAL

INSTITUCIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL **LEVANTAMIENTO:** JOSÉ LUIS VEGA
OBRA: REHABILITACION DE LA EDIFICACIÓN **FECHA:** 7-sep-24
CIUDAD: GUAYAQUIL
UBICACIÓN: CIUDADELA NAVAL NORTE, MZ 4, SI. 6, DE LA PARROQUIA TARQUI EN EL CENTRO NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - ECUADOR

NIVEL	AMBIENTE	ELEMENTO		DIMENSIONES			TIPO DE FALLA	TIPO DE DAÑOS			DESCRIPCION DE LOS DAÑOS	FOTOS
		ESTR.	NO ESTR.	ANC.	LAR.	ALT.		GRIETA	FISURA	OTROS		
3	A-1 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo	x		x	Desprendimiento de Concreto, Exposición de acero, Grietas	
3	B-1 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo		x		Fisura en toda la columna	
3	C-1 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo	x			Se puede observa Grietas en la columa de 3 mm de espesor	

INSPECCIÓN VISUAL

INSTITUCIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL **LEVANTAMIENTO:** JOSÉ LUIS VEGA
OBRA: REHABILITACION DE LA EDIFICACIÓN **FECHA:** 7-sep-24
CIUDAD: GUAYAQUIL
UBICACIÓN: CIUDADELA NAVAL NORTE, MZ 4, SI. 6, DE LA PARROQUIA TARQUI EN EL CENTRO NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - ECUADOR

NIVEL	AMBIENTE	ELEMENTO		DIMENSIONES			TIPO DE FALLA	TIPO DE DAÑOS			DESCRIPCION DE LOS DAÑOS	FOTOS
		ESTR.	NO ESTR.	ANC.	LAR.	ALT.		GRIETA	FISURA	OTROS		
3	A-2 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55					No se puede evidenciar ningun daño	
3	B-2 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo	x			Desprendimiento de Concreto, Exposición de acero, Grietas	
3	C-2 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55					No se puede evidenciar ningun daño	

INSPECCIÓN VISUAL

INSTITUCIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL **LEVANTAMIENTO:** JOSÉ LUIS VEGA
OBRA: REHABILITACION DE LA EDIFICACIÓN **FECHA:** 7-sep-24
CIUDAD: GUAYAQUIL
UBICACIÓN: CIUDADELA NAVAL NORTE, MZ 4, SI. 6, DE LA PARROQUIA TARQUI EN EL CENTRO NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - ECUADOR

NIVEL	AMBIENTE	ELEMENTO		DIMENSIONES			TIPO DE FALLA	TIPO DE DAÑOS			DESCRIPCION DE LOS DAÑOS	FOTOS
		ESTR.	NO ESTR.	ANC.	LAR.	ALT.		GRIETA	FISURA	OTROS		
3	A-3 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo		x	x	Desprendimiento de Concreto, fisuras	
3	B-3 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo	x		x	Desprendimiento de Concreto, Exposición de acero, Grietas	
3	C-3 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55				x	Se evidencia porosidad en el concreto	

INSPECCIÓN VISUAL

INSTITUCIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL **LEVANTAMIENTO:** JOSÉ LUIS VEGA
OBRA: REHABILITACION DE LA EDIFICACIÓN **FECHA:** 7-sep-24
CIUDAD: GUAYAQUIL
UBICACIÓN: CIUDADELA NAVAL NORTE, MZ 4, SI. 6, DE LA PARROQUIA TARQUI EN EL CENTRO NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - ECUADOR

NIVEL	AMBIENTE	ELEMENTO		DIMENSIONES			TIPO DE FALLA	TIPO DE DAÑOS			DESCRIPCION DE LOS DAÑOS	FOTOS
		ESTR.	NO ESTR.	ANC.	LAR.	ALT.		GRIETA	FISURA	OTROS		
3	A-4 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo	x			Grietas y Exposición de Acero	
3	B-4 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo	x			Desprendimiento de concreto y Grietas	
3	C-4 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo		x		Fisuras y Porosidad	

INSPECCIÓN VISUAL

INSTITUCIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL **LEVANTAMIENTO:** JOSÉ LUIS VEGA
OBRA: REHABILITACION DE LA EDIFICACIÓN **FECHA:** 7-sep-24
CIUDAD: GUAYAQUIL
UBICACIÓN: CIUDADELA NAVAL NORTE, MZ 4, SI. 6, DE LA PARROQUIA TARQUI EN EL CENTRO NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - ECUADOR

NIVEL	AMBIENTE	ELEMENTO		DIMENSIONES			TIPO DE FALLA	TIPO DE DAÑOS			DESCRIPCION DE LOS DAÑOS	FOTOS
		ESTR.	NO ESTR.	ANC.	LAR.	ALT.		GRIETA	FISURA	OTROS		
3	A-5 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo		x		Desprendimiento de Hormigón, exposición de acero	
3	B-5 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55					No se puede evidenciar ningún daño	
3	C-5 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo			x	Desprendimiento de hormigón en unión con viga superior	

En la *Tabla 1*, se presenta un detalle de las columnas y tipo de ensayos realizados.

Tabla 1: Resumen de columnas y tipo de ensayos realizados.

ELEMENTO	EXTRACCIÓN DE NÚCLEO	ESCLEROMETRIA	PACHOMETRIA	POTENCIAL DE CORROSIÓN	CARBONATACIÓN	OBSV.
A3	x	x	x	x	x	AFECTADA
A5		x	x			AFECTADA
B2	x	x	x	x	x	AFECTADA
B3		x	x			BUEN ESTADO
C1		x	x			BUEN ESTADO

- En total son 15 columnas en la segunda planta alta, se realizaron el ensayo a 5 columnas, 2 en buen estado y 3 afectadas, a las que se tomaron esclerometría, pachometria, potencial de corrosión, Carbonatación y Extracción de núcleos.

2.2.2. TRABAJO DE LABORATORIO O GABINETE

Se realizan los ensayos destructivos y no destructivos, de acuerdo al levantamiento de información obtenida en campo y se define los elementos estructurales afectados que constan en las posibles causas al daño de la edificación.

- Determinación de la resistencia del hormigón mediante extracción de núcleos. Este es un ensayo destructivo el cual nos permite evaluar la calidad y la resistencia a la compresión del hormigón en la estructura existente.

En la *Ilustración 11*, podemos observar la extracción del núcleo de la columna para realizar la determinación de la resistencia del hormigón.



Ilustración 11. Extracción de Núcleo_Fuente: José Vega L._2024

- Esclerometría en elementos estructurales.

Este es un ensayo no destructivo que se utiliza para evaluar la resistencia del concreto en elementos estructurales. Se basa en la medición de la dureza superficial del hormigón, lo que nos permite estimar la resistencia a compresión.

En la *Ilustración 12*, se puede identificar el ensayo de esclerometría realizado a la edificación en estudio, para la determinación de la resistencia del concreto.



Ilustración 12. Ensayo de Esclerometría_Fuente: José Vega L._2024

- Ensayo de detección de armaduras (Pachometria).

Este ensayo no destructivo determina el espesor del recubrimiento y ubicación del acero de refuerzo en los elementos estructurales, este ensayo es primordial en caso de no tener planos estructurales para conocer la cuantía de acero en los elementos de estudio.

En la *Ilustración 13*, se puede identificar el ensayo de pachometria realizado a las columnas para la ubicación de los aceros de refuerzo.



Ilustración 13. Ensayo de Pachometría_Fuente: José Vega L._2024

- Ensayo de Carbonatación.

Con este ensayo se puede determinar la profundidad de la carbonatación y definir el porcentaje de la estructura que a sufrido afectación, este análisis se lo realiza con la adicción de fenolftaleína. En la *Ilustración 14*, se verifica la carbonatación de la columna, este ensayo es esencial para evaluar la durabilidad del hormigón y la protección del acero de refuerzo.



Ilustración 14. Ensayo de Carbonatación_Fuente: José Vega L._2024

2.2.3. TABULACIÓN DE DATOS

Luego de realizar los ensayos destructivos y no destructivos, los resultados se analizan en laboratorio para determinar las posibles soluciones de rehabilitación y establecer un diseño.

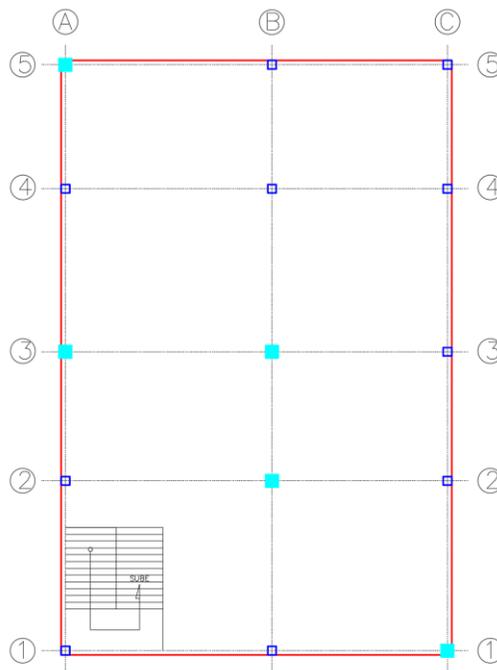


Ilustración 15. Ejes de Columnas_Fuente: Jose Vega L.

En la *Tabla 2*, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de extracción de núcleos como esclerometría.

Tabla 2: Resultado de esclerometría y ensayo de extracción de núcleo

NIVEL	ELEMENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN kg/cm ²		ANÁLISIS
		Extracción de Núcleo	Esclerometría	
SEGUNDA PLANTA ALTA	A3	82.3	110.55	Aceptable
	A5		85.63	Aceptable
	B2	75.4	106.03	Aceptable
	B3		105.27	Aceptable
	C1		187.86	Aceptable

Del ensayo de pachometría realizado a los elementos estructurales podemos describir la distribución de aceros en los planos estructurales, se presenta a continuación un detalle de la sección distribución de aceros:

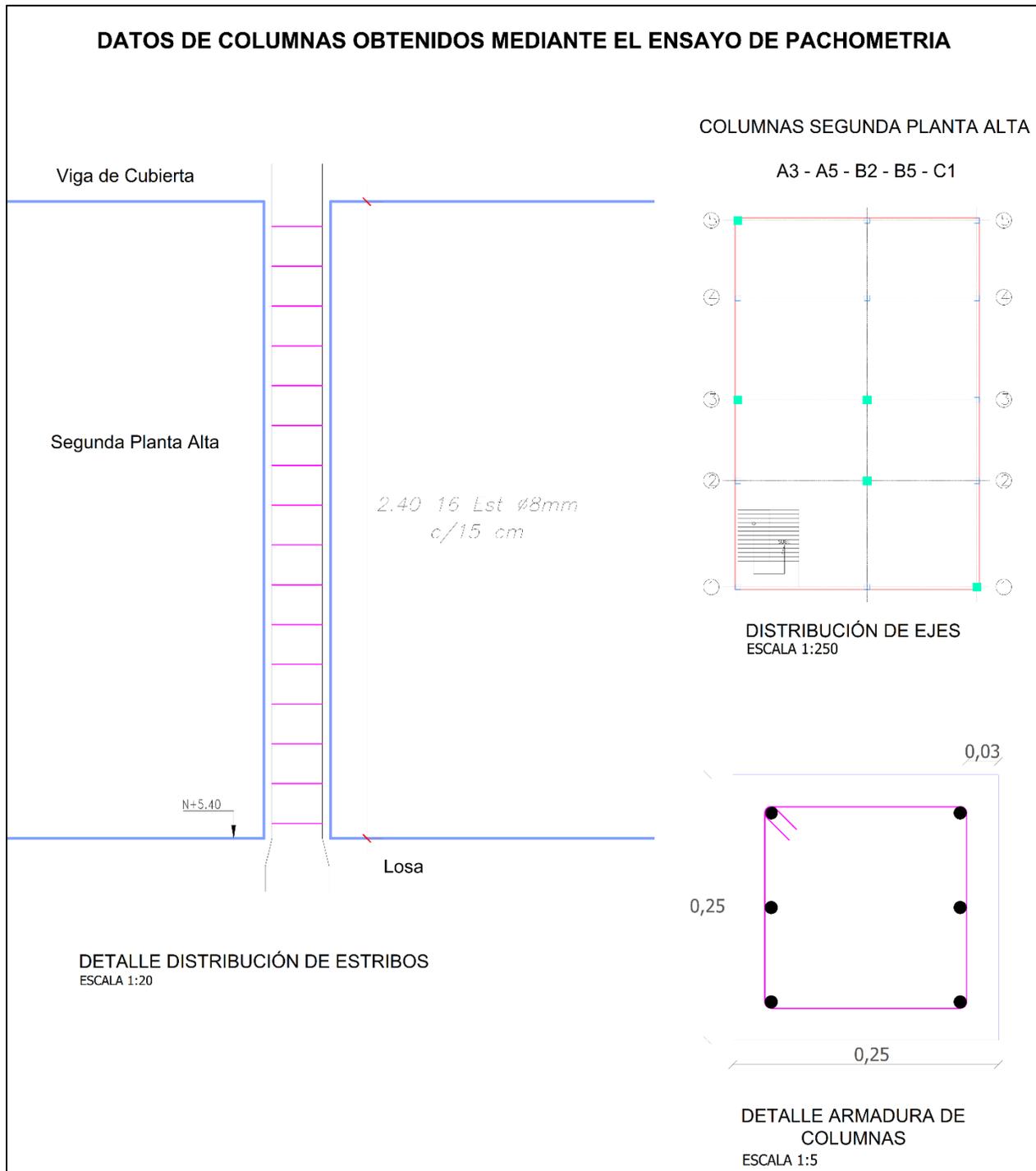


Ilustración 16. Datos de Distribución de Aceros _Fuente: José Vega L.

En el *PLANO No. 1*, se puede identificar de mejor manera la distribución de los aceros en las columnas.

Se puede visualizar en la *Tabla 3 y 4*, del ensayo realizado para determinar la carbonatación en el elemento estructural se presenta el resultado realizado a 2 columnas:

Tabla 3: Resultado de ensayo de carbonatación en Columna A3.

ENSAYO COLUMNA A3			
DIMENSIONES	Columna de 25 * 25 cm		OBSERVACIÓN Se puede concluir que la columna presenta carbonatación
ARMADURA	Vertical	Horizontal	
TIPO DE ACERO	Corrugado	Corrugado	
PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN	73.18 cm		
OBSERVACIONES	Acero con corrosión		



Ilustración 17. Ensayo de Carbonatación realizado a Columna A3_ Fuente: José Vega L.

Tabla 4: Resultado de ensayo de carbonatación en Columna B2.

ENSAYO COLUMNA B2			
DIMENSIONES	Columna de 25 * 25 cm		OBSERVACIÓN Se puede concluir que la columna presenta carbonatación
ARMADURA	Vertical	Horizontal	
TIPO DE ACERO	Corrugado	Corrugado	
PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN	71.35 cm		
OBSERVACIONES	Acero con corrosión		



Ilustración 18. Ensayo de Carbonatación realizado a Columna B2_ Fuente: José Vega L.

2.2.4. SOLUCIÓN A DISEÑAR

Se rehabilitará usando:

a) Encamisado.

Luego de realizar el análisis de la edificación utilizando programas estructurales, se determina la cantidad de acero necesario, tanto horizontal como vertical, para el refuerzo del elemento estructural. Este método implica aumentar la sección de las columnas mediante la adición de hormigón y acero, cumpliendo con las características necesarias para soportar las cargas actuantes en la edificación. De este modo, se asegura el cumplimiento de las normas de seguridad y se permite un nuevo uso de la estructura al incrementar su capacidad de carga. (Vega, 2024)



Ilustración 19_ Rehabilitación con Encamisado

b) Fibra de Carbono.

Después de analizar los elementos estructurales y revisar los datos obtenidos de laboratorio junto con los resultados de los programas estructurales, se utiliza un software específico para calcular el número de capas y las dimensiones longitudinales de fibra de carbono necesarias para el refuerzo de las columnas. Este procedimiento de rehabilitación implica envolver las columnas con capas de fibra de carbono, que se adhiere mediante resinas especiales. Antes de su colocación la superficie se limpia y se aplica una capa de resina epoxica para asegurar la adherencia de la fibra de carbono. Se envuelven las columnas con láminas de fibra de carbono, estas capas se superponen para proporcionar la resistencia necesaria. Este método no solo mejora la resistencia y estabilidad de las columnas, sino que también permite una rápida rehabilitación con un impacto mínimo en el uso de la edificación. (Vega, 2024)



Ilustración 20_ Rehabilitación con Fibra de Carbono_Fuente: Sika Perú.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 RESULTADOS

ESTADO ACTUAL DE LA EDIFICACION

Luego de realizar los ensayos respectivos a la estructura y al momento de obtener los resultados de laboratorio, podemos iniciar con el cálculo del estado actual de la edificación, considerando normas y códigos actuales aplicadas a la región y zona de estudio.

- **CODIGOS UTILIZADOS**

Norma Ecuatoriana de Construcción. NEC_SE_CG_(cargas no sísmicas),
NEC_SE_RE_(Riesgo sísmico), NEC_SE_HM_(hormigón armado),
NEC_SE_VIVIENDA

ANSI/AISC 360-16. American National Standards Institute. American Institute of Steel Construction.

ACI 318/19. American Concrete Institute.

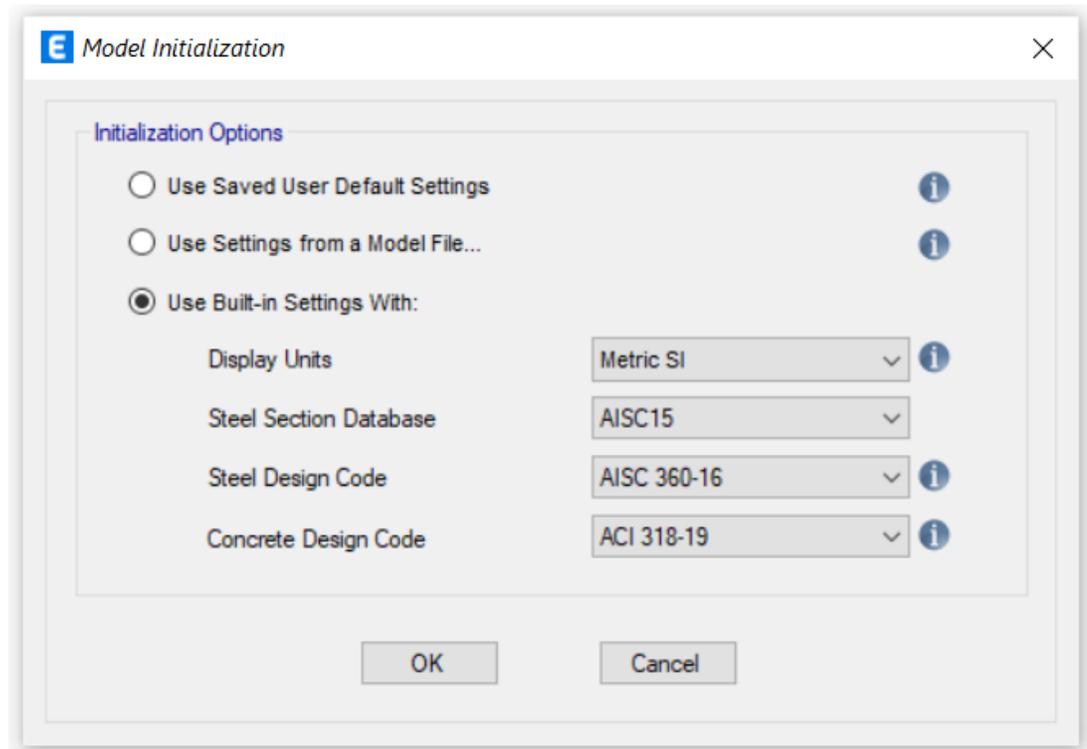


Ilustración 21. Códigos ingresados en el software Etabs

- **MATERIALES CONSIDERADOS**

Para la interpretación del modelo estructural los materiales que se toman en consideración en cuanto a su resistencia es la siguiente:

Acero de refuerzo.....	$f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$.
Hormigón armado piso 1 y 2.....	$f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$.
Hormigón armado piso 3.....	$f'_c=93.92 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 5. Cálculo de Resistencia de Concreto promedio

Resistencia promedio del hormigón de columnas mediante esclerometría.	124.05 kg/cm ²
Resistencia del hormigón de columna B2 – núcleo.	75,4 kg/cm ²
Resistencia del hormigón de columna A3 – núcleo.	82,3 kg/cm ²
PROMEDIO	93,92 kg/cm²

En primera instancia se calcula el espectro respuesta para el caso de la región y el tipo de edificación en estudio para esto se considera los siguientes aspectos técnicos según la NEC.

- **CARGAS DE DISEÑO**

El cálculo ha sido ejecutado bajo solicitaciones estáticas debido debidas a Carga Muerta (D), Sobrecarga (L) y para fuerzas sísmicas horizontales estáticas (Sx y Sy).

CARGA MUERTA LOSAS ENTREPISO	
Pesos propios	Kg/m²
Peso propio Loseta de compresión	Programa ETABS
Peso propio Nervaduras	Programa ETABS
Peso propio Vigas	Programa ETABS
Peso propio Columnas	Programa ETABS
Peso propio aliviamamiento y mampostería	324.0
Peso propio acabados	40.00
Peso propio instalaciones	15.00
Total	379.0

CARGA MUERTA CUBIERTA INACCESIBLE	
Pesos propios	Kg/m²
Peso propio viguetas	Programa ETABS
Peso propio columnetas de anclaje	Programa ETABS
Peso propio lluvia, granizo, etc.	35.00
Peso propio cubierta plancha ondulada de fibrocemento 8mm espesor	16.00
Peso propio instalaciones	15.00
Total	66.00

CARGA VIVA o SOBRECARGA	
Ocupación o uso	Kg/m²
Vivienda – Entrepiso (N+2.70 y N+5.40)	200.00

CARGA VIVA o SOBRECARGA	
Ocupación o uso	Kg/m²
Cubiertas planas, inclinadas y curvas (N+8.10)	70.00

- **CARGAS HORIZONTALES**

El cálculo ha sido ejecutado bajo solicitaciones estáticas debido debidas a Carga Muerta (D), Sobrecarga (L) y para fuerzas sísmicas horizontales estáticas (Sx y Sy). ZONA SISMICA. Se considera según NEC, 2014; el valor de Z de 0.50 con caracterización de peligro sísmico alta.

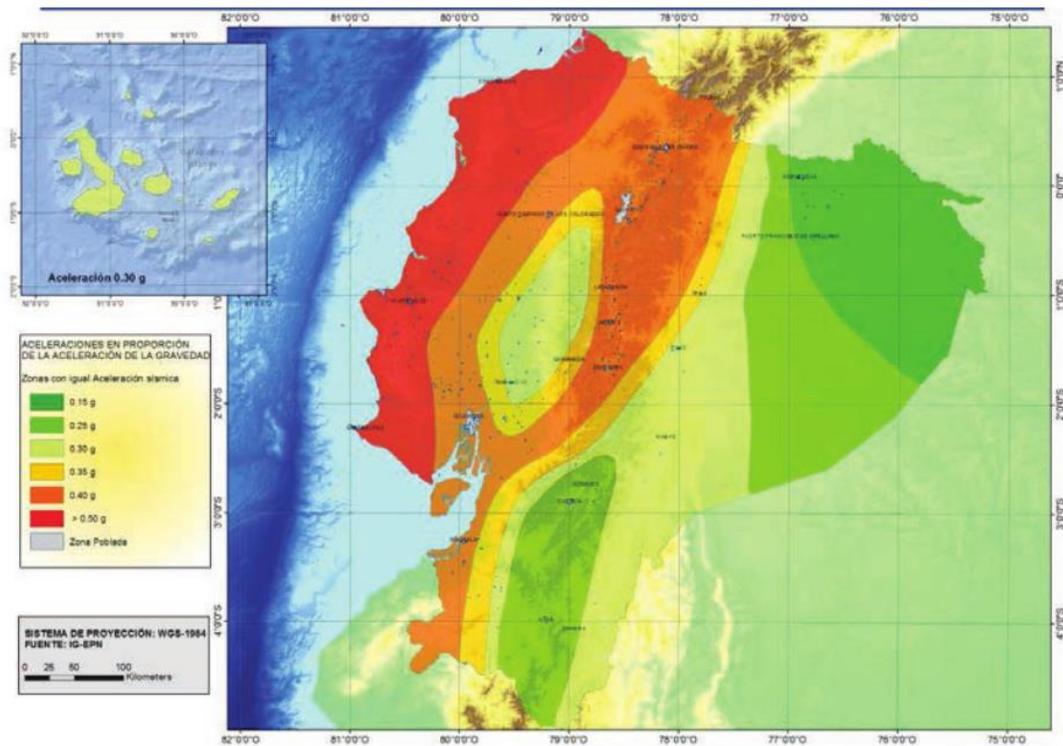


Ilustración 22. Caracterización de Peligro Sísmico_Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Tabla 6: Ubicación de Factor Z (NEC).

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

TIPO DE SUELO. Se considera según NEC, 2014; en su apartado NEC - SE - DS de Peligro Sísmico Parte 1, indica que para el tipo de suelo en donde se encuentra ubicado el proyecto, se utilizará tipo de perfil E.

De acuerdo a la Geología local en la que se realiza el estudio y con referencia a la NEC, dentro de las tablas 3, 4, 5 se determinan los coeficientes de ampliación para el tipo de suelo E y factor Z = 0.5, los mismos se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 7: Coeficientes de perfil de suelo encontrado

Fa	0.85
Fd	1.50
Fs	2.00

El factor usado para el espectro de diseño cuyo valor depende de la ubicación geográfica del proyecto es:

$$r = 1.50$$

Los valores de la relación de ampliación espectral de acuerdo a la NEC, indica que este valor depende de la zona o region de estudio, para el analisis de este estudio se encuentra $\eta = 1.8$, que corresponde a la Costa Ecuatoriana excepto la provincia de Esmeraldas.

Para el coeficiente de importancia en el capítulo 4 de la NEC, se tiene categorías diferentes para edificios dependiendo del uso; para nuestro analisis al no estar dentro de edificaciones esenciales y estructurales de ocupacion especial; se determina como OTRA ESTRUCTURA con un valor de $I = 1$.

Para los parametros indicados en la NEC para el caso de la regularidad en planta y elevacion de nuestro caso en estudio se tiene una edificacion regular en toda su construccion por ello se adoptan los siguientes valores:

$$\text{PLANTA} \quad \emptyset_P = 1$$

$$\text{ELEVACION} \quad \emptyset_E = 1$$

La determinación del periodo de vibracion de la estructura de acuerdo a la NEC sera determinado de acuerdo al metodo 1 para porticos especiales de hormigón armado con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y manposteria estructural, podemos determinar los valores de $C_t = 0.055$ y $\alpha = 0.90$.

Factor de Reduccion depende de variables tanto como: Tipo de estructura, tipo de suelo, periodo de vibracion considerado, factores de ductilidad, sobre resistencia, redundancia y amortiguamiento de una estructura en condiciones límite por lo que de acuerdo a nuestro estudio de sistema dual en pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas, pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda se puede definir el valor del factor de reducción

$R = 8$.

Calculo de la determinación del coeficiente de vibración:

$$T_a = T = C_t h_n^\alpha = 0.519$$

Componentes de la carga sísmica: espectros elásticos de diseño:

$$T_o = 0.10 F_s \frac{F_d}{F_a} = 0.3529$$

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a} = 1.9412$$

Para $0 \leq T \leq T_c$ $S_a = n Z F_a$

Para $T > T_c$ $S_a = n Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$

$$S_a = 0.765$$

$$V = 0.956 * W \quad V = \frac{I S_a(T_a)}{R \phi_P \phi_E} W$$

Para este caso el porcentaje de masa reactiva es el 9,56%. Por lo que el Coeficiente de Cortante Basal "C" a utilizarse es 0,0956.

- **COMBINACIÓN DE CARGAS**

Para este modelo se emplearon las combinaciones de carga proporcionadas en el NEC15 y en el ACI 318-08 son las siguientes:

- Comb1 = 1.4 D

- $\text{Comb2} = 1.2 D + 1.6 L$
- $\text{Comb3} = 1.2D + L$
- $\text{Comb4} = 1.2D + S_x + L$
- $\text{Comb5} = 1.2D - S_x + L$
- $\text{Comb6} = 1.2D + S_y + L$
- $\text{Comb7} = 1.2D - S_y + L$
- $\text{Comb8} = 0.9D + S_x$
- $\text{Comb9} = 0.9D - S_x$
- $\text{Comb10} = 0.9D + S_y$
- $\text{Comb11} = 0.9D - S_y$

Siendo: $CM=D$; $CV=L$; $SismoX=S_x$; y , $SismoY=S_y$

Con estas combinaciones se cubren todos los eventos de sollicitación y se procede al diseño de los elementos estructurales que conforman dicha edificación con los valores más relevantes.

Con el modelo estructural adoptado se procedió primero a pre dimensionar las estructuras y luego a realizar su cálculo definitivo mediante el paquete computacional "CSI ETABS 19.1.0", luego de lo cual se repitió el ciclo hasta que todos los elementos cumplieron con los requerimientos de los mayores esfuerzos, y con deformaciones máximas permitidas.

Siendo:

1. **DEAD Y PERM**, corresponde al Peso Propio, siendo carga muerta y carga permanente (Sobrecarga) respectivamente. Donde interfieren los pesos de los elementos estructurales que lo conforman (vigas, nervios, losetas, columnas, muros) estimados por el programa de acuerdo a la sección transversal de cada uno de ellos.

2. **LIVE**, Es la carga viva. Esta dada en función del uso al que va a ser destinada la estructura, las cuales se la considera uniformes sobre la losa de cada piso.
3. **SX**. Sismo Estático en sentido X
4. **SY**. Sismo Estático en sentido Y

- **INGRESO DE DATOS AL PROGRAMA**

Ingreso de Datos de Sismo según NEC 15, y espectros de diseño en el Programa



Ilustración 23. Cálculo de Espectro de Respuesta y coeficiente de cortante basal

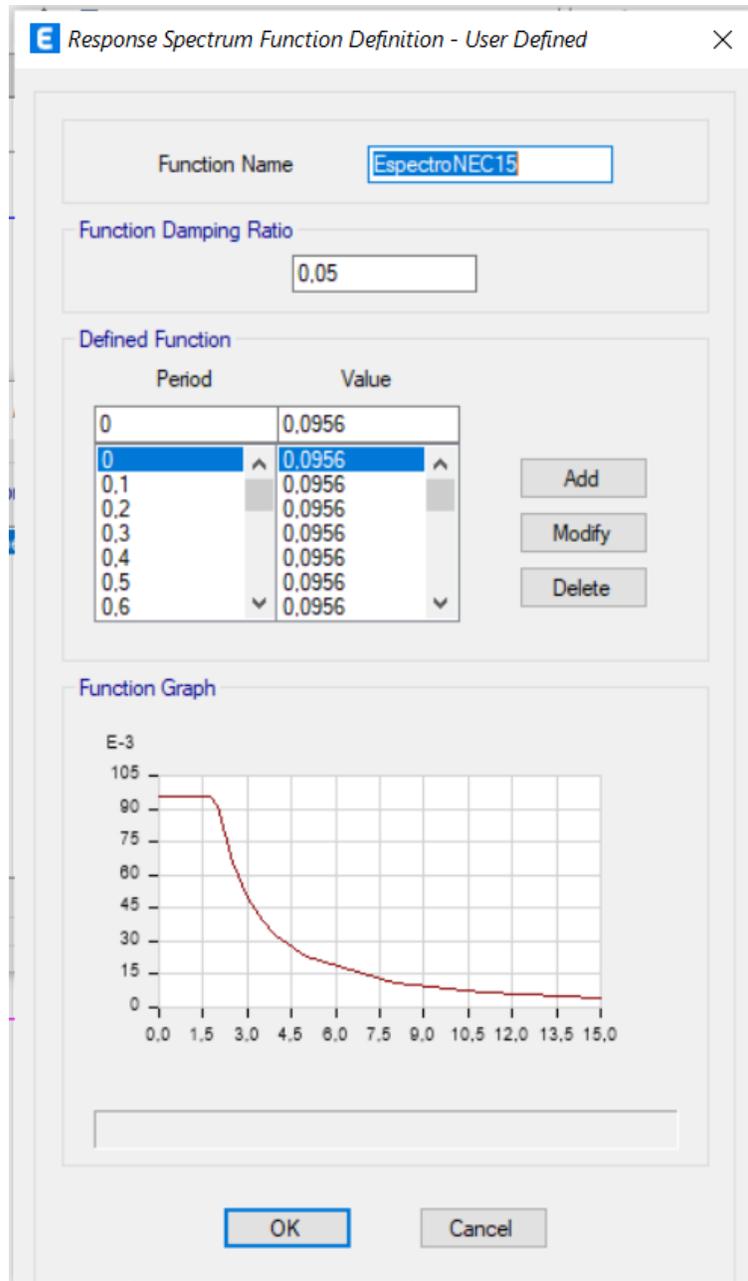


Ilustración 24. Definición de Espectro de Respuesta para este caso particular

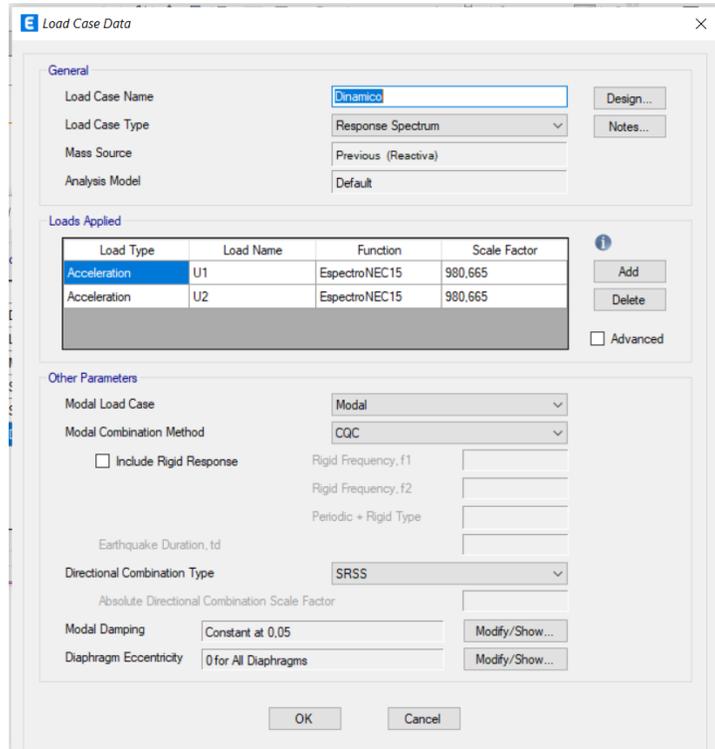


Ilustración 25. Definición de Espectro de Respuesta con NEC15

Ingreso de Módulo de Elasticidad conforme NEC15 de acuerdo a los ensayos realizados

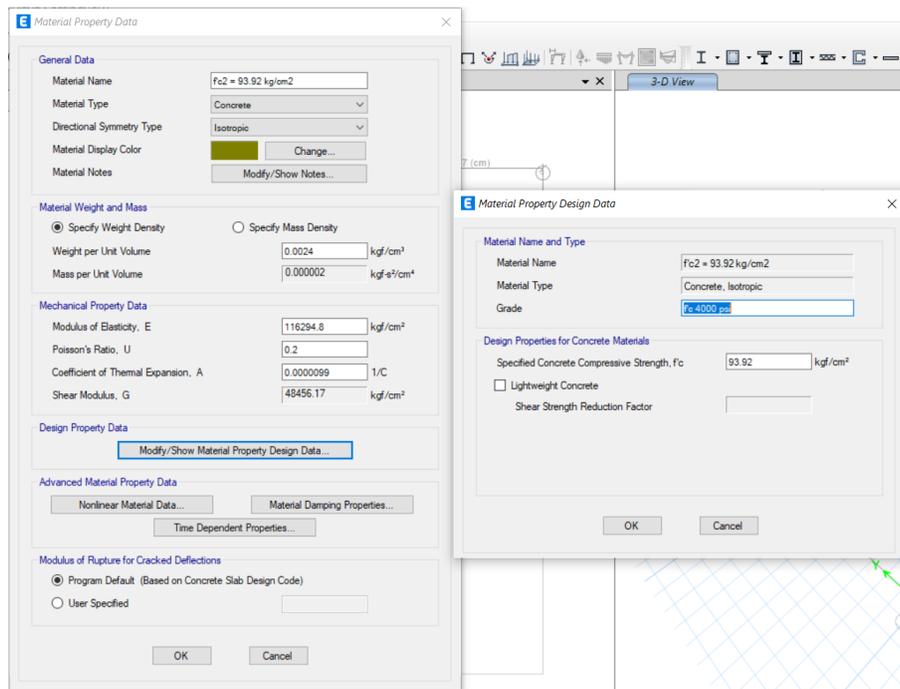


Ilustración 26. Módulo de Elasticidad para $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ (216887.07 Kg/cm²)

Ingreso de columnas a evaluar con la resistencia obtenida en ensayos

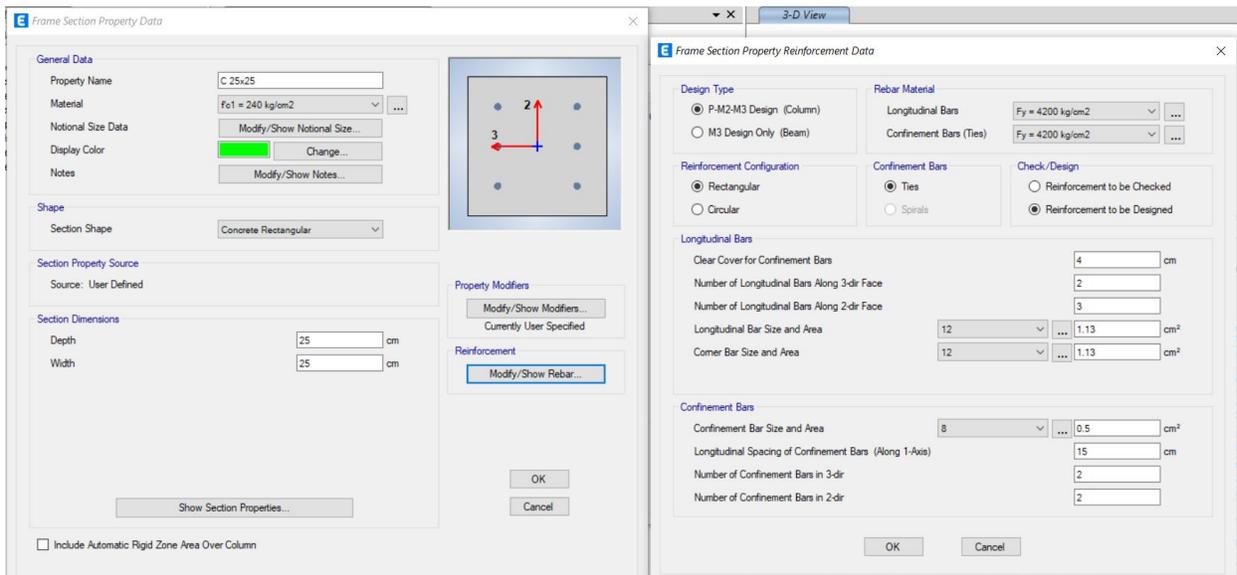


Ilustración 27. Ingreso de columnas con dimensiones obtenidas en campo

- **CHEQUEO DE DERIVAS DE PISO**

Para que el modelo cumpla las condiciones de deriva, deberá ser menor al 2%, el análisis se lo realiza a continuación.

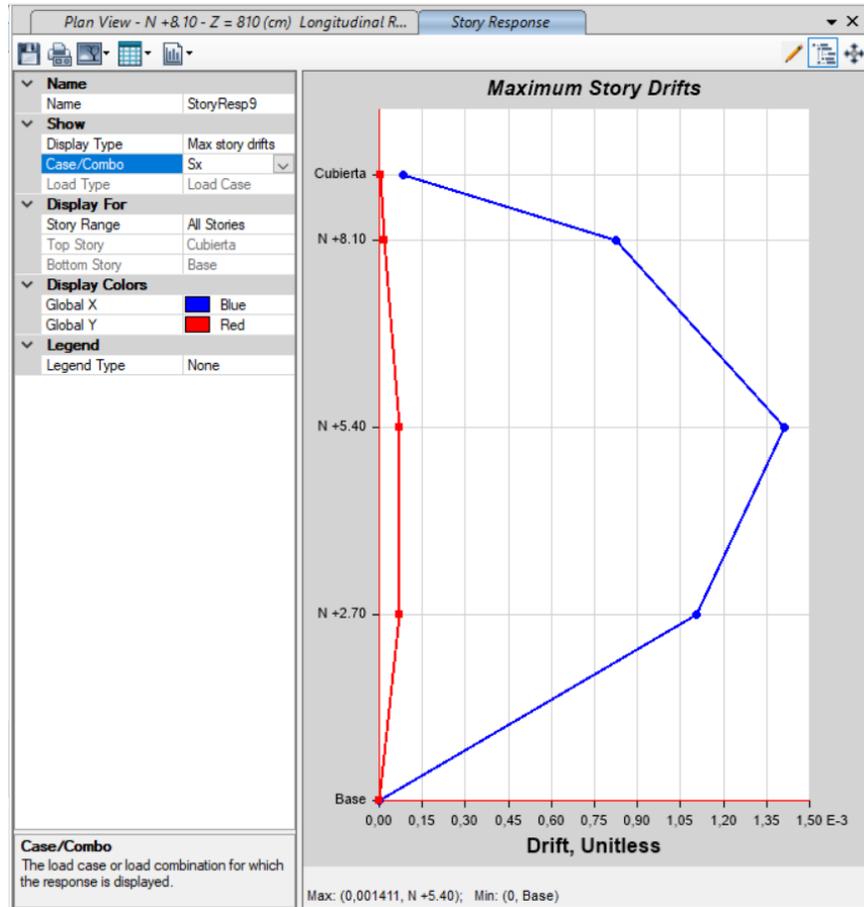


Ilustración 28_ Máxima deriva en X

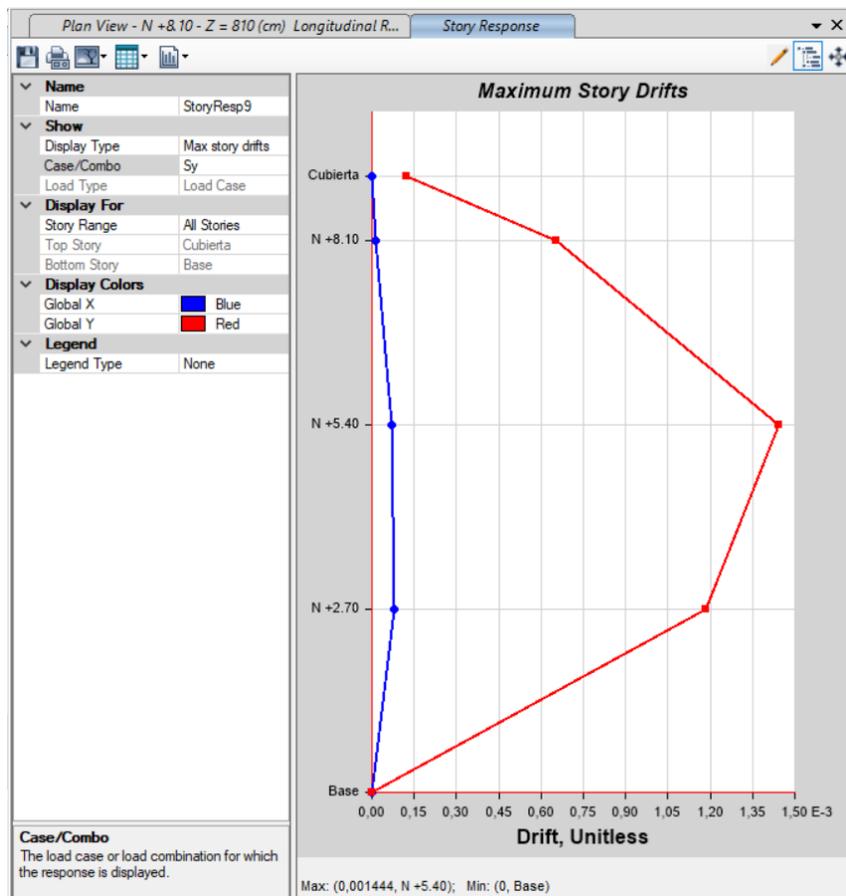


Ilustración 29_ Máxima deriva en Y

R = 8

Piso	Combinación	Deriva	Δ_{ela}	$\Delta_{inl} = 0,75 * \Delta_{ela} * R$	Condición $\Delta_{inl} \leq 0,02$
STORY3	SX	Max Drift X	0,001138	0,006828	Cumple
STORY3	SY	Max Drift Y	0,001156	0,006936	Cumple

Por tanto, las derivas de piso cumplen en ambos sentidos para diseño Sismo Resistente.

• ANÁLISIS DE LOS PERÍODOS DE VIBRACIÓN

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0,519	0,0383	0,7689	0	0,0383	0,7689	0	0,1563	0,0088	0,0389	0,1563	0,0088	0,0389
Modal	2	0,505	0,6863	0,0626	0	0,7246	0,8315	0	0,0143	0,1653	0,0762	0,1705	0,1742	0,1151
Modal	3	0,457	0,0977	0,0128	0	0,8223	0,8443	0	0,0049	0,0282	0,6912	0,1755	0,2024	0,8063
Modal	4	0,199	0,0927	2,103E-05	0	0,915	0,8443	0	0,0003	0,5068	0,0031	0,1758	0,7092	0,8094
Modal	5	0,195	0,0015	0,005	0	0,9164	0,8492	0	0,0345	0,0048	0,0087	0,2103	0,7139	0,8181
Modal	6	0,19	0,0007	0,0941	0	0,9171	0,9433	0	0,6144	0,0033	0,003	0,8248	0,7172	0,8211
Modal	7	0,183	0,0012	0,0041	0	0,9183	0,9475	0	0,0337	0,0068	0,0101	0,8584	0,724	0,8313
Modal	8	0,174	0,0111	0,0004	0	0,9295	0,9478	0	0,0004	0,045	0,0992	0,8589	0,7689	0,9305
Modal	9	0,138	0,0019	0	0	0,9314	0,9478	0	1,082E-05	0,0095	0,0036	0,8589	0,7784	0,9341
Modal	10	0,13	8,938E-06	0,04	0	0,9314	0,9878	0	0,1223	4,718E-05	0	0,9812	0,7785	0,9341
Modal	11	0,122	0,0231	0,0001	0	0,9545	0,9879	0	0,0002	0,0906	7,6E-07	0,9814	0,869	0,9341
Modal	12	0,118	0,0003	0,0121	0	0,9548	1	0	0,0156	0,0009	2,942E-05	0,997	0,87	0,9341

Ilustración 30. Tabla de Participación Modal

Tcal=Ta	(Met1) *	1,3	≤	Tprograma	(Met2)	
0,3614	*	1,3	≤	TPrograma		
		0,4698	≤	0,519	NO CUMPLE	

- **MODELACIÓN**

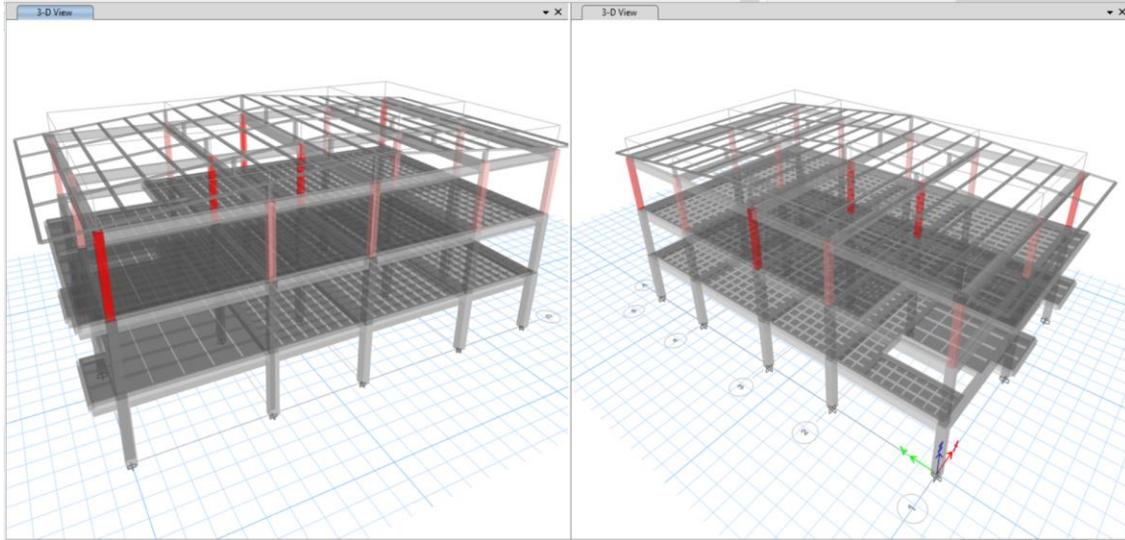
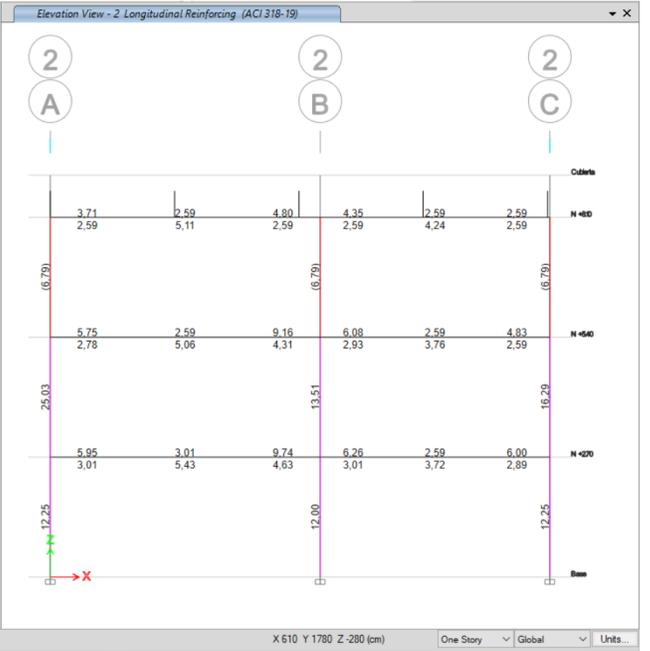
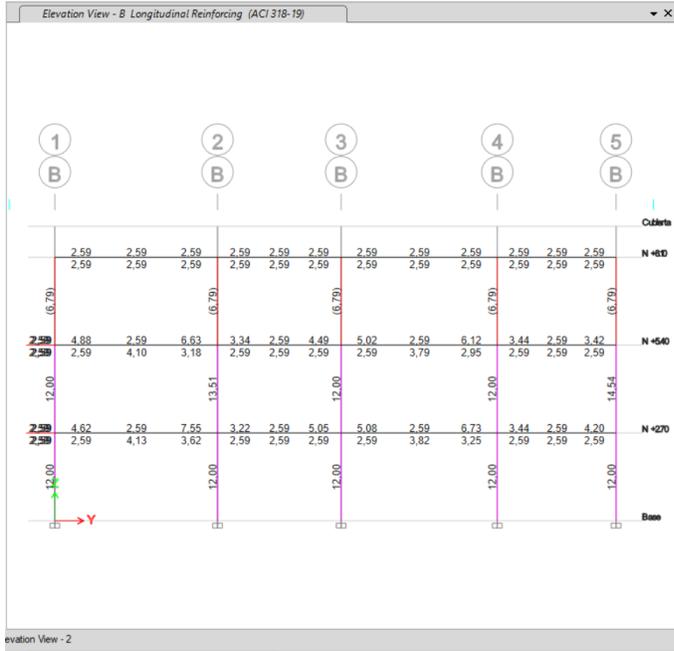
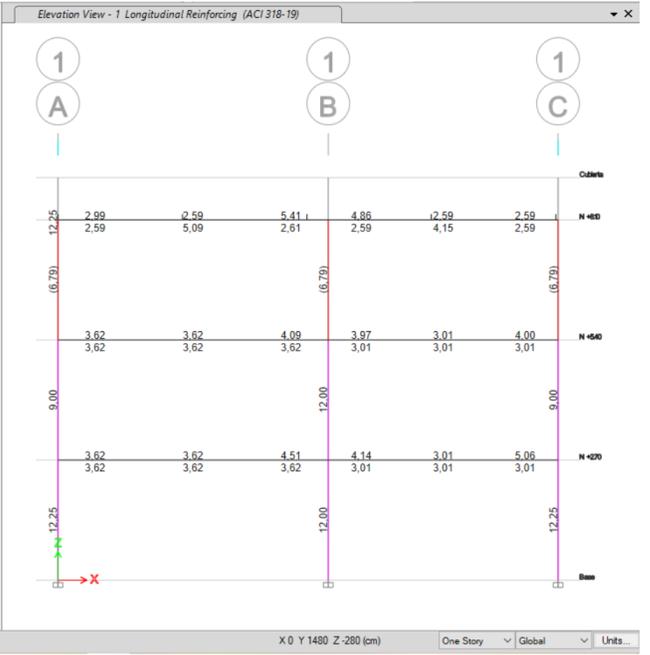
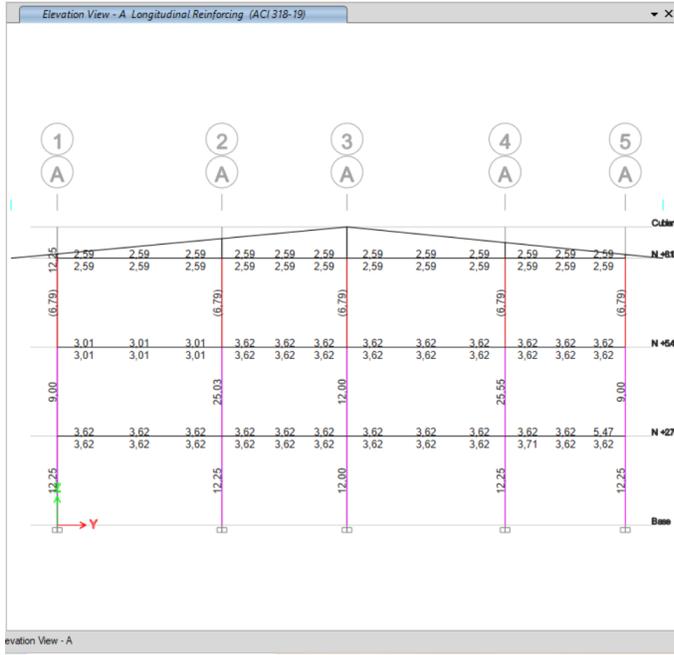


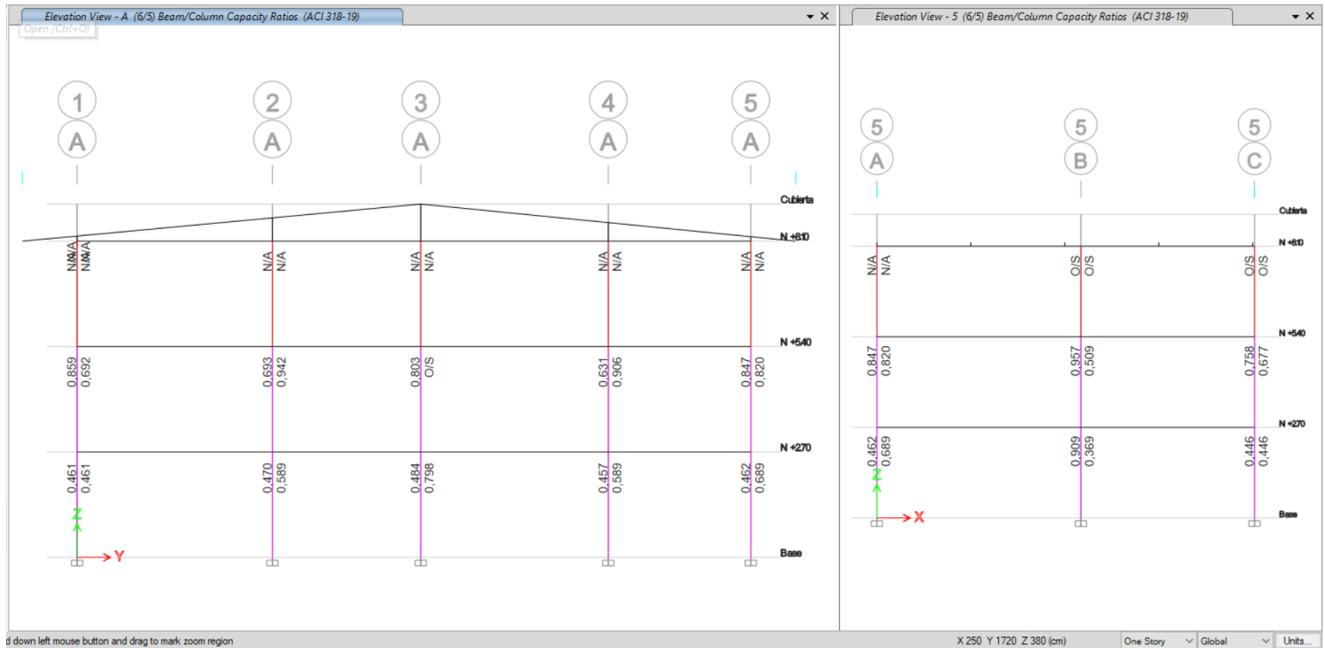
Ilustración 31. Modelación de la estructura de hormigón armado

- **DISEÑO ESTRUCTURAL** (de condiciones actuales).

Con la ayuda del programa de análisis estructural se realizó el diseño de la estructura tomando en cuenta todas las acciones que intervienen y antes mencionadas, hallando así y comprobando las deformaciones y desplazamientos permisibles, llegando así a definir que los siguientes elementos estructurales correspondientes a las columnas del piso 3 no cumplen con las secciones ni cuantía de acero requerida, como se indica en las imágenes a continuación:

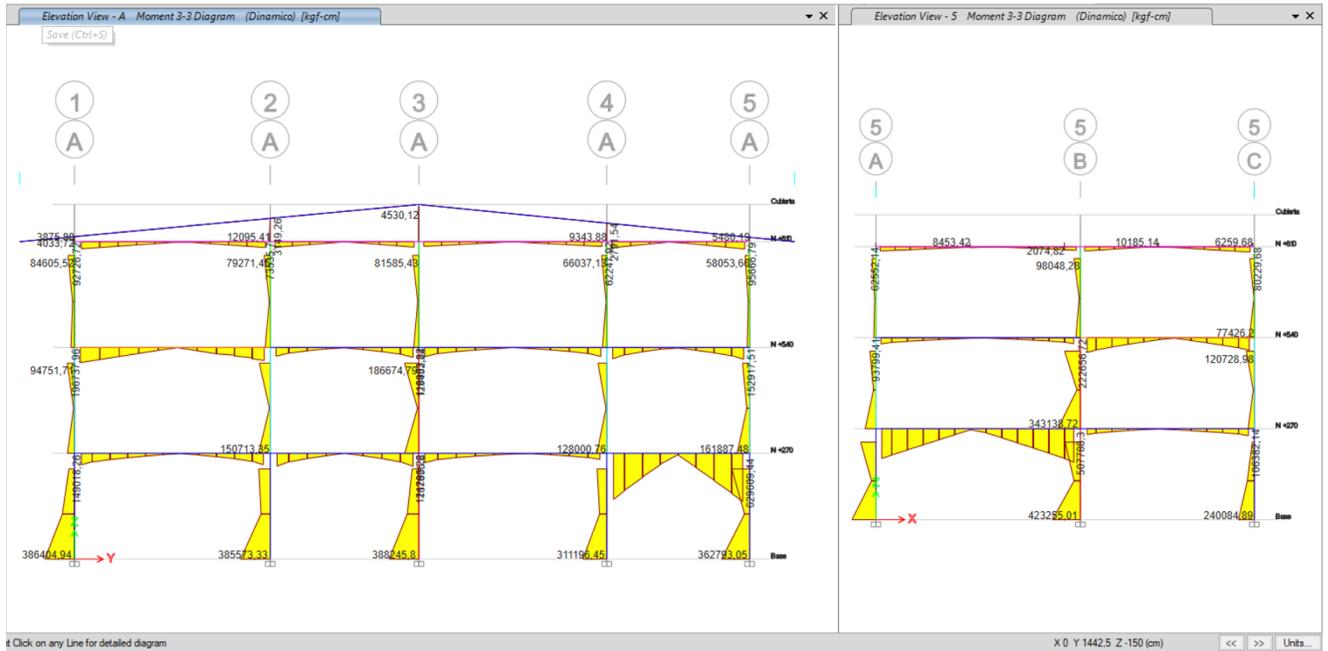


Chequeo Viga-Columna, no cumple:



Momentos:





3.2 ANALISIS DE RESULTADOS

En consideración de los resultados obtenidos realizado a los elementos estructurales de la edificación podemos indicar que no cumplen con los parámetros técnicos y normativa vigente, por lo cual se toma en cuenta las soluciones técnicas para la rehabilitación.

- Como primera instancia analizaremos el encamisado de los elementos estructurales.
- Como segunda instancia la implementación de fibra de carbono como método rehabilitador para estos elementos en análisis.

Para tener en cuenta en la implementación de la rehabilitación se debe cumplir con las condiciones técnicas en la ejecución de cada una de las actividades que conllevan el proceso de rehabilitación, por lo que es indispensable contar con el cálculo y diseño de la solución y las especificaciones técnicas.

MODELACIÓN ESTRUCTURAL PARA LA SOLUCION DEL ENCAMISADO

Se propone el encamisado en los elementos estructurales para nuestro análisis las columnas deterioradas debido a las fallas constructivas, podemos describir el análisis estructural en el programa de modelamiento Etabs para satisfacer la solución técnica.

• CODIGOS UTILIZADOS

Norma Ecuatoriana de Construcción. NEC_SE_CG_(cargas no sísmicas),
NEC_SE_RE_(Riesgo sísmico), NEC_SE_HM_(hormigón armado),
NEC_SE_VIVIENDA

ANSI/AISC 360-16. American National Standards Institute. American Institute of Steel Construction.

ACI 318/19. American Concrete Institute.

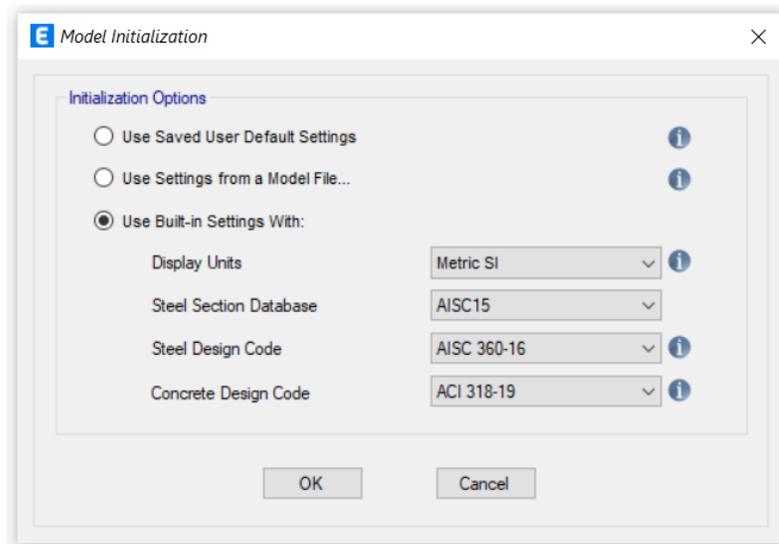


Ilustración 32. Códigos ingresados en el Software Etabs para la rehabilitación

• MATERIALES CONSIDERADOS

Los materiales utilizados en este diseño en cuanto a su resistencia son los siguientes:

Acero de refuerzo..... $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$.

Hormigón armado piso 1 y 2..... $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$.

Hormigón armado para encamisado piso 3..... $f'_c=300.00 \text{ kg/cm}^2$.

- **CARGAS DE DISEÑO**

El cálculo ha sido ejecutado bajo solicitaciones estáticas debido debidas a Carga Muerta (D), Sobrecarga (L) y para fuerzas sísmicas horizontales estáticas (Sx y Sy).

CARGA MUERTA LOSAS ENTREPISO	
Pesos propios	Kg/m²
Peso propio Loseta de compresión	Programa ETABS
Peso propio Nervaduras	Programa ETABS
Peso propio Vigas	Programa ETABS
Peso propio Columnas	Programa ETABS
Peso propio aliviamamiento y mampostería	324.0
Peso propio acabados	40.00
Peso propio instalaciones	15.00
Total	379.0

CARGA MUERTA CUBIERTA INACCESIBLE	
Pesos propios	Kg/m²
Peso propio viguetas	Programa ETABS
Peso propio columnetas de anclaje	Programa ETABS
Peso propio lluvia, granizo, etc.	35.00
Peso propio cubierta plancha ondulada de fibrocemento 8mm espesor	16.00
Peso propio instalaciones	15.00
Total	66.00

CARGA VIVA o SOBRECARGA	
Ocupación o uso	Kg/m²
Vivienda – Entrepiso (N+2.70 y N+5.40)	200.00

CARGA VIVA o SOBRECARGA	
Ocupación o uso	Kg/m²
Cubiertas planas, inclinadas y curvas (N+8.10)	70.00

- **CARGAS HORIZONTALES**

El cálculo ha sido ejecutado bajo solicitaciones estáticas debido a Carga Muerta (D), Sobrecarga (L) y para fuerzas sísmicas horizontales estáticas (Sx y Sy). ZONA SISMICA. Se considera según NEC, 2014; el valor de Z de 0.50 con caracterización de peligro sísmico alta.

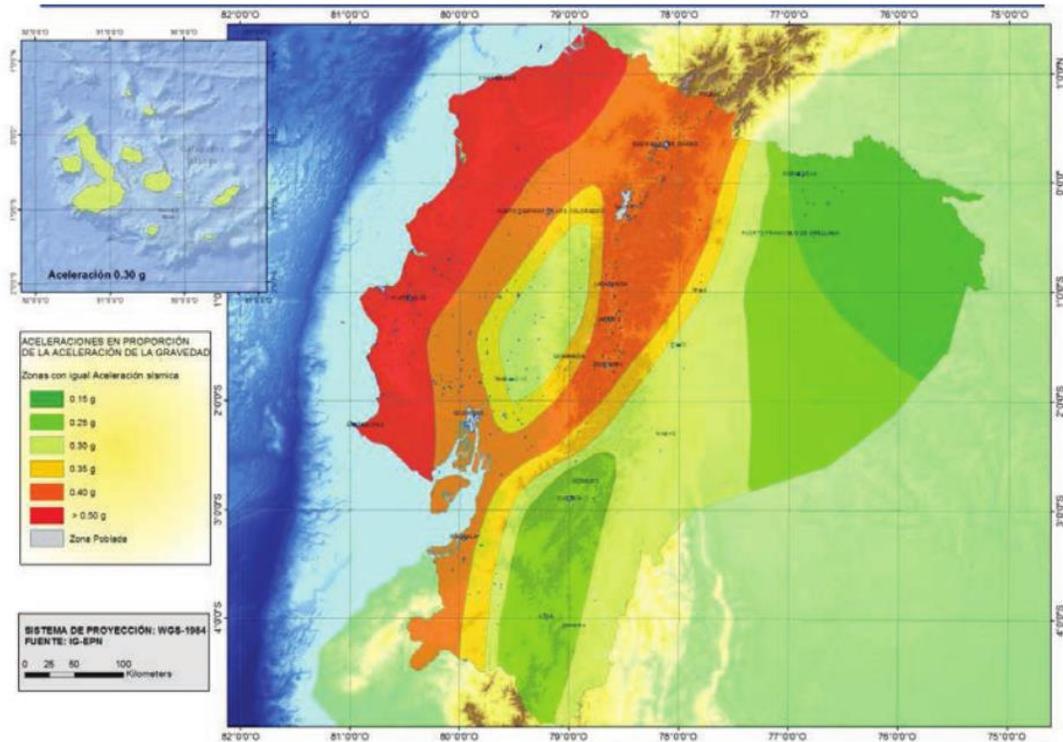


Ilustración 33. Caracterización de Peligro Sísmico_Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Tabla 8: Ubicación de Factor Z (NEC).

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

TIPO DE SUELO. Se considera según NEC, 2014; en su apartado NEC - SE - DS de Peligro Sísmico Parte 1, indica que para el tipo de suelo en donde se encuentra ubicado el proyecto, se utilizará tipo de perfil E.

De acuerdo a la Geología local en la que se realiza el estudio y con referencia a la NEC, dentro de las tablas 3, 4, 5 se determinan los coeficientes de ampliación para el tipo de suelo E y factor $Z = 0.5$, los mismos se detellan en el siguiente cuadro:

Tabla 9. Coeficientes de perfil de suelo encontrado.

Fa	0.85
Fd	1.50
Fs	2.00

El factor usado para el espectro de diseño cuyo valor depende de la ubicación geográfica del proyecto es:

$$r = 1.50$$

Los valores de la relación de ampliación espectral de acuerdo a la NEC, indica que este valor depende de la zona o region de estudio, para el analisis de este estudio se encuentra $\eta = 1.8$, que corresponde a la Costa Ecuatoriana excepto la provincia de Esmeraldas.

Para el coeficiente de importancia en el capítulo 4 de la NEC, se tiene categorías diferentes para edificios dependiendo del uso; para nuestro analisis al no estar dentro de edificaciones esenciales y estructurales de ocupacion especial; se determina como OTRA ESTRUCTURA con un valor de $I = 1$.

Para los parametros indicados en la NEC para el caso de la regularidad en planta y elevacion de nuestro caso en estudio se tiene una edificacion regular en toda su construccion por ello se adoptan los siguientes valores:

$$\text{PLANTA} \quad \emptyset_P = 1$$

$$\text{ELEVACION} \quad \emptyset_E = 1$$

La determinación del periodo de vibración de la estructura de acuerdo a la NEC sera determinado de acuerdo al metodo 1 para porticos especiales de hormigón armado con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y manposteria estructural, podemos determinar los valores de $C_t = 0.055$ y $\alpha = 0.90$.

Factor de Reduccion depende de variables tanto como: Tipo de estructura, tipo de suelo, periodo de vibración considerado, factores de ductilidad, sobre resistencia, redundancia y amortiguamiento de una estructura en condiciones límite por lo que de acuerdo a nuestro estudio de sistema dual en pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas, pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda se puede definir el valor del factor de reducción

$$R = 8.$$

Calculo de la determinación del coeficiente de vibración:

$$T_a = T = C_t h_n^\alpha = 0.519$$

Componentes de la carga sísmica: espectros elásticos de diseño:

$$T_o = 0.10 F_s \frac{F_d}{F_a} = 0.3529$$

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a} = 1.9412$$

$$\text{Para } 0 \leq T \leq T_c \quad S_a = n Z F_a$$

$$\text{Para } T > T_c \quad S_a = n Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r$$

$$S_a = 0.765$$

$$V = 0.956 * W \quad V = \frac{I S_a(T_a)}{R \phi_P \phi_E} W$$

Para este caso el porcentaje de masa reactiva es el 9,56%. Por lo que el Coeficiente de Cortante Basal "C" a utilizarse es 0,0956.

• **COMBINACIÓN DE CARGAS**

Para este modelo se emplearon las combinaciones de carga proporcionadas en el NEC15 y en el ACI 318-08 son las siguientes:

- $\text{Comb1} = 1.4 D$
- $\text{Comb2} = 1.2 D + 1.6 L$
- $\text{Comb3} = 1.2D + L$
- $\text{Comb4} = 1.2D + S_x + L$
- $\text{Comb5} = 1.2D - S_x + L$
- $\text{Comb6} = 1.2D + S_y + L$
- $\text{Comb7} = 1.2D - S_y + L$
- $\text{Comb8} = 0.9D + S_x$
- $\text{Comb9} = 0.9D - S_x$
- $\text{Comb10} = 0.9D + S_y$
- $\text{Comb11} = 0.9D - S_y$

Siendo: $CM=D$; $CV=L$; $SismoX=S_x$; y, $SismoY=S_y$

Con estas combinaciones se cubren todos los eventos de sollicitación y se procede al diseño de los elementos estructurales que conforman dicha edificación con los valores más relevantes.

Con el modelo estructural adoptado se procedió primero a pre dimensionar las estructuras y luego a realizar su cálculo definitivo mediante el paquete computacional "CSI ETABS 19.1.0", luego de lo cual se repitió el ciclo hasta que todos los elementos cumplieron con los requerimientos de los mayores esfuerzos, y con deformaciones máximas permitidas.

- **INGRESO DE DATOS AL PROGRAMA**

Ingreso de Datos de Sismo según NEC 15, y espectros de diseño en el Programa

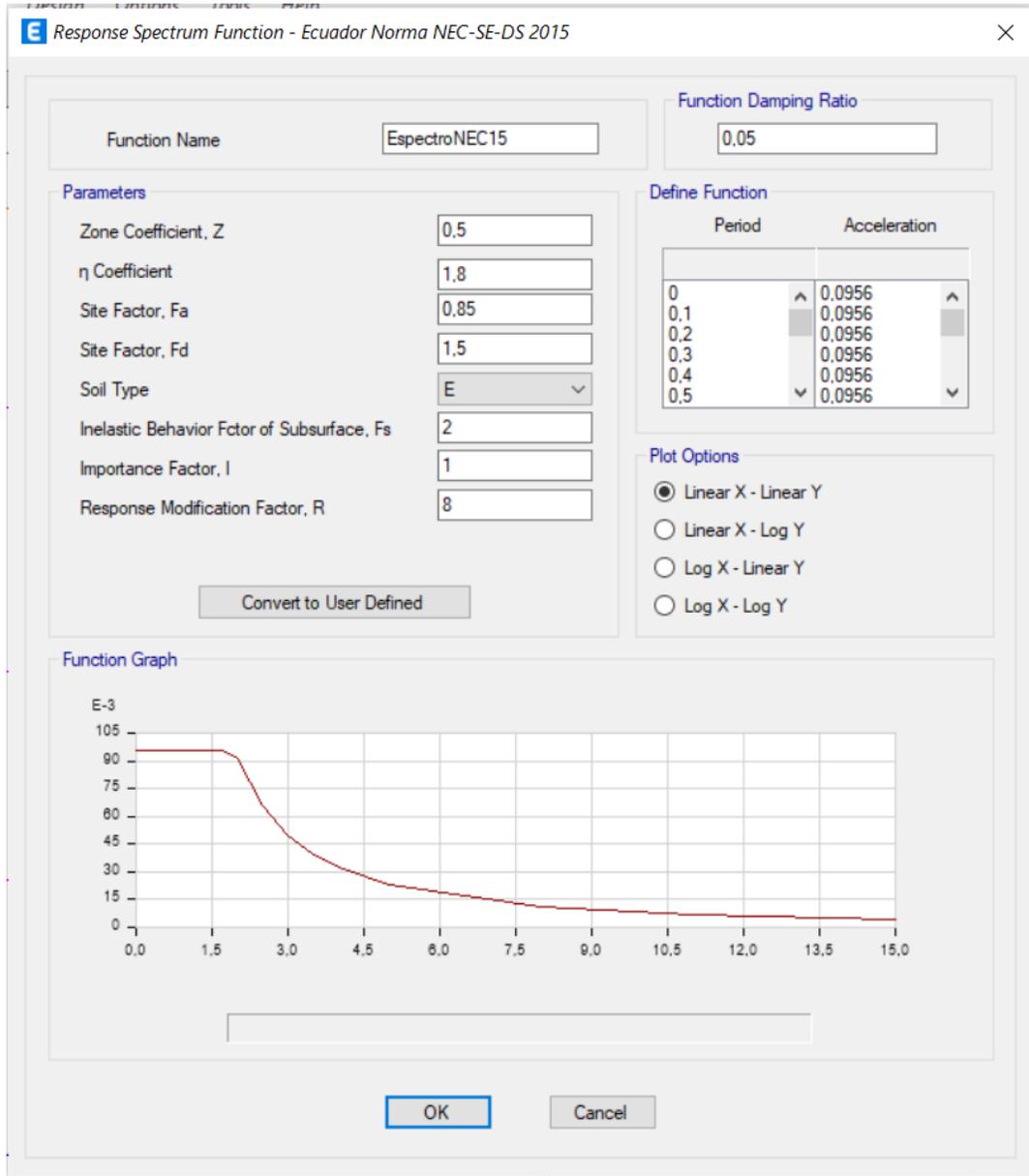


Ilustración 34. Cálculo de Espectro de Respuesta y coeficiente de cortante basal

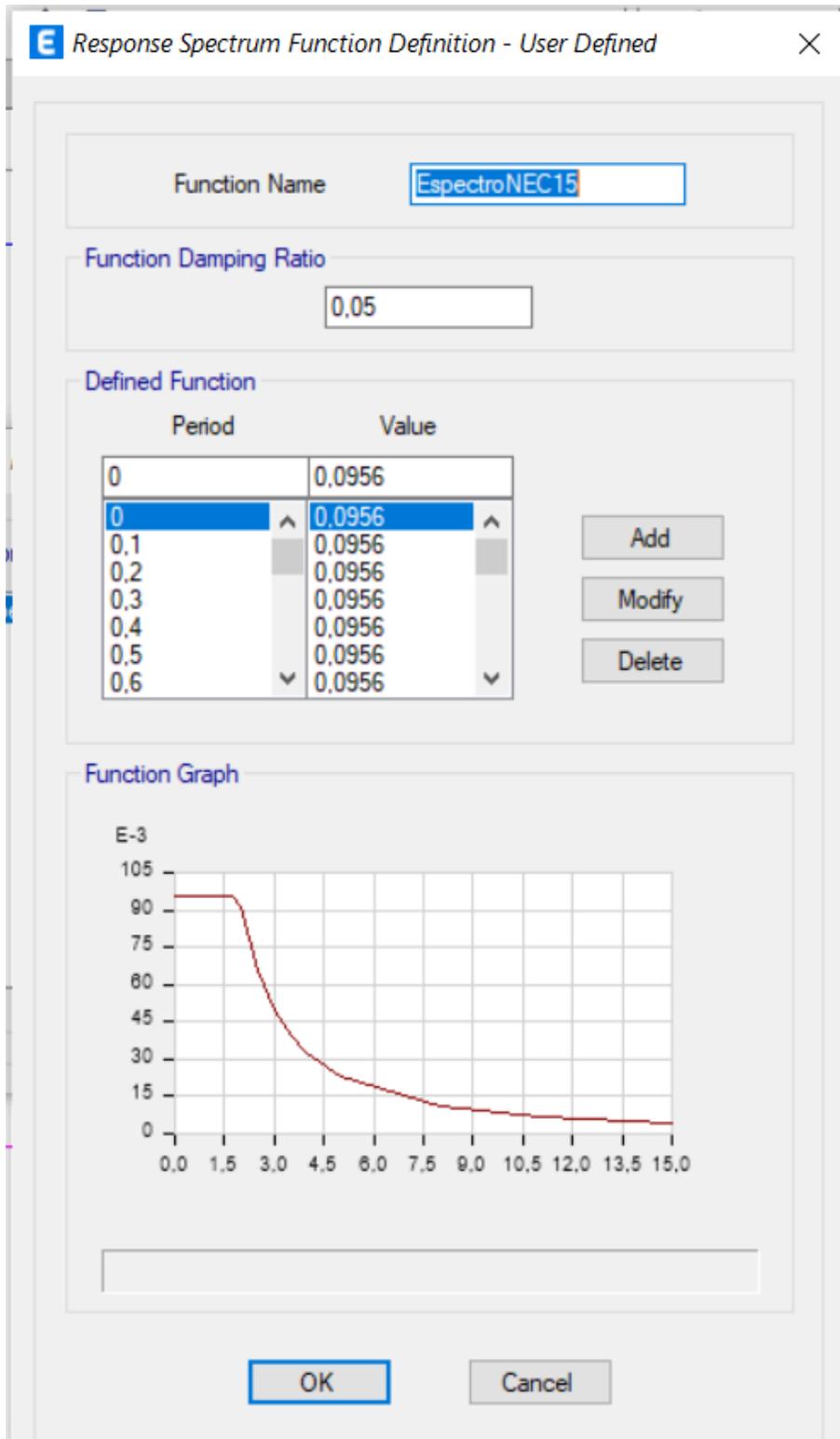


Ilustración 35. Definición de Espectro de Respuesta para este caso particular

E Load Case Data [Close]

General

Load Case Name: [Design...]

Load Case Type: [Notes...]

Mass Source:

Analysis Model:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	EspectroNEC15	980,665
Acceleration	U2	EspectroNEC15	980,665

[Add] [Delete] Advanced

Other Parameters

Modal Load Case:

Modal Combination Method:

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type:

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity: [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Ilustración 36. Definición de Espectro de Respuesta con NEC15

Ingreso de Módulo de Elasticidad conforme NEC15 de acuerdo a los ensayos realizados

E Material Property Data

General Data

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: kgf/cm³

Mass per Unit Volume: kgf-s²/cm⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: kgf/cm²

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1/C

Shear Modulus, G: kgf/cm²

Design Property Data

Advanced Material Property Data

Modulus of Rupture for Cracked Deflections

Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)

User Specified

Ilustración 37. Módulo de Elasticidad para $f'c=300$ kg/cm² (207846.10 Kg/cm²)

Ingreso de columnas a evaluar con la resistencia obtenida en ensayos

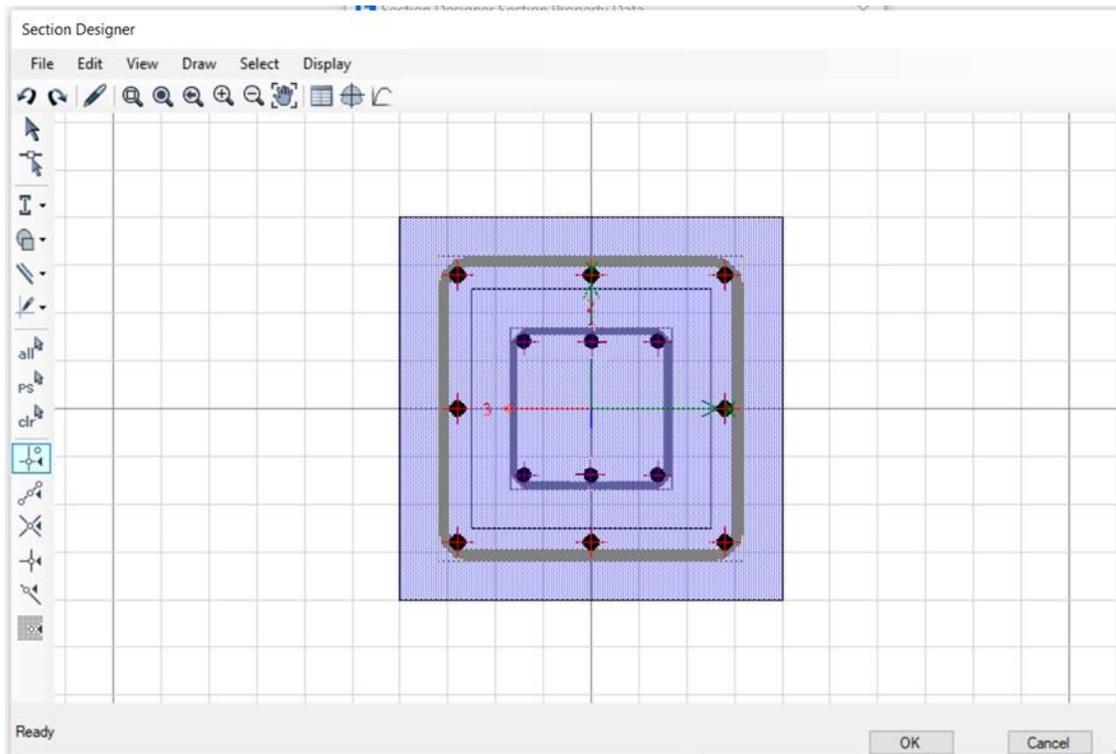


Ilustración 38. Ingreso de columnas con encamisado de 40x40

- **CHEQUEO DE DERIVAS DE PISO**

Para que el modelo cumpla las condiciones de deriva, deberá ser menor al 2%, el análisis se lo realiza a continuación.

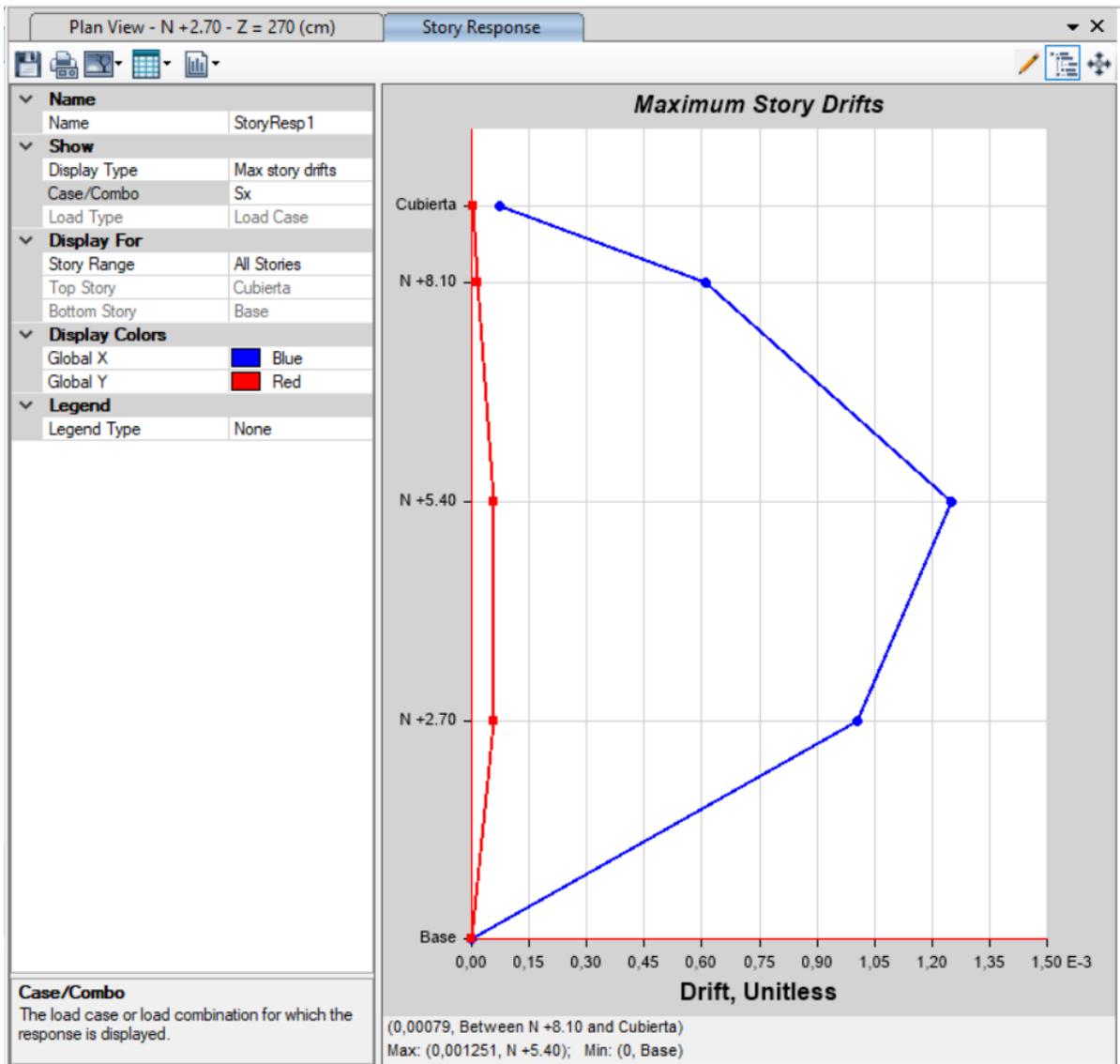


Ilustración 39. Máxima deriva en X

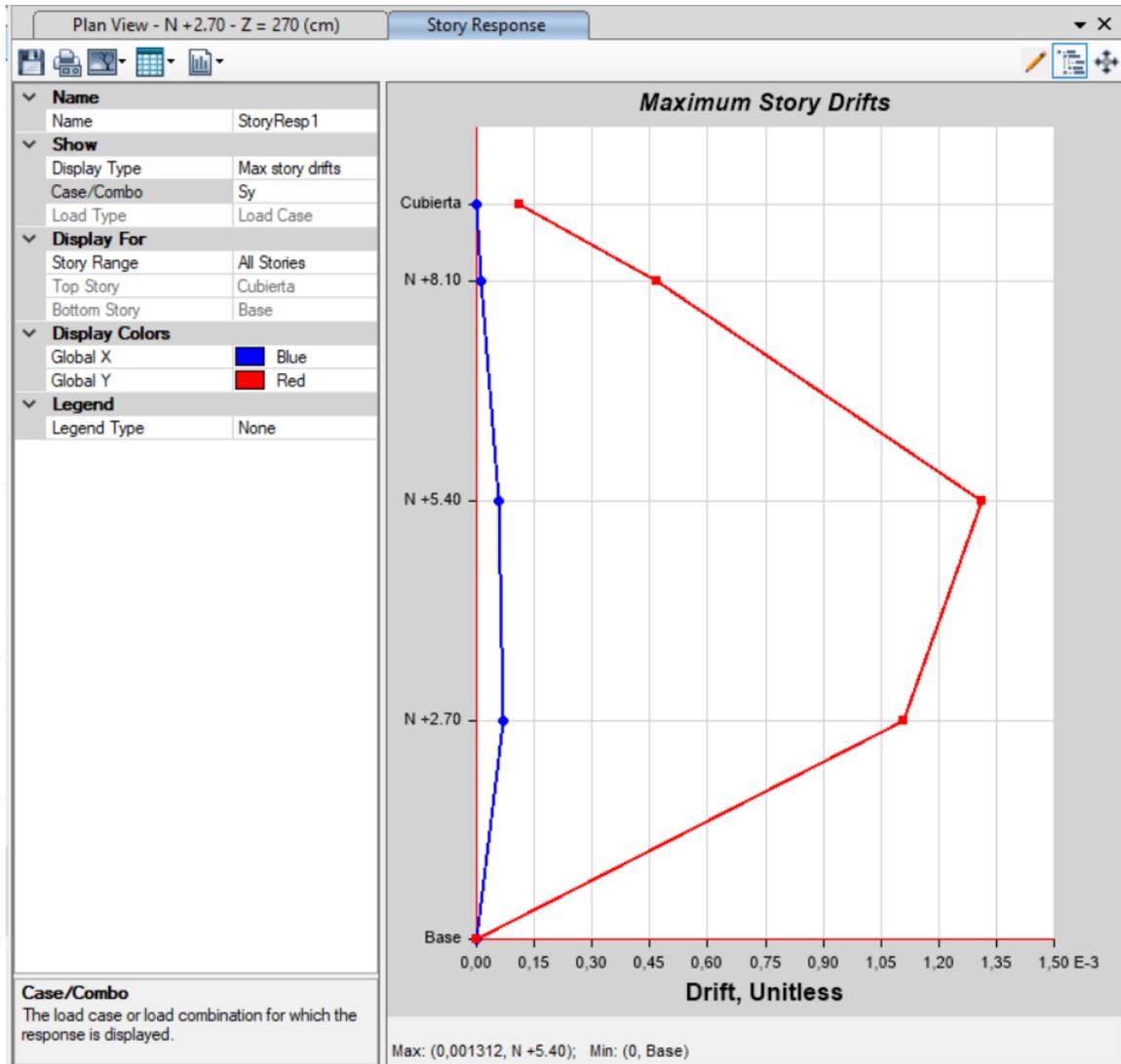


Ilustración 40. Máxima deriva en Y

R = 8

Piso	Combinación	Deriva	▲ela	▲inl = 0,75*▲ela*R	Condición ▲inl ≤ 0,02
N+10.80	SX	Max Drift X	0,001251	0,007506	Cumple
N+10.80	SY	Max Drift Y	0,001312	0,007872	Cumple

Por tanto, las derivas de piso cumplen en ambos sentidos para diseño Sismo Resistente.

- ANÁLISIS DE LOS PERÍODOS DE VIBRACIÓN

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0,493	0,0143	0,8232	0	0,0143	0,8232	0	0,1428
Modal	2	0,474	0,7334	0,0273	0	0,7476	0,8505	0	0,0055
Modal	3	0,429	0,0946	0,0115	0	0,8422	0,8621	0	0,0037
Modal	4	0,172	0,0847	0,0002	0	0,9269	0,8623	0	0,0023
Modal	5	0,169	0,0104	0,0016	0	0,9373	0,8639	0	0,0129
Modal	6	0,165	4,173E-05	0,1116	0	0,9374	0,9755	0	0,7957
Modal	7	0,153	0,008	0,0011	0	0,9454	0,9766	0	0,0067
Modal	8	0,149	0,0037	0,0001	0	0,9491	0,9767	0	0,0028
Modal	9	0,126	0,0055	1,762E-06	0	0,9546	0,9767	0	7,872E-07
Modal	10	0,116	2,932E-05	0,0207	0	0,9546	0,9975	0	0,024
Modal	11	0,114	0,024	3,552E-05	0	0,9786	0,9975	0	2,149E-05
Modal	12	0,106	0,0196	3,178E-06	0	0,9982	0,9975	0	0

Ilustración 41_ Tabla de Participación Modal

Tcal=Ta	*	1,3	≤	Tprograma		
0,3614	*	1,3	≤	TPrograma		
		0,519	≤	0,493	CUMPLE	

- **MODELACIÓN**

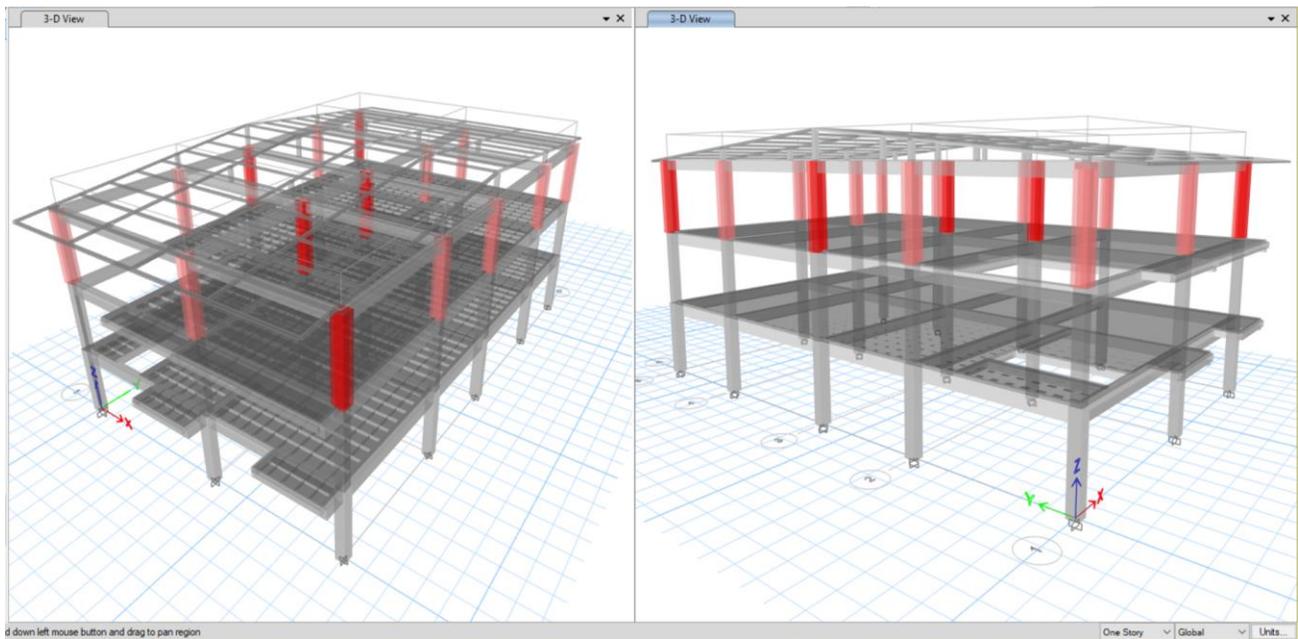
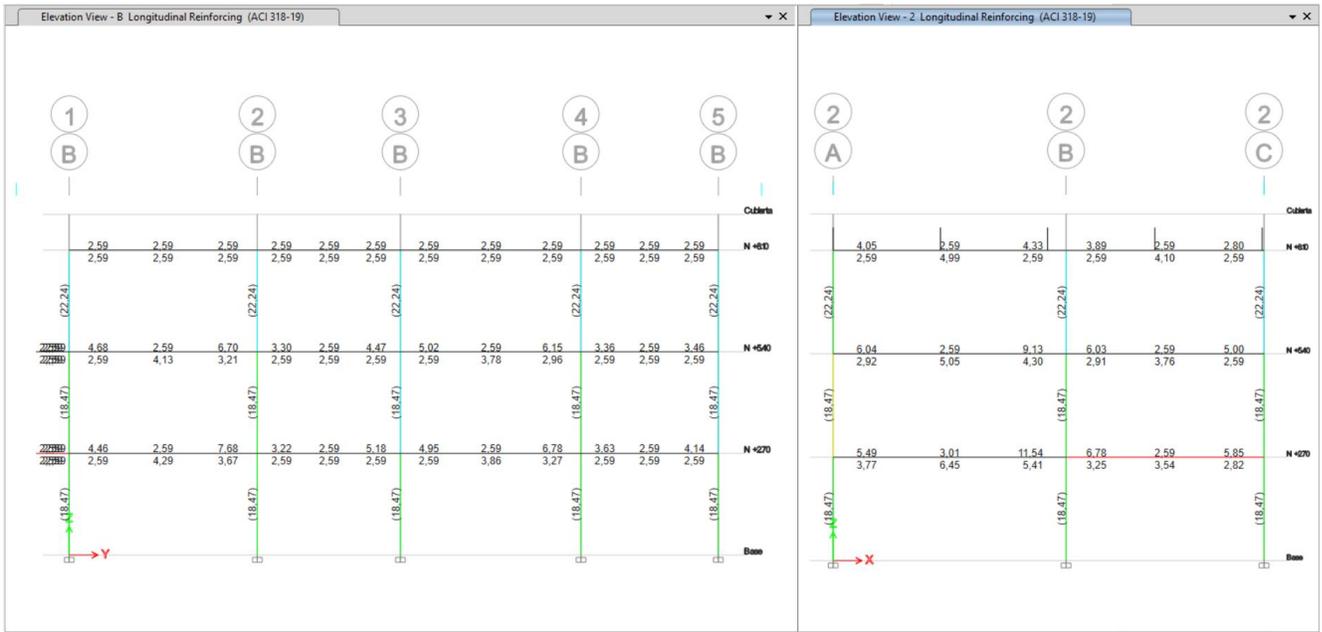
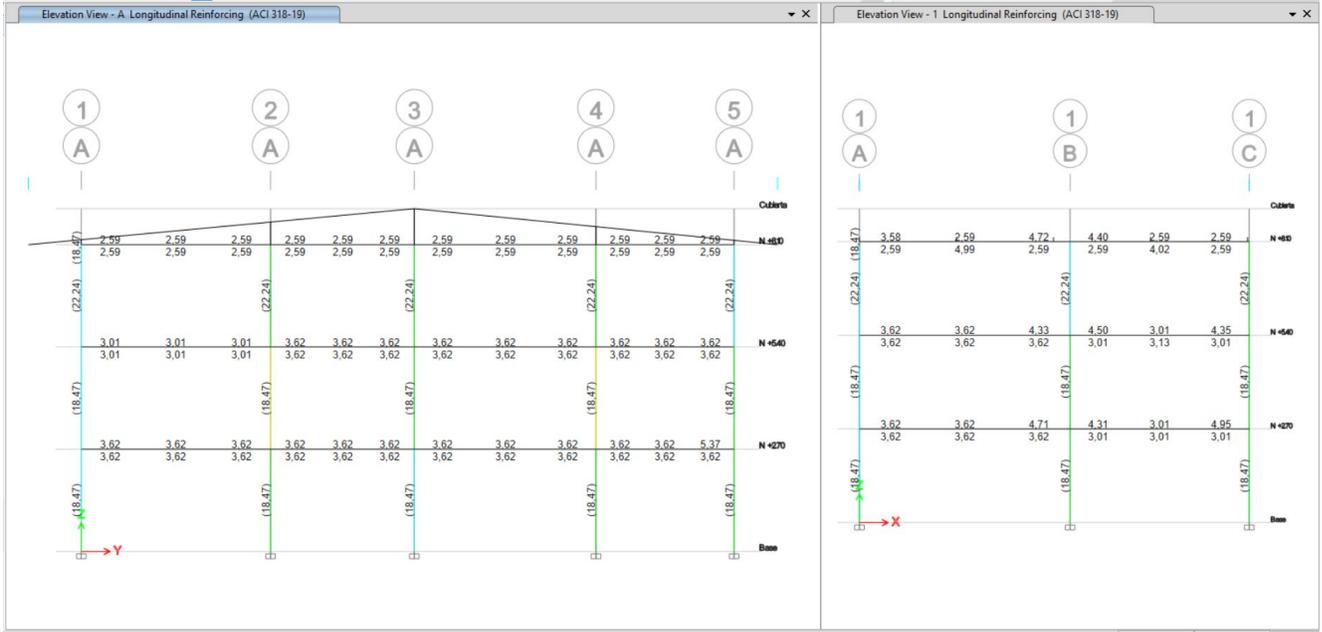
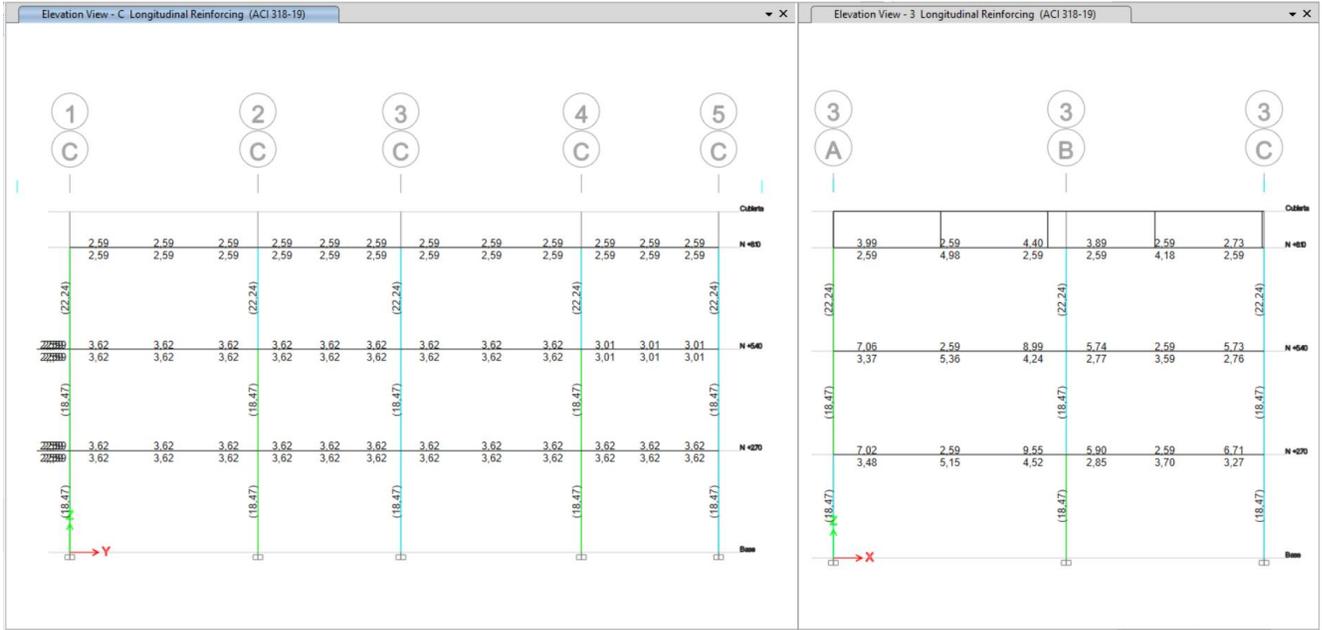


Ilustración 42. Modelación de la estructura de hormigón armado

- **ACERO DE REFUERZO**

Con la ayuda del programa de análisis estructural se ha realizado el diseño de la estructura tomando en cuenta todas las acciones que intervienen y comprobando las deformaciones y desplazamientos permisibles, llegando así a definir los elementos estructurales que se indica en las imágenes a continuación:





- **CHEQUEO DE CONEXIONES VIGA/COLUMNA**

Para el detalle del Acero de Refuerzo en los elementos estructurales se han las siguientes recomendaciones:

- **VIGAS**

Para garantizar el comportamiento dúctil de los elementos estructurales sometidos a flexión, se han cumplido los requerimientos, definidos por el ACI y el Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

- La sección de acero de refuerzo de las vigas se ha limitado, como valor máximo a:

$$A_s = 0.025 \times b \times d ,$$

y como valor mínimo a $A_s = \frac{14}{f'y} \times b \times d$

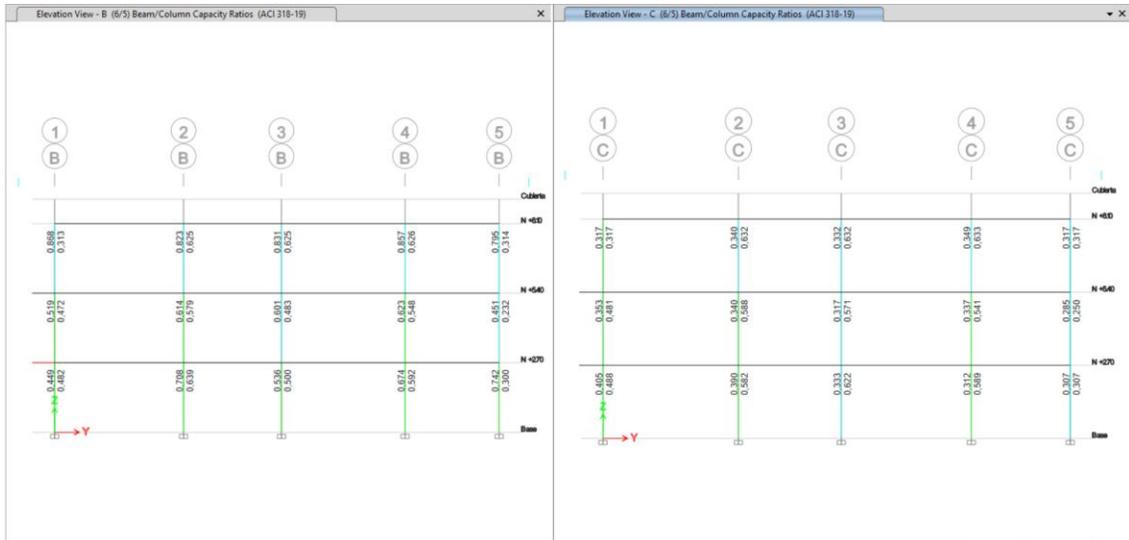
- El diseño de secciones mínimas de acero tanto longitudinal y transversal en las vigas Cumple para diseño sismo resistente. Las armaduras cubren la posibilidad de inversión de momentos durante la acción de un sismo.
- La capacidad de la sección transversal de la viga, en sus apoyos, para resistir un momento positivo no es menor al 50% de la capacidad para resistir momento negativo. La armadura necesaria para absorber momentos negativos o positivos, dentro del tramo, a lo largo de las vigas, no es menor a 25% de la armadura necesaria para absorber el momento negativo en los apoyos.

- **COLUMNAS**

La cuantía mínima de acero utilizada en las columnas es del 1% de acuerdo a las recomendaciones del ACI y el Norma Ecuatoriana de la Construcción para diseño sismo-resistente.

➤ **CHEQUEO VIGA / COLUMNAS**

La Relación Viga/Columna debe ser menor que 1 de esta manera la estructura tiene un comportamiento cinemático.



De la corrida estructural para el reforzamiento de columnas antigua de medida 25x25 cm de la edificación, se puede definir que la nueva sección de columna es de 40x40 cm.

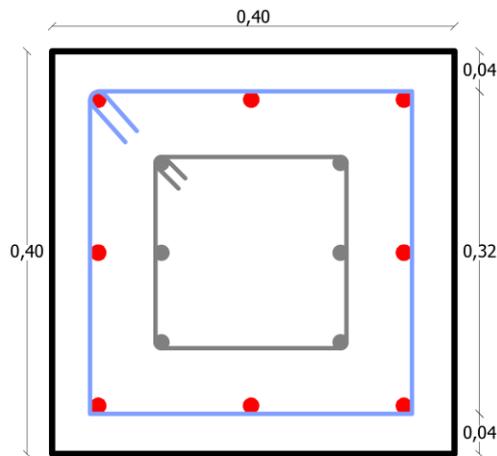


Ilustración 43. Sección de Columna 40x40 cm

PRESUPUESTO DEL ENCAMISADO

En la Tabla 10, se presenta el presupuesto para la rehabilitación de 1 Columna de Hormigón Armado.

Tabla 10. Presupuesto del Reforzamiento con Encamisado

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Apuntalamiento de estructuras	u	1.00	285.00	\$ 285.00
2	Picado de recubrimiento de hormigón en columnas	m2	2.40	41.86	\$ 100.46
3	Limpieza y protección de varillas de refuerzo existentes en columnas (Inhibidor)	m2	2.40	62.14	\$ 149.14
4	Suministro y colocación de adhesivo epóxico de hormigón nuevo a endurecido	m2	2.40	75.32	\$ 180.77
5	Acero de refuerzo (Vetical y Transversal)	kg	104.78	3.00	\$ 314.34
6	Hormigón f'c= 300 kg/cm2 en columnas (incluye encofrado)	m3	0.33	450.00	\$ 148.50
7	Remoción de escombros y limpieza (Incluido Desalojo)	glo	1.00	120.00	\$ 120.00
TOTAL COSTO DIRECTO =					\$ 1,298.21
INDIRECTOS 20 % =					\$ 259.64
VALOR TOTAL =					\$ 1,557.85

Son: Mil quinientos cincuenta y siete con 85 dólares.

En la Tabla 11, se presenta el presupuesto para la rehabilitación de las 3 columnas en estudio.

Tabla 11. Presupuesto para rehabilitación de 3 Columnas con Encamisado.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
Rehabilitación de Columnas	u	3.00	1,557.85	\$ 4,673.56

Son: Cuatro mil seiscientos setenta y tres 56 dólares.

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EL REFORZAMIENTO CON ENCAMISADO

• ITEM 1. APUNTALAMIENTO DE ESTRUCTURAS

Descripción:

El apuntalamiento deberá reunir todas las características de una obra resistente, para que pueda reemplazar con eficacia la parte afectada del edificio, y una vez reparada la obra, se desmonte con facilidad.

El material del apuntalamiento, es importante que se encuentre en optimas condiciones, carente de fisuras. En términos generales podemos indicar que el apuntalamiento es el correcto cuando cumplen las condiciones siguientes: Sostener, Retener, Unir etc.

Procedimiento:

Para iniciar con el apuntalamiento, la zona en donde se colocará deberá estar limpia y libre de cualquier elemento que interrumpa la libre colocación del puntal de apoyo, el cual estará apoyado en el piso sobre una plancha para tener un contacto perfecto. Para evitar cualquier movimiento lateral del soporte, este se fijará a la viga en la parte superior y a la plancha de apoyo en la parte inferior mediante clavos o cualquier otro tipo de anclaje que soporte el deslizamiento.

Unidad: Unidad (u).

Materiales Mínimos: Madera, Puntales metálicos, Clavos de acero.

Equipo Mínimo:

Herramienta menor, Andamios.

Mano de Obra Mínima Calificada:

Peón (Estr. Oc. E2), Albañil (Estr. Oc. D2), Maestro Mayor Ejecución Obra Civil (Estr. Oc. C1).

Medición y Forma de Pago:

Se pagará en medida por Unidad (u).

- **ITEM 2. PICADO DE RECUBRIMIENTO DE HORMIGÓN EN COLUMNAS**

Descripción:

La actividad tiene como objetivo el picado y retiro del recubrimiento de hormigón de columnas previo al reforzamiento estructural de las mismas, de acuerdo a los planos de detalle.

Procedimiento:

Con una punta de acero o martillo rompedor picar el recubrimiento de hormigón de las columnas hasta descubrir el acero de refuerzo longitudinal y transversal, para luego realizar la limpieza con un cepillo de acero sin que quede material suelto.

En caso de que se produjera algún leve daño en la columna se procederá inmediatamente a resanarla.

Unidad:

Metro cuadrado (m²).

Materiales Mínimos:

Ninguno.

Equipo Mínimo:

Herramienta menor, Andamios.

Mano de Obra Mínima Calificada:

Peón (Estr. Oc. E2), Albañil (Estr. Oc. D2), Maestro Mayor Ejecución Obra Civil (Estr. Oc. C1).

Medición y Forma de Pago:

Se pagará por metro cuadrado (m²) de columna intervenida.

- **ITEM 3. LIMPIEZA Y PROTECCIÓN DE VARILLAS DE REFUERZO EXISTENTES EN COLUMNAS (INHIBIDOR)**

Descripción:

Consiste en realizar la limpieza y protección de los aceros de refuerzos en las columnas (longitudinal y transversal), esta actividad se realizará con medios mecánicos y/o químicos, para luego colocar la protección con inhibidor de corrosión en el acero de refuerzo.

Procedimiento:

En primera instancia con un cepillo de acero se limpiará completamente las varillas expuestas. Para garantizar la limpieza efectiva en una segunda fase se limpiará usando un químico removedor de óxido de superficies ferrosas de acuerdo a las proporciones recomendadas en la ficha técnica del producto. Luego de esto se aplicará a las varillas un recubrimiento anticorrosivo para proteger el acero de refuerzo (Inhibidor de corrosión).

Unidad:

Metro cuadrado (m²).

Materiales Mínimos:

Removedor de óxido de superficies ferrosas. Recubrimiento anticorrosivo para protección de acero de refuerzo.

Equipo Mínimo

Herramienta menor.

Mano De Obra Mínima Calificada:

Peón (Estr. Oc. E2), Albañil (Estr. Oc. D2), Maestro Mayor Ejecución Obra Civil (Estr. Oc. C1).

Medición y Forma de Pago:

Se pagará por metro cuadrado (m²) de columna intervenida.

- **ITEM 4. SUMINISTRO Y COLOCACION DE ADHESIVO EPÓXICO DE HORMIGON NUEVO A ENDURECIDO**

Descripción:

Este adherente este compuesto de dos componentes los que serán mezclados antes de su colocación y deberán cumplir con la Norma ASTM C-881 Tipo II, grado 2, clase B y C, este adhesivo es especial para la pega de hormigón fresco ha endurecido. Es un imprimante de alta adherencia para tratamientos epóxicos sobre superficies húmedas.

Procedimiento:

Previo a la colocación de este adhesivo epóxico la superficie debe estar limpia libre de polvo, puede estar seca o húmeda.

El mezclado consiste en revolver cada componente por separado. En un recipiente limpio vierta el componente A y B, la dosificación del producto deberá seguir las fichas técnicas de producto empleado.

Para pegar hormigón fresco con endurecido, aplicar el adhesivo epóxico con cepillo o rodillo, se debe colocar el hormigón fresco mientras el producto esta pegajoso.

El concreto endurecido debe estar limpio libre de polvo, tierra, basura, pintura, grasa, asfalto o cualquier otro material perjudicial.

Unidad:

Metro cuadrado (m²).

Materiales Mínimos:

Adhesivo epóxico de dos componentes para pega de hormigón fresco ha endurecido.

Equipo Mínimo:

Herramienta menor, Andamios.

Mano De Obra Mínima Calificada:

Maestro Mayor Ejecución Obra Civil (Estr. Oc. C1), Peón (Estr. Oc. E2), Albañil (Estr. Oc. D2).

Medición y Forma de Pago:

El pago por el suministro y colocación de adhesivo epóxico de hormigón nuevo a endurecido se lo efectuara por metro cuadrado (m²) de acuerdo a las dimensiones en los planos indicados.

- **ITEM 5. ACERO DE REFUERZO (VERTICAL Y TRANSVERSAL)**

Descripción:

Se entenderá por acero de refuerzo el conjunto de operaciones necesarias para cortar, doblar, formar ganchos y colocar varillas de acero que se utilizan para conformación del hormigón armado.

Procedimiento:

El acero utilizado estará libre de toda suciedad, escamas sueltas, pintura, herrumbre u otra sustancia que perjudique la adherencia con el hormigón. Los cortes y doblados se efectuarán de acuerdo con las planillas de hierro de los planos estructurales revisados en obra y las indicaciones dadas por el calculista.

Para el armado de los aceros de refuerzo se deberá tener en cuenta la separación mínima entre estribos además tener en cuenta que los ganchos se ubiquen de forma alternada y el amarre se lo realizará de forma uniforme con Alambre de amarre No. 8.

Unidad:

Kilogramo (kg).

Materiales Mínimos:

Acero en barras.

Equipo Mínimo:

Herramienta menor.

Mano De Obra Mínima Calificada:

Maestro Mayor Ejecución Obra Civil (Estr. Oc. C1), Albañil (Estr. Oc. D2), Peón (Estr. Oc. E2).

Medición y Forma de Pago:

La medición será de acuerdo a la cantidad efectiva ejecutada y colocada en obra, la que se verificará previo a la colocación del hormigón. Su pago será por kilogramo (kg).

- **ITEM 6. HORMIGÓN F'C= 300 KG/CM2 EN COLUMNAS (INCLUYE ENCOFRADO)**

Descripción:

En esta actividad consiste el suministro y la provisión de todos los materiales necesarios, así como equipo y mano de obra para colocación, elaboración, vertido y curado de hormigón estructural $f'c= 300 \text{ kg/cm}^2$ en las columnas de acuerdo a las secciones de diseño.

Procedimiento:

Antes de colocar el hormigón en obra se debe elaborar el diseño de hormigón de 300 kg/cm^2 que debe incluir la granulometría de los agregados utilizados que deben cumplir las normas NEC 2015.

En caso de utilizar hormigón premezclado se indicará al proveedor el diseño de hormigón aprobado y que cumpla con las Normas Técnicas.

Para la colocación en obra se tendrá cuidado que el hormigón no tenga una altura libre de caída de mas de 1.50 m, como también se realizara el correcto vibrado por capas para garantizar la compactación del concreto y evitar segregación de materiales.

Unidad:

Metro cúbico (m³).

Materiales Mínimos:

Hormigón simple $f'c= 300 \text{ Kg/cm}^2$, Encofrado, Inhibidor de Corrosión Mixto Orgánico de Carboxilato de Amina

Equipo Mínimo:

Herramienta menor, vibrador, Concretera, Moto Mixer, Mixer, Bomba de hormigones.

Mano De Obra Mínima Calificada:

Maestro Mayor Ejecución Obra Civil (Estr. Oc. C1), Albañil (Estr. Oc. D2), Peón (Estr. Oc. E2), Carpintero (Estr. Oc. D2). Operador Mixer G1(Estr. Oc. C1), Operador Bomba G2 (Estr. Oc. C1).

Medición y Forma de Pago:

El monto completo necesario para llevar a cabo la preparación y el vertido del hormigón estructural $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ en la columna, junto con el encofrado, será previamente convenido por las partes relacionadas. El pago se efectuará por metro cubico (m3) de hormigón colocado.

- **ITEM 7. REMOCIÓN DE ESCOMBROS Y LIMPIEZA (INCLUYE DESALOJO)**

Descripción:

Este rubro consiste en la remoción y limpieza de residuos o desechos que se ubiquen en el espacio de trabajo será realizada para garantizar un entorno ordenado y seguro. Esto implica el retiro y disposición final de cualquier elemento innecesario en la zona de trabajo.

Procedimiento:

Para la ejecución de esta actividad se realizará inspección inicial para identificar los escombros y desperdicios a remover, luego se procederá con el persona y equipo requerido cumpliendo la normativa de seguridad. Se clasificarán y separarán los materiales según su tipo. Una vez culminado este proceso se procederá a limpiar minuciosamente el área que quede libre de polvo, tierra o cualquier otro elemento. Se realizará una inspección final para garantizar una adecuada ejecución de esta actividad.

Unidad:

Global (glo).

Materiales Mínimos:

Pala, Carretilla, Bolsas de Desecho.

Equipo Mínimo:

Herramienta menor.

Mano De Obra Mínima Calificada:

Maestro Mayor Ejecución Obra Civil (Estr. Oc. C1), Peón (Estr. Oc. E2).

Medición y Forma de Pago:

La medición de los trabajos y el método de pago se llevarán a cabo utilizando como unidad de medida global (glo).

MODELACION ESTRUCTURAL CON EL SOFTWARE SIKA CARBODUR PARA FIBRA DE CARBONO.

Se propone como segundo método de solución para la rehabilitación de las columnas en la edificación la implementación de fibra de carbono, para esto realizamos la modelación del elemento estructural más desfavorable el cual será considerado para las demás columnas en estudio.

Como primer paso el programa nos pide seleccionar los parámetros técnicos para el análisis estructural, *Ilustración 44*.

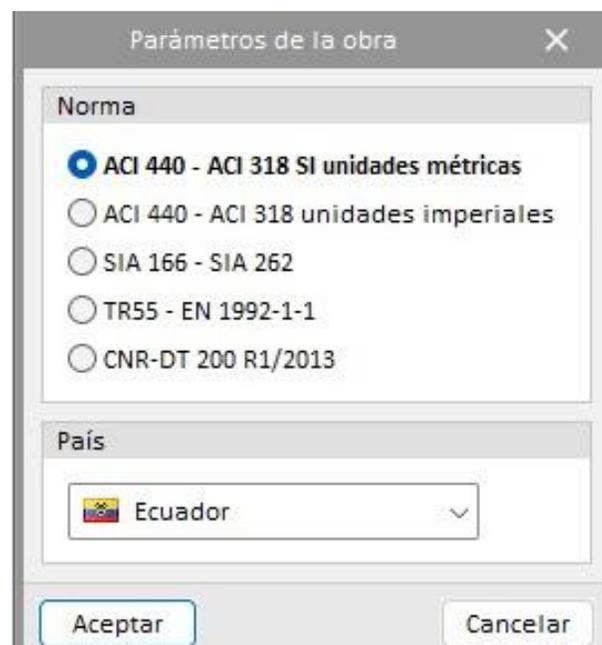


Ilustración 44. Parámetros técnicos para el análisis estructural_ Fuente: Sika.

Ingreso al sistema dados referente a la columna.

DIMENSIONES

Ancho: 250 mm

Largo: 250 mm

RESISTENCIA DE CONCRETO

Resistencia del concreto $f'c = 93.92 \text{ kg/cm}^2$.

ACERO DE REFUERZO

6 \emptyset 12 mm

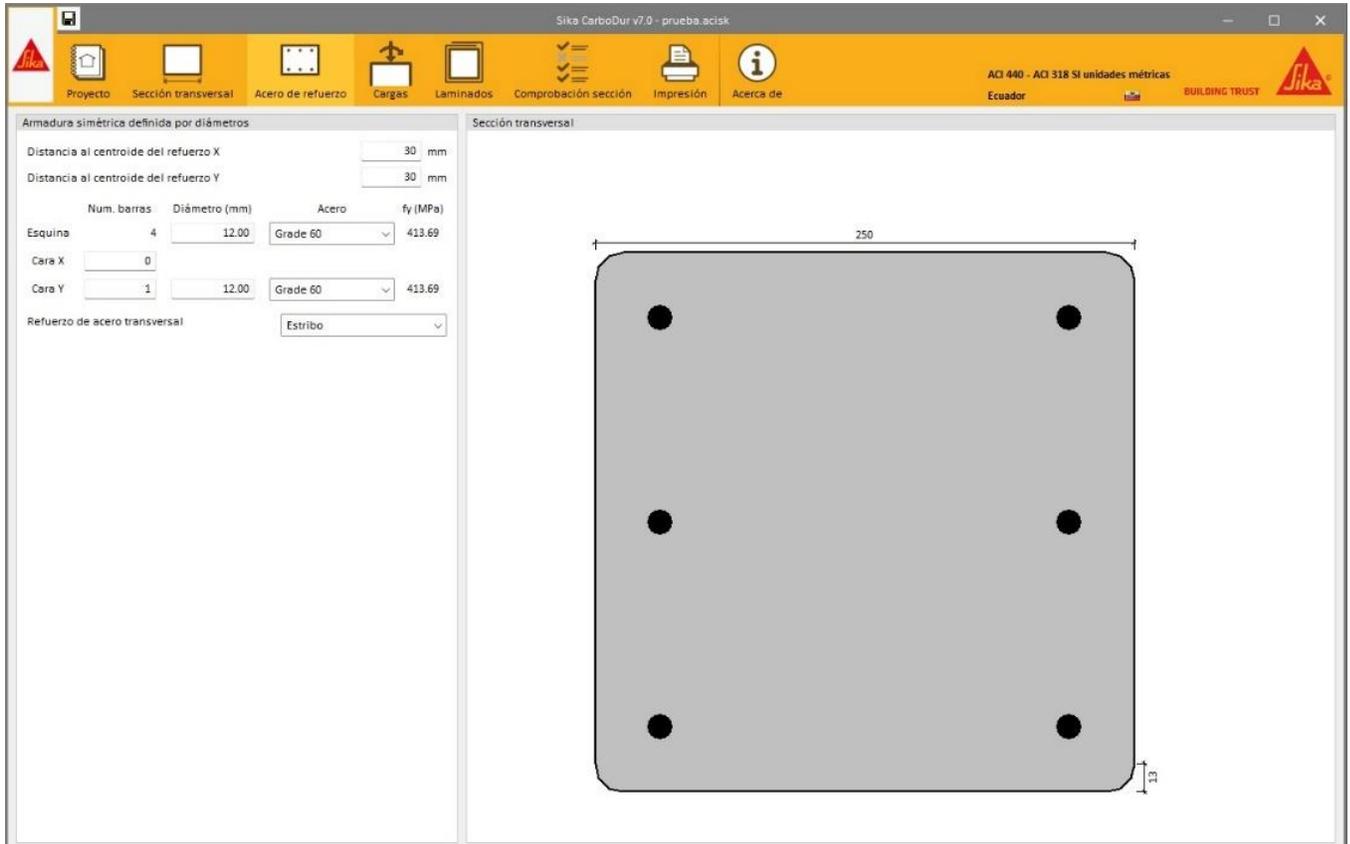


Ilustración 45. Ingreso de valores a columna existente_Fuente: Sika.

Factores de reducción de resistencia definido por ACI 318.

$$\phi_{cc,t} = 0.65$$

$$\phi_{cc,s} = 0.75$$

$$\phi_{tc} = 0.90$$

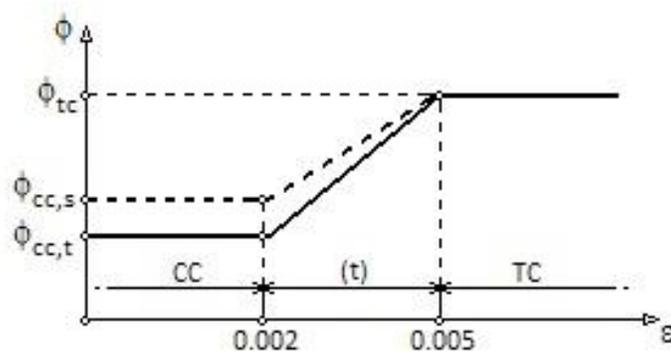


Ilustración 46. Factor de resistencia_Fuente: Sika.

Factores de carga: Se presenta en la *Tabla 12*, las combinaciones de carga.

Tabla 12. Factores de carga, combinación ACI.

COMBINACIONES ACI	CARGAS MUERTAS	CARGAS VIVAS
Límites del refuerzo	1.10	0.75
Acciones esperadas (diseño del refuerzo)	1.20	1.60
Acciones de servicio previstas	1.00	1.00
Caso de incendio	1.00	1.00

Ingreso de cargas y momentos para la columna a estudiar, se puede mostrar en la *Ilustración 47*.

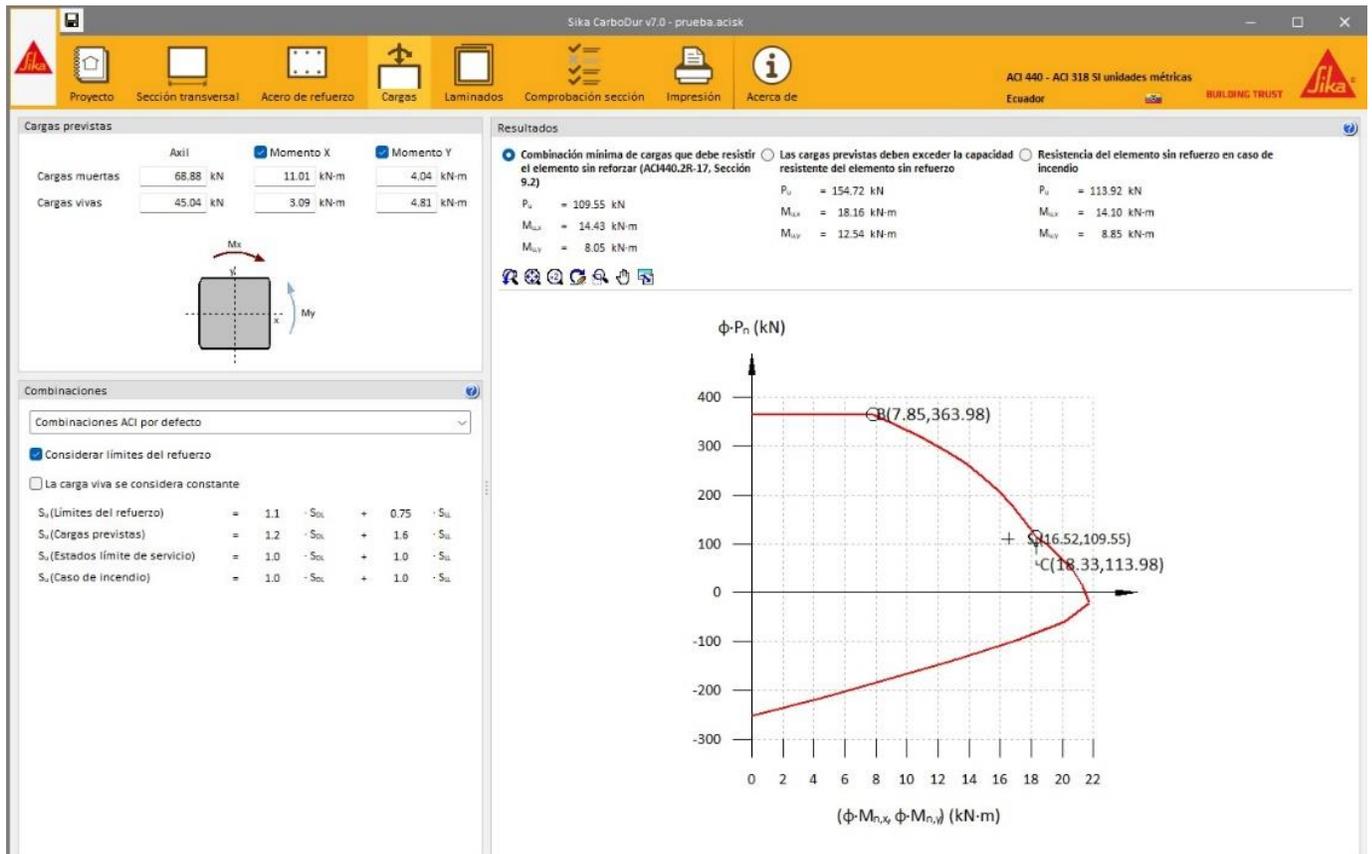


Ilustración 47. Ingreso de valores de carga y momentos de la columna_Fuente: Sika.

Luego de realizar el ingreso de datos para el corrido del programa Sika CarboDur, los resultados esperados para el reforzamiento de la columna con Fibra de Carbono (FRP) se pueden indicar en la *Tabla 13* y *14*.

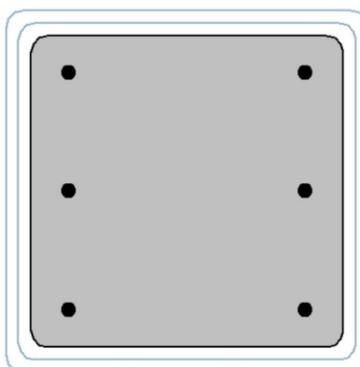


Ilustración 48. Resultados para reforzamiento con fibra de carbono_Fuente: Sika

Tabla 13. Resultado para reforzamiento con fibra de carbono Numero de vueltas en columna.

LAMINADO	ε_{fu}^*	E_f (MPa)	Espesor t_f (mm)	Número de vueltas	Ancho (mm)
SikaWrap® 300C - 50 cm	0.0135	220000.00	0.167	2	500.00

Tabla 14. Resultado para reforzamiento con fibra de carbono.

LÍMITES DEL REFUERZO (ACI440.2R-17, 9.2)					
Acciones	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$	0.65	109.55	14.43	8.05	Sección no reforzada ✓
SECCIÓN REFORZADA BAJO CARGAS PREVISTAS					
Acciones	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.20 \cdot S_{DL} + 1.60 \cdot S_{LL}$	0.83	154.72	18.16	12.54	Sección reforzada ✓
ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO					
Acciones	Tensiones de servicio		$\sigma_{c,Máx.} \leq 0.65 \cdot f'_c$	$\sigma_{y,Máx.} \leq 0.60 \cdot f_y$	
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$\sigma_{c,Máx.} = 6.06$ MPa	$\sigma_{y,Máx.} = 233.88$ MPa	6.06 MPa \leq 6.20 MPa ✓	233.88 MPa \leq 248.21 MPa ✓	
RESISTENCIA AL FUEGO (t=0 min.)					
Acciones	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1.00	113.92	14.10	8.85	Sección no reforzada ✓

En la *Ilustración 49*, se puede apreciar las secciones en las que se colocara la Lamina de Fibra de Carbono en altura de 50 cm.

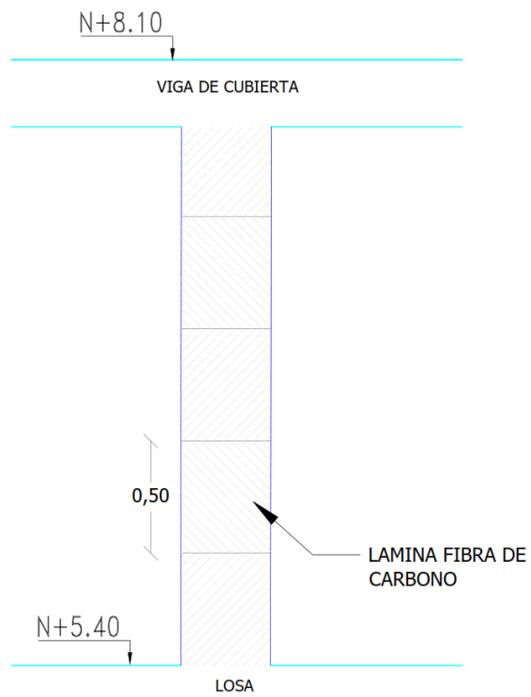


Ilustración 49. Detalle de reforzamiento con fibra de Carbono.

PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN DE FIBRA DE CARBONO EN COLUMNA.

En la *Tabla 15*, se indica el presupuesto para la Rehabilitación de una Columna de Hormigón Armado.

(0.25 m x 0.25m x 2.40m)

Tabla 15. Presupuesto del Reforzamiento con Fibra de Carbono (FRP).

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Preparación de la Superficie (redondeo de aristas).	m2	2.40	80.00	\$ 192.00
2	Reparación de daños y deterioro	m2	2.40	60.50	\$ 145.20
3	Limpieza de superficie (aspirado de superficie)	u	1.00	70.00	\$ 70.00
4	Aplicación de Imprimador	m2	2.40	25.50	\$ 61.20
5	Preparación y aplicación Saturante (primera y segunda capa)	m2	7.20	50.00	\$ 360.00
6	Instalación de Lamina de fibra de carbono SikaWrap 300C - 50cm, (incluye corte, aplanado, comprensión con rodillo acanalado) primera y segunda capa.	m2	4.80	170.00	\$ 816.00
7	Arenado en humedo para acabado final	m2	2.40	20.00	\$ 48.00
8	Acabado final con base cementosa	m2	2.40	30.00	\$ 72.00

TOTAL COSTO DIRECTO = \$ 1,764.40

INDIRECTOS 20% = \$ 352.88

VALOR TOTAL = \$ 2,117.28

Son: Dos mil ciento diecisiete con 28 dólares.

En la *Tabla 16*, se presenta el presupuesto para la rehabilitación de las 3 columnas en estudio.

Tabla 16. Presupuesto para rehabilitación de 3 Columnas con Fibra de Carbono (FRP).

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
Rehabilitación de Columnas	u	3.00	2,117.28	\$ 6,351.84

Son: Seis mil trescientos cincuenta y un con 84 dólares.

En el siguiente enlace se puede visualizar la secuencia constructiva en la implementación de láminas de fibra de carbono en columnas como método de Rehabilitación de Edificaciones.

<https://www.youtube.com/watch?v=sKm1QrO5pTI>

Fuente. B.R.S. Ingenieros C.A. _Patología de Obras Civiles.

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EL REFORZAMIENTO FIBRA DE CARBONO DE UNA COLUMNA.

• ITEM 1. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE (REDONDEO DE ARISTAS).

Descripción:

Se refiere a la superficie de la columna esté libre de impurezas o contaminantes que puedan afectar la adherencia de materiales, además a los redondeos en aristas para evitar que existan tensiones en los filos que puedan ser perjudiciales para la colocación de la Lámina de Fibra de Carbono.

Procedimiento:

En la preparación de la superficie las columnas deben estar completamente libres de pintura, suciedad, aceites, grasas, óxido, sales, moho y cualquier otro contaminante que pueda afectar la adherencia de materiales. Para esta actividad se utilizar cepillos de alambre, pulidoras con cepillos de alambre, etc.

Para las columnas de hormigón, el redondeo de las aristas se puede realizar con esmeriladoras o herramientas de pulido. La curvatura de las aristas debe ser suave y uniforme.

Unidad: Metro cuadrado (m²).

Materiales Mínimos: Pulidora, Cepillos, etc.

Equipo Mínimo:

Herramienta menor, Andamios.

Mano de Obra Mínima Calificada:

Peón (Estr. Oc. E2), Albañil (Estr. Oc. D2), Maestro Mayor Ejecución Obra Civil (Estr. Oc. C1).

Medición y Forma de Pago:

Culminada la actividad su pago se realizara por metro cuadrado (m²) intervenido.

- **ITEM 2. REPARACIÓN DE DAÑOS Y DETERIORO.**

Descripción:

Realizar la reparación de daños en la columna existente como fisuras, agrietamientos, oquedades, esto con el objetivo de tener una superficie uniforme en todas las caras de la columna.

Procedimiento:

Las áreas deterioradas de la columna deben ser rellenas con mortero de alta resistencia para garantizar uniformidad en la superficie de la columna.

Unidad: Metro cuadrado (m²).

Materiales Mínimos:

Mortero de alta resistencia, agua.

Equipo Mínimo:

Herramienta menor, Andamios.

Mano de Obra Mínima Calificada:

Peón (Estr. Oc. E2), Albañil (Estr. Oc. D2), Maestro Mayor Ejecución Obra Civil (Estr. Oc. C1).

Medición y Forma de Pago:

Una vez realizada la reparación de daños en la columna se pagara por metro cuadrado (m²), intervenido.

- **ITEM 3. LIMPIEZA DE SUPERFICIE (ASPIRADO DE SUPERFICIE).**

Descripción:

La limpieza de superficies es un proceso esencial en la preparación de un elemento estructural antes de aplicar recubrimientos, adhesivos o cualquier tipo de tratamiento que requiera una adherencia adecuada. Para una buena limpieza se considera el aspirado que garantiza la eliminación de polvo, partículas sueltas, suciedad y otros contaminantes.

Procedimiento:

El aspirado en la superficie debe ser de manera uniforme eliminando toda partícula suelta y polvo impregnada en la columna. Este procedimiento se lo realizara desde la parte alta de la columna en forma descendente para evitar que el polvo caiga sobre la superficie ya intervenida.

Unidad: Unidad (u).

Equipo Mínimo:

Herramienta menor, Andamios.

Mano de Obra Mínima Calificada:

Peón (Estr. Oc. E2), Albañil (Estr. Oc. D2), Maestro Mayor Ejecución Obra Civil (Estr. Oc. C1).

Unidad de Medición:

Esta actividad una vez concluida será pagada por columna por unidad (u).

- **ITEM 4. APLICACIÓN DE IMPRIMADOR.**

Descripción:

La aplicación del Imprimador en la columna es esencial para proteger la estructura de la corrosión y mejorar la adherencia a los materiales que se le vayan a recubrir a la columna.

Procedimiento:

Antes de su colocación las columnas deben ser evaluadas visualmente que las superficies estén libres de contaminantes (como polvo, humedad, aceite).

La temperatura para una óptima aplicación debe estar entre 5°C y 35°C, y la humedad relativa no debe ser superior al 85%.

Materiales:

Imprimador de Concreto.

Equipo Mínimo:

Herramienta menor, Rodillos, Andamios.

Mano de Obra Mínima Calificada:

Peón (Estr. Oc. E2), Albañil (Estr. Oc. D2), Maestro Mayor Ejecución Obra Civil (Estr. Oc. C1).

Unidad de Medición:

Culminada la aplicación del imprimante de concreto se procederá a pagar por metro cuadrado (m²), intervenido.

- **ITEM 5. PREPARACION Y APLICACIÓN SATURANTE (PRIMERA Y SEGUNDA CAPA)**

Descripción:

La aplicación del Saturante en la columna tiene como objetivo la unión de la lámina de fibra de carbono con la superficie de concreto creando una capa de anclaje optima y duradera.

Procedimiento:

Una vez colocada la capa de Imprimante sobre la columna, con un rodillo se dispersa uniformemente el saturante por toda la superficie de la columna, asi como tambien una vez colocada la primera lamina de fibra de carbono se volverá aplicar para la colocación de la segunda capa.

Materiales:

Saturante.

Equipo Mínimo:

Herramienta menor, Andamios.

Mano de Obra Mínima Calificada:

Peón (Estr. Oc. E2), Albañil (Estr. Oc. D2), Maestro Mayor Ejecución Obra Civil (Estr. Oc. C1).

Unidad de Medición:

Una vez realizada la aplicación del saturante en la columna se pagará por metro cuadrado (m²), intervenido.

- **ITEM 6. INSTALACIÓN DE LAMINA DE FIBRA DE CARBONO SIKAWRAP 300C – 50 cm, (INCLUYE CORTE, APLANADO, COMPRESIÓN CON RODILLO ACANALADO) PRIMERA Y SEGUNDA CAPA**

Descripción:

SikaWrap 300C – 50 cm es un tejido unidireccional de fibra de carbono. Su aplicación aporta en el reforzamiento de elementos estructurales deteriorados en columnas, vigas y otros elementos estructurales. Mejora la capacidad de carga y resistencia a la flexión, torsión, y fuerzas laterales.

Instalación:

El tejido puede cortarse transversal o longitudinalmente con tijeras industriales o guillotina. Una vez la superficie este cubierta por el saturante se colocara la lámina de fibra de carbono sikawrap 300C – 50 cm, cubriendo todo el perímetro de la sección de la columna, esta se aplanara con una espátula y luego se procederá a la compresión con rodillo acanalado en dirección de la fibra.

Este procedimiento se realizará en la primera y segunda capa.

Materiales:

SikaWrap 300C – 50 cm.

Equipo Mínimo:

Herramienta menor, espátula, Rodillo acanalado, Andamios.

Mano de Obra Mínima Calificada:

Peón (Estr. Oc. E2), Albañil (Estr. Oc. D2), Maestro Mayor Ejecución Obra Civil (Estr. Oc. C1).

Unidad de Medición:

Una vez realizada la instalación de Sikawrap 300C – 50 cm, se procederá al pago por metro cuadrado (m²), de lámina instalada.

- **ITEM 7. ARENADO EN HÚMEDO PARA ACABADO FINAL.**

Descripción:

Es un proceso que tiene como objetivo dejar una textura uniforme para luego recibir acabados como recubrimiento o pintura.

Procedimiento:

Este procedimiento se lo realiza mediante el uso de un chorro de agua a presión mezclado con arena fina, la misma que dejara una textura uniforme para recibir acabados.

Materiales:

Arena Fina

Equipo Mínimo:

Herramienta menor, Bomba de agua, Andamios.

Mano de Obra Mínima Calificada:

Peón (Estr. Oc. E2), Albañil (Estr. Oc. D2), Maestro Mayor Ejecución Obra Civil (Estr. Oc. C1).

Unidad de Medición:

Una vez realizada el arenado para acabado final, se procederá al pago por metro cuadrado (m²), intervenido.

- **ITEM 8. ACABADO FINAL CON BASE CEMENTOSA.**

Descripción:

El acabado final con base cementosa es un proceso utilizado para dar un acabado liso, de alta calidad logrando una textura estética y funcional.

Procedimiento:

Aplicar una primera capa de mortero sobre la superficie mediante con una paleta o llana, la capa debe ser de espesor uniforme entre 3 y 5 mm.

Luego de aplicada la capa y usando una llana lisa, se debe alisar y nivelar la capa mientras aún está fresca. Este procedimiento es obtener una superficie plana y libre de imperfecciones. Para dar un terminado de calidad se verificara toda la superficie que no existan desperfecciones en el terminado y acabado final.

Materiales:

Cemento, Arena, Agua.

Equipo Mínimo:

Herramienta menor, Andamios.

Mano de Obra Mínima Calificada:

Peón (Estr. Oc. E2), Albañil (Estr. Oc. D2), Maestro Mayor Ejecución Obra Civil (Estr. Oc. C1).

Unidad de Medición:

Una vez realizada el acabado final con base cementante, se procederá al pago por metro cuadrado (m²), intervenido.

3.3 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

ENCAMISADO DE COLUMNAS.

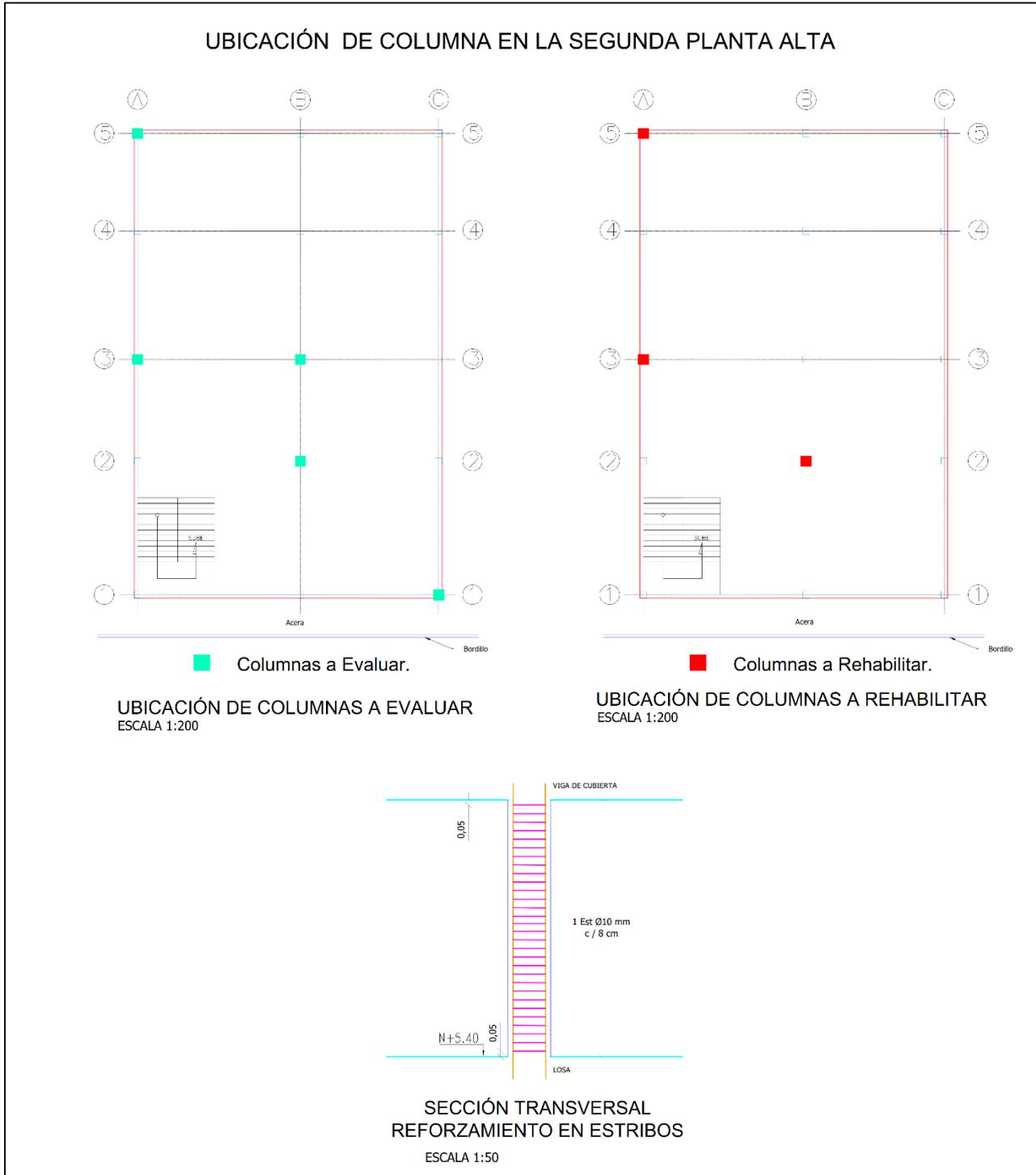
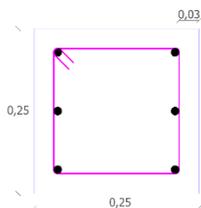


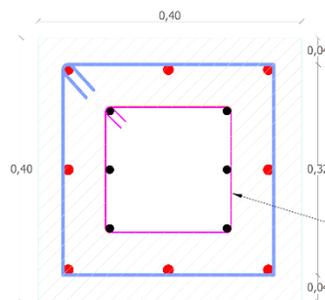
Ilustración 50. Plano de solución de encamisado.

SOLUCIÓN DE REHABILITACIÓN CON ENCAMISADO DE COLUMNAS



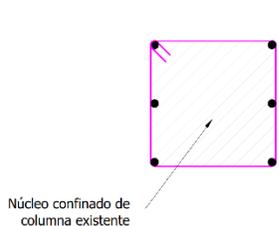
● 6 Ø 12 mm

1. COLUMNA EXISTENTE ESCALA 1 : 10



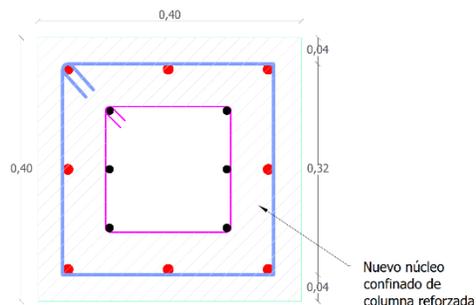
● 8 Ø 16 mm
Estribos Ø 10 mm - c/8 cm

4. INCREMENTO DE SECCIÓN ESCALA 1 : 10



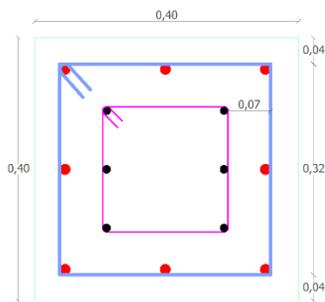
- Picado de recubrimiento de hormigón en columnas.
- Limpieza y protección de varillas de refuerzo existentes en columnas.

2. PRELIMINARES Y LIMPIEZA ESCALA 1 : 10



● 8 Ø 16 mm
Estribos Ø 10 mm - c/8 cm

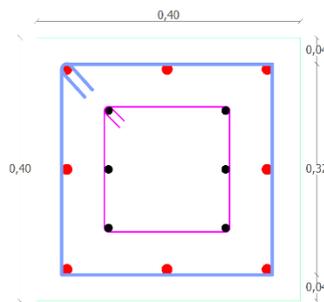
5. NÚCLEO CONFINADO ESCALA 1 : 10



● 8 Ø 16 mm
Estribos Ø 10 mm - c/8 cm

3. REFUERZO CON ACERO ESCALA 1 : 10

- Colocación de acero de refuerzo $f_c=4200$ kg/cm² para refuerzo vertical y estribos.



● 8 Ø 16 mm
Estribos Ø 10 mm - c/8 cm

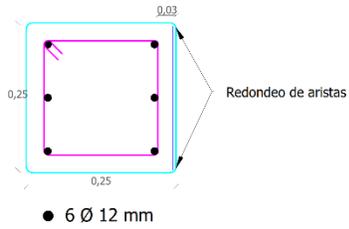
6. COLUMNA REFORZADA ESCALA 1 : 10

Ilustración 51. Plano sección de nueva columna

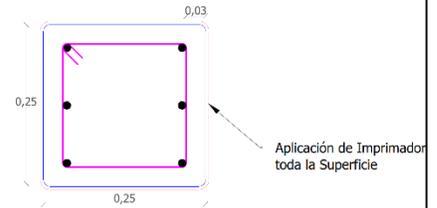
En el *PLANO No. 2 y 3*, se puede visualizar de mejor manera los planos antes indicados.

REHABILITACION CON FIBRA DE CARBONO.

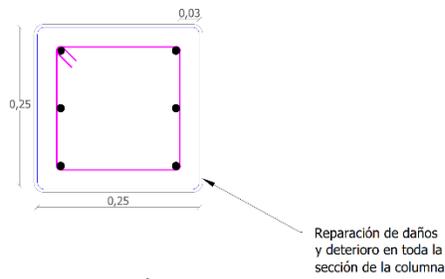
SOLUCIÓN DE REFORZAMIENTO CON FIBRA DE CARBONO



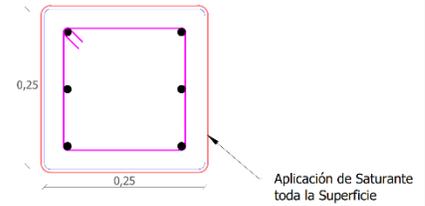
1. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE
ESCALA 1 : 10



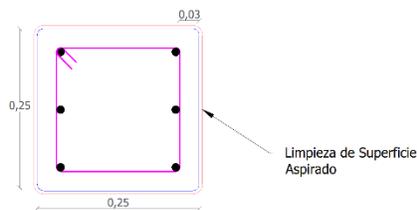
4. APLICACION DE IMPRIMADOR
ESCALA 1 : 10



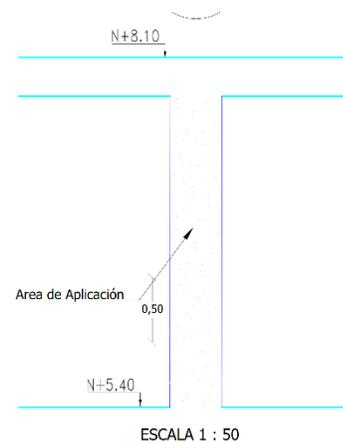
2. REPARACIÓN DE DAÑOS
ESCALA 1 : 10



5. APLICACION DE SARURANTE
ESCALA 1 : 10



3. LIMPIEZA DE SUPERFICIE
ESCALA 1 : 10



6. VISTA EN SECCIÓN APLICACION
DE IMPRIMADOR Y SATURANTE
ESCALA 1 : 50

Ilustración 52. Plano de solución con Fibra de Carbono.

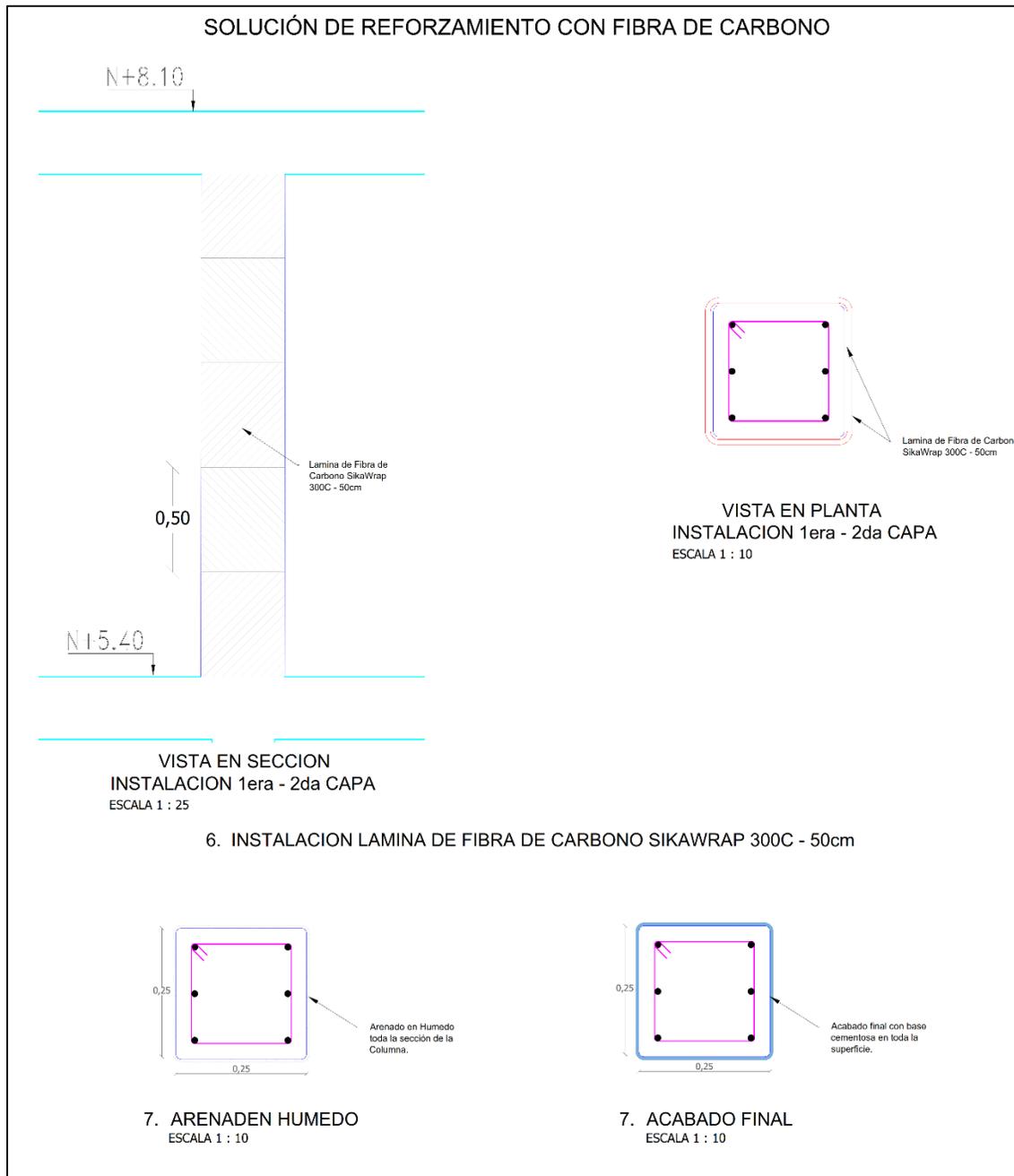


Ilustración 53. Plano de Solución con Fibra de Carbono.

En el *PLANO No. 4 y 5*, se puede visualizar de mejor manera los planos antes indicados.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El levantamiento de información, la inspección visual fue uno de los mayores retos en este proyecto porque no se contaban con los planos arquitectónicos ni estructurales ya que edificación fue construida en 2 etapas, estas en lapsos considerables de tiempo por lo que se verifico minuciosamente los elementos estructurales a estudiar.
- En la edificación que se analizó en la segunda planta alta por causa del deterioro considerable en las columnas que afecto debido a la exposición al medio ambiente se propone dos metodos de rehabilitación, tomando en cuenta costo, materiales; dando una confiabilidad en la solución propuesta garantizando seguridad a las personas que lo habitan.

- En los resultados de los ensayos destructivos y no destructivos realizados a los elementos estructurales podemos concluir que la resistencia a la compresión son bajas, esto lo podemos corroborar con los resultados obtenidos en la rotura de los núcleos extraídos, así como también los resultados obtenidos de la esclerometría, la resistencia nos indica con un promedio de 93.92 kg/cm².
- En el ensayo de carbonatación podemos observar que las columnas tienen una profundidad avanzada de contaminación por CO₂, la misma que se realizó con la aplicación de fenolftaleína, esto ocasiona que el acero se corroe en un mayor porcentaje y debilita la estructura, así como también los defectos constructivos como recubrimientos mínimos, mal vibrado del concreto, materiales deficientes son los problemas más comunes en los elementos estructurales analizados.
- El modelamiento estructural de los elementos en estudio de acuerdo al software de análisis estructural podemos indicar que, comprobando las deformaciones y desplazamientos permisibles, las columnas del tercer piso no cumplen con la sección ni cuantía de aceros requerida.

4.2 RECOMENDACIONES

- En el estudio se verificó el estado actual de las columnas de la segunda planta alta, se estudiaron 2 propuestas de rehabilitación el encamisado que consiste en el reforzamiento del elemento engrandeciendo la sección de hormigón y adicionando la cantidad de acero de refuerzo y el segundo método de reforzamiento la colocación de fibra de carbono. En el caso del encamisado es el método más común usado ajustando los materiales y mano de obra conectora para la correcta implementación, su costo es bajo, pero el tiempo de ejecución es lento, a comparación del reforzamiento con fibra de carbono que su costo es elevado pero su implementación es en corto tiempo además este procedimiento es sostenible y respetuoso con el medio ambiente, se recomienda al dueño de la

edificación analizar uno de los dos métodos propuestos que son eficaces y confiables para su implementación que le sea mas beneficioso en tiempo economía y sostenibilidad.

- Debido a la baja resistencia del hormigón Las columnas de la segunda planta alta deben ser rehabilitadas inmediatamente ya que al pasar de los días el deterioro se puede ir agravando, afectando la seguridad de la edificación.
- No se recomienda el aumento de una siguiente planta, solo la distribución interna luego de la rehabilitación para la implementación de los departamentos previstos por el propietario.
- El análisis y diseño está enfocado directamente a las columnas de la tercera planta, se recomienda realizar un análisis y rehabilitación a las vigas ya que se puede apreciar que tienen fisuras y desprendimiento de concreto, lo que también podría afectar a la seguridad de la edificación.
- Para realizar la rehabilitación propuesta de los 2 métodos se debe utilizar personal técnico capacitado para este tipo de rehabilitaciones que garantice la calidad del trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Babiche, I. (2004). *Carbonatación del recubrimiento de concreto*. Lima.
- Becosan. (2022). *Becosan*. Obtenido de Becosan: www.becosan.com
- Chiné, B., Cuevas, R., Jiménez, R., & Ortiz, G. (2019). Estudio experimental de la carbonatación del concreto. Obtenido de <https://doi.org/10.18845/tm.v32i2.43501> Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: bchine@tec.ac.cr Escuela de Ingeniería en Construcción. Instituto Tecnológico de Costa
- Estructural, D. C. (2023). *Dibujante Estructural*. Obtenido de <https://dibujantedeplanose.wixsite.com/>
- Fernández, A., & Howland, J. (2018). Evaluación de métodos para estimar la resistencia característica a compresión del hormigón en estructuras existentes a partir de la extracción y ensayo de testigos.
- Guamán, Á. (2019). Definición de Esclerómetro y Pachómetro.
- Guerra, J., Puig, R., & Castañeda, A. (2023). Estado del Arte sobre Durabilidad de Estructuras de Hormigón Armado en Perfiles Costaneros.
- Hernández, J., Orozco, Á., Almanza, D., & Montoya, J. (2017). Relación entre resistencia a compresión en cilindros de concreto y los rebotes con esclerómetro digital. Obtenido de <https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.22.1342>
- Jingwei, Y., Haiji, Y., Junzhou, H., Zi'an, L., & Baixi, C. (2024). Simulación de la Fisuración del Hormigón y difusión de Cloruros bajo Compresión Uniaxial.
- Kumar, R., Arora, H., Kumar, A., Kumar, P., Sharma, S., & Sharma, M. (2024). Evaluación del desempeño sísmico de Columnas de Hormigón Armado Corroídas con Base en la Disposición de Codal y Formulaciones Empíricas. Obtenido de <https://doi.org/10.3311/PPci.36913>
- Moncayo, M., Rodriguez, J., Lopez, A., & Villacis, S. (2016). Las Fibras de Carbono como una alternativa para.
- Pérez, L. (2010). *Vida Útil Residual de Estructuras de Hormigón Armado Afectadas por Corrosión*.

Raigosa, E. (2010). *Técnicas de reforzamiento de estructuras construidas de concreto que presentan deficiencias estructurales*. Costa Rica.

Toirac, J. (2004). Patología de la Construcción Grietas y Fisuras en Obras de Hormigón. En J. Toirac. Santo Domingo. Obtenido de <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=87029104>

Vega, J. (2024). Azogues.

Xingyu, Z., Zhang, Z., Yingfeng, & Cuelgue, Y. (2024). Propagación de grietas mesofisuradas de hormigón armado inducida por corrosión no uniforme de las barras de refuerzo y modelo predictivo del tiempo hasta la aparición de grietas en la cubierta de hormigón.

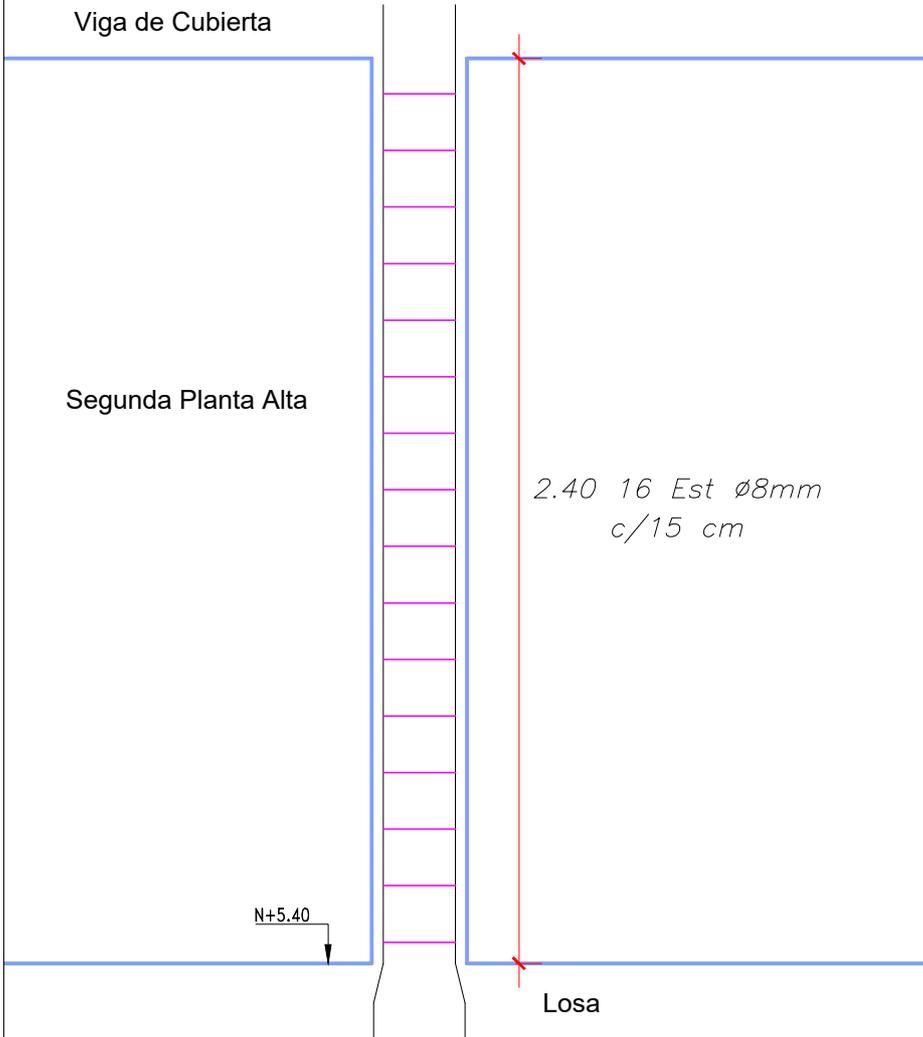
PLANOS Y ANEXOS

PLANOS

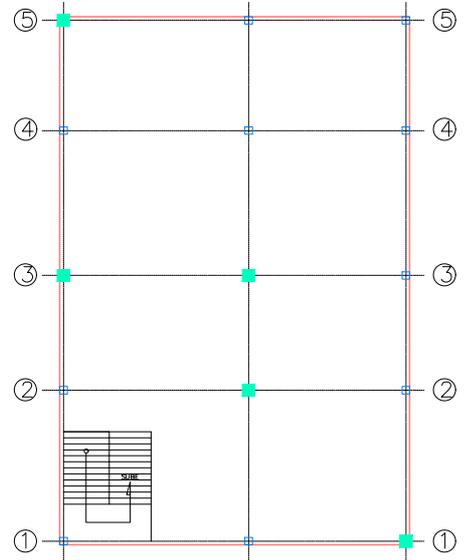
DATOS DE COLUMNAS OBTENIDOS MEDIANTE EL ENSAYO DE PACHOMETRIA

COLUMNAS SEGUNDA PLANTA ALTA

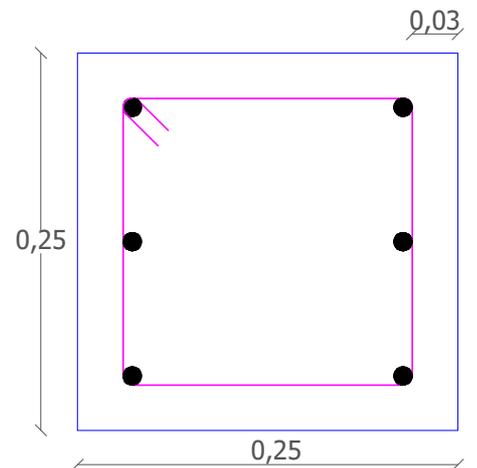
A3 - A5 - B2 - B5 - C1



DETALLE DISTRIBUCIÓN DE ESTRIBOS
ESCALA 1:20



DISTRIBUCIÓN DE EJES
ESCALA 1:250



DETALLE ARMADURA DE COLUMNAS

ESCALA 1:5

PROYECTO:

REHABILITACIÓN DE COLUMNAS FISURADAS DE HORMIGÓN ARMADO APLICANDO VARIAS SOLUCIONES, EN UN EDIFICIO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, ECUADOR

PLANO

1

HOJA:

1

FECHA:

Noviembre 2024

ESCALA:

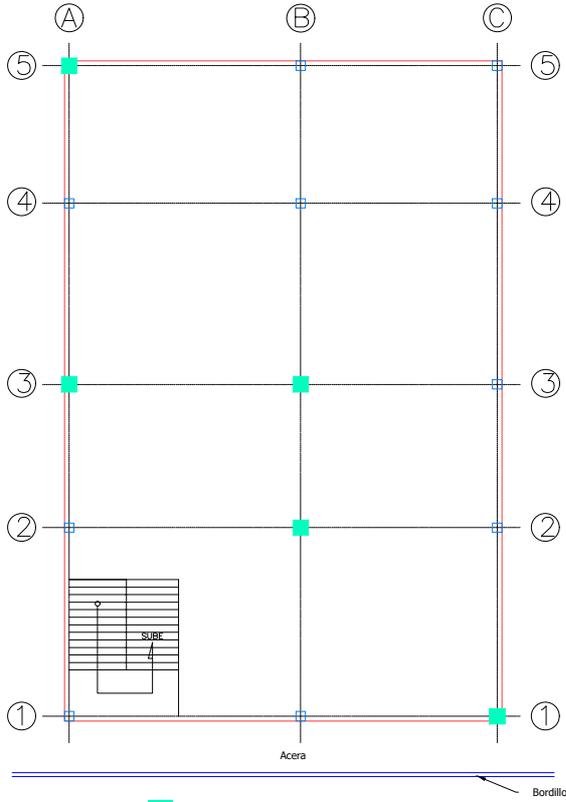
Las Indicadas

DISEÑO: Ing. José Luis Vega

REVISIÓN: Ph.D. Eduardo Santos

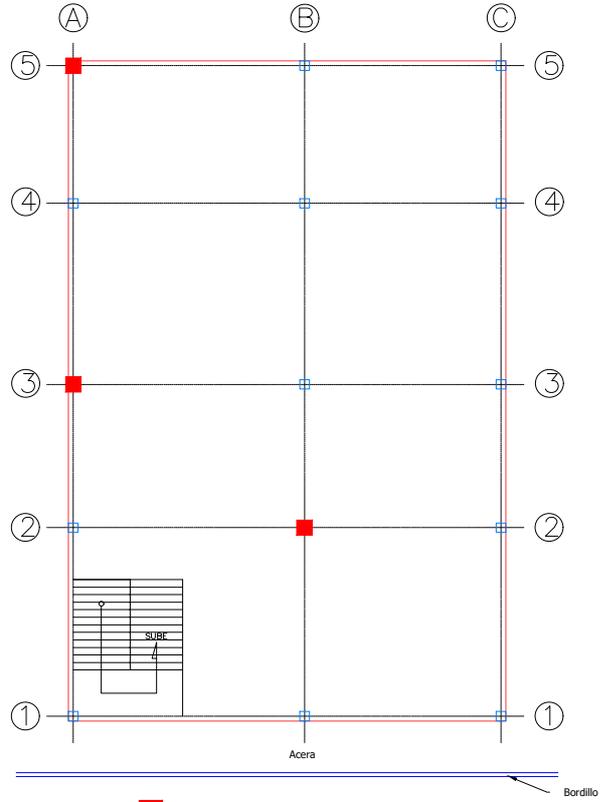
DETALLE DE ARMADURAS EN COLUMNAS EXISTENTES

UBICACIÓN DE COLUMNA EN LA SEGUNDA PLANTA ALTA



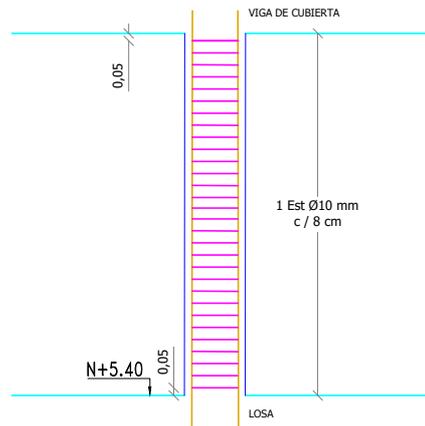
■ Columnas a Evaluar.

UBICACIÓN DE COLUMNAS A EVALUAR
ESCALA 1:200



■ Columnas a Rehabilitar.

UBICACIÓN DE COLUMNAS A REHABILITAR
ESCALA 1:200



**SECCIÓN TRANSVERSAL
REFORZAMIENTO EN ESTRIBOS**

ESCALA 1:50

PROYECTO:

REHABILITACIÓN DE COLUMNAS FISURADAS DE HORMIGÓN
ARMADO APLICANDO VARIAS SOLUCIONES, EN UN EDIFICIO DE LA
CIUDAD DE GUAYAQUIL, ECUADOR

PLANO

2

HOJA:

1 de 2

FECHA:

Noviembre 2024

ESCALA:

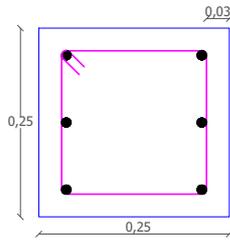
Las Indicadas

DISEÑO: Ing. José Luis Vega

REVISIÓN: PhD. Eduardo Santos

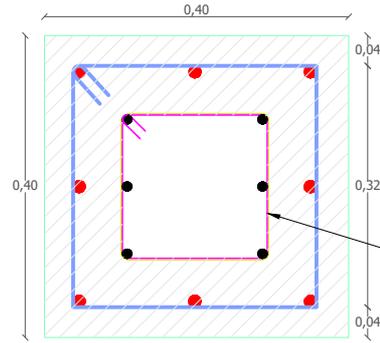
DETALLE DE REFORZAMIENTO
METODO DE ENCAMISADO
ARMADURAS EN COLUMNAS

SOLUCIÓN DE REHABILITACIÓN CON ENCAMISADO DE COLUMNAS



● 6 Ø 12 mm

1. COLUMNA EXISTENTE
ESCALA 1 : 10

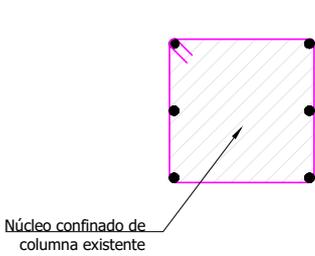


- Vertido de Hormigón $f_c = 300$ kg/cm² en columnas.
- Suministro y colocación de adhesivo epóxico de hormigón fresco a endurecido.
- Recubrimiento

Adherente para unión de concreto nuevo a endurecido

● 8 Ø 16 mm
Estribos Ø 10 mm - c/8 cm

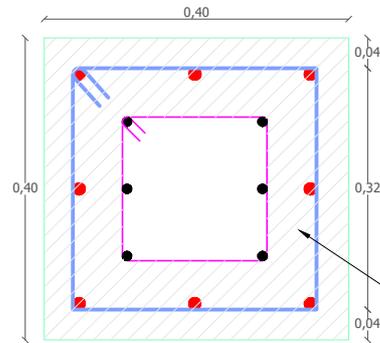
4. INCREMENTO DE SECCIÓN
ESCALA 1 : 10



Núcleo confinado de columna existente

- Picado de recubrimiento de hormigón en columnas.
- Limpieza y protección de varillas de refuerzo existentes en columnas.

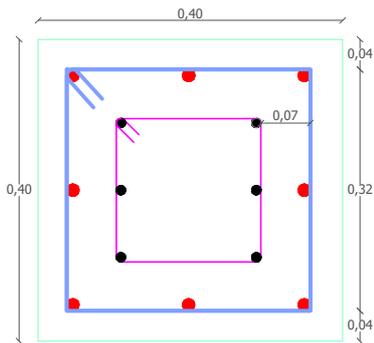
2. PRELIMINARES Y LIMPIEZA
ESCALA 1 : 10



Nuevo núcleo confinado de columna reforzada

● 8 Ø 16 mm
Estribos Ø 10 mm - c/8 cm

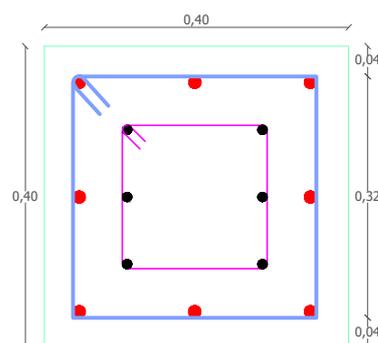
5. NÚCLEO CONFINADO
ESCALA 1 : 10



- Colocación de acero de refuerzo $f_c = 4200$ kg/cm² para refuerzo vertical y estribos.

● 8 Ø 16 mm
Estribos Ø 10 mm - c/8 cm

3. REFUERZO CON ACERO
ESCALA 1 : 10



● 8 Ø 16 mm
Estribos Ø 10 mm - c/8 cm

6. COLUMNA REFORZADA
ESCALA 1 : 10

PROYECTO:

REHABILITACIÓN DE COLUMNAS FISURADAS DE HORMIGÓN ARMADO APLICANDO VARIAS SOLUCIONES, EN UN EDIFICIO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, ECUADOR

PLANO

3

HOJA:

2 de 2

FECHA:

Noviembre 2024

ESCALA:

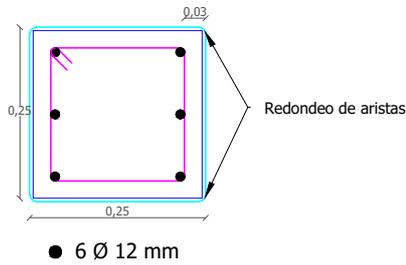
Las Indicadas

DISEÑO: Ing. José Luis Vega

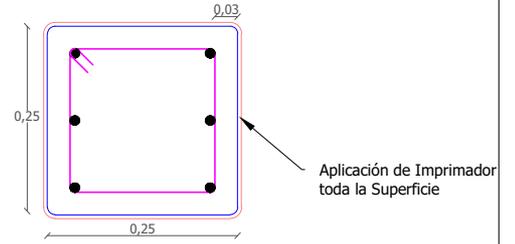
REVISIÓN: PhD. Eduardo Santos

DETALLE DE REFORZAMIENTO
METODO DE ENCAMISADO
ARMADURAS EN COLUMNAS

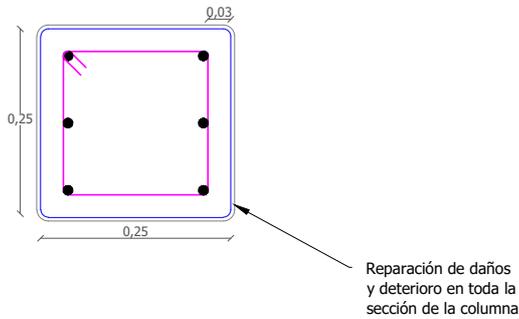
SOLUCIÓN DE REFORZAMIENTO CON FIBRA DE CARBONO



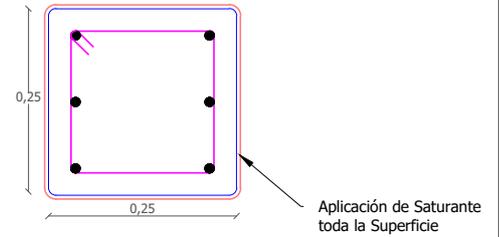
1. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE
ESCALA 1 : 10



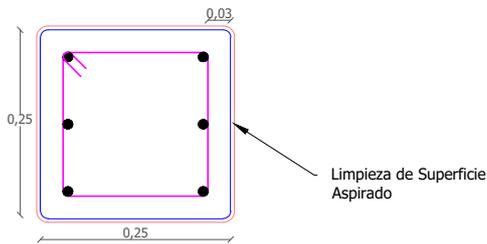
4. APLICACION DE IMPRIMADOR
ESCALA 1 : 10



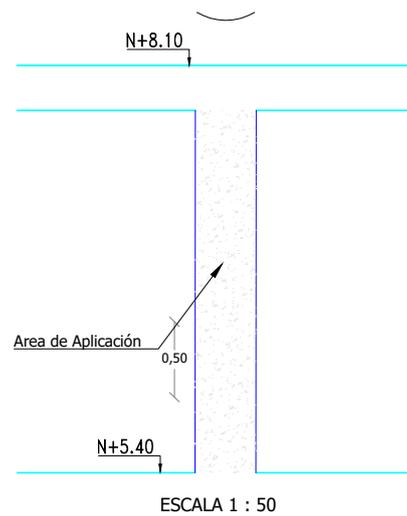
2. REPARACIÓN DE DAÑOS
ESCALA 1 : 10



5. APLICACION DE SARURANTE
ESCALA 1 : 10



3. LIMPIEZA DE SUPERFICIE
ESCALA 1 : 10



6. VISTA EN SECCIÓN APLICACION
DE IMPRIMADOR Y SATURANTE

PROYECTO:

REHABILITACIÓN DE COLUMNAS FISURADAS DE HORMIGÓN
ARMADO APLICANDO VARIAS SOLUCIONES, EN UN EDIFICIO DE LA
CIUDAD DE GUAYAQUIL, ECUADOR

PLANO

4

HOJA:

1 de 2

FECHA:

Noviembre 2024

ESCALA:

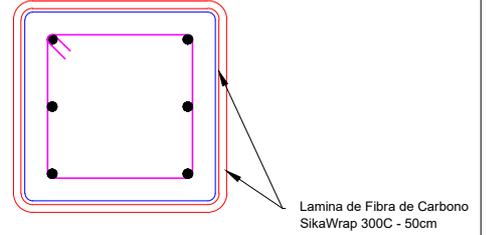
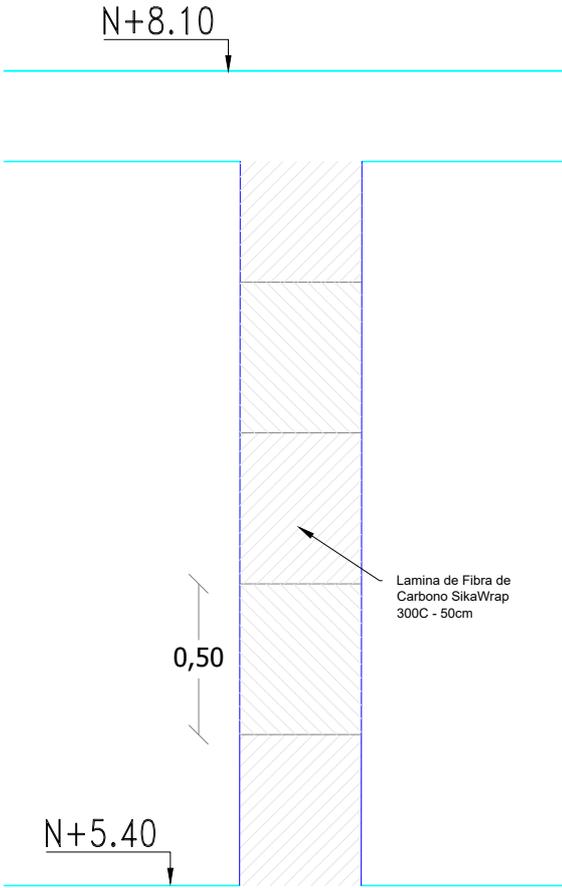
Las Indicadas

DISEÑO: Ing. José Luis Vega

REVISIÓN: PhD. Eduardo Santos

DETALLE DE REFORZAMIENTO
DE COLUMNAS CON LAMINAS
DE FIBRA DE CARBONO

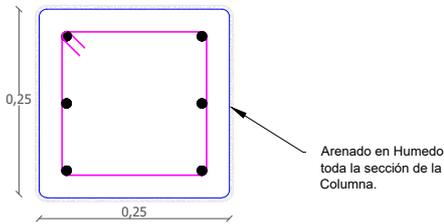
SOLUCIÓN DE REFORZAMIENTO CON FIBRA DE CARBONO



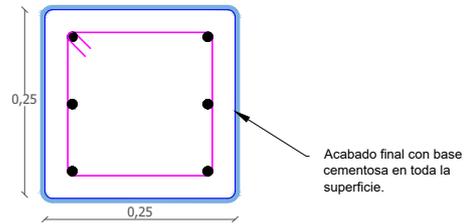
VISTA EN PLANTA
INSTALACION 1era - 2da CAPA
ESCALA 1 : 10

VISTA EN SECCION
INSTALACION 1era - 2da CAPA
ESCALA 1 : 25

6. INSTALACION LAMINA DE FIBRA DE CARBONO SIKAWRAP 300C - 50cm



7. ARENADEN HUMEDO
ESCALA 1 : 10



7. ACABADO FINAL
ESCALA 1 : 10

PROYECTO:

REHABILITACIÓN DE COLUMNAS DE HORMIGÓN ARMADO FISURADAS APLICANDO SOLUCIONES TÉCNICAS, EN UN EDIFICIO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL- ECUADOR

PLANO

5

HOJA:

2 de 2

FECHA:

Noviembre 2024

ESCALA:

Las Indicadas

DISEÑO: Ing. José Luis Vega

REVISIÓN: PhD. Eduardo Santos

DETALLE DE REFORZAMIENTO DE COLUMNAS CON LAMINAS DE FIBRA DE CARBONO

ANEXO 1.

INSPECCIÓN VISUAL

INSPECCIÓN VISUAL

INSTITUCIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

LEVANTAMIENTO: JOSÉ LUIS VEGA

OBRA: REHABILITACION DE LA EDIFICACIÓN

FECHA: 7-sep-24

CIUDAD: GUAYAQUIL

UBICACIÓN: CIUDADELA NAVAL NORTE, MZ 4, SI. 6, DE LA PARROQUIA TARQUI EN EL CENTRO NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - ECUADOR

NIVEL	AMBIENTE	ELEMENTO		DIMENSIONES			TIPO DE FALLA	TIPO DE DAÑOS			DESCRIPCION DE LOS DAÑOS	FOTOS
		ESTR.	NO ESTR.	ANC.	LAR.	ALT.		GRIETA	FISURA	OTROS		
3	A-1 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo	x		x	Desprendimiento de Concreto, Exposición de acero, Grietas	
3	B-1 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo		x		Fisura en toda la columna	
3	C-1 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo	x			Se puede observa Grietas en la columna de 3 mm de espesor	

INSPECCIÓN VISUAL

INSTITUCIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

LEVANTAMIENTO: JOSÉ LUIS VEGA

OBRA: REHABILITACION DE LA EDIFICACIÓN

FECHA: 7-sep-24

CIUDAD: GUAYAQUIL

UBICACIÓN: CIUDADELA NAVAL NORTE, MZ 4, SI. 6, DE LA PARROQUIA TARQUI EN EL CENTRO NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - ECUADOR

NIVEL	AMBIENTE	ELEMENTO		DIMENSIONES			TIPO DE FALLA	TIPO DE DAÑOS			DESCRIPCION DE LOS DAÑOS	FOTOS
		ESTR.	NO ESTR.	ANC.	LAR.	ALT.		GRIETA	FISURA	OTROS		
3	A-2 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55					No se puede evidenciar ningun daño	
3	B-2 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo	x			Desprendimiento de Concreto, Exposición de acero, Grietas	
3	C-2 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55					No se puede evidenciar ningun daño	

INSPECCIÓN VISUAL

INSTITUCIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

LEVANTAMIENTO: JOSÉ LUIS VEGA

OBRA: REHABILITACION DE LA EDIFICACIÓN

FECHA: 7-sep-24

CIUDAD: GUAYAQUIL

UBICACIÓN: CIUDADELA NAVAL NORTE, MZ 4, SI. 6, DE LA PARROQUIA TARQUI EN EL CENTRO NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - ECUADOR

NIVEL	AMBIENTE	ELEMENTO		DIMENSIONES			TIPO DE FALLA	TIPO DE DAÑOS			DESCRIPCION DE LOS DAÑOS	FOTOS
		ESTR.	NO ESTR.	ANC.	LAR.	ALT.		GRIETA	FISURA	OTROS		
3	A-3 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo		x	x	Desprendimiento de Concreto, fisuras	
3	B-3 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo	x		x	Desprendimiento de Concreto, Exposición de acero, Grietas	
3	C-3 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55				x	Se evidencia porosidad en el concreto	

INSPECCIÓN VISUAL

INSTITUCIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

LEVANTAMIENTO: JOSÉ LUIS VEGA

OBRA: REHABILITACION DE LA EDIFICACIÓN

FECHA: 7-sep-24

CIUDAD: GUAYAQUIL

UBICACIÓN: CIUDADELA NAVAL NORTE, MZ 4, SI. 6, DE LA PARROQUIA TARQUI EN EL CENTRO NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - ECUADOR

NIVEL	AMBIENTE	ELEMENTO		DIMENSIONES			TIPO DE FALLA	TIPO DE DAÑOS			DESCRIPCION DE LOS DAÑOS	FOTOS
		ESTR.	NO ESTR.	ANC.	LAR.	ALT.		GRIETA	FISURA	OTROS		
3	A-4 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo	x			Grietas y Exposición de Acero	
3	B-4 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo	x			Desprendimiento de concreto y Grietas	
3	C-4 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo		x		Fisuras y Porosidad	

INSPECCIÓN VISUAL

INSTITUCIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

LEVANTAMIENTO: JOSÉ LUIS VEGA

OBRA: REHABILITACION DE LA EDIFICACIÓN

FECHA: 7-sep-24

CIUDAD: GUAYAQUIL

UBICACIÓN: CIUDADELA NAVAL NORTE, MZ 4, SI. 6, DE LA PARROQUIA TARQUI EN EL CENTRO NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL - ECUADOR

NIVEL	AMBIENTE	ELEMENTO		DIMENSIONES			TIPO DE FALLA	TIPO DE DAÑOS			DESCRIPCION DE LOS DAÑOS	FOTOS
		ESTR.	NO ESTR.	ANC.	LAR.	ALT.		GRIETA	FISURA	OTROS		
3	A-5 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo		x		Desprendimiento de Hormigón, exposición de acero	
3	B-5 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55					No se puede evidenciar ningún daño	
3	C-5 AMBIENTE GENERAL	x		0.26	0.26	2.55	Mal Proceso Constructivo			x	Desprendimiento de hormigón en unión con viga superior	

ANEXO 2.

MEMORIA FOTOGRAFICA

LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PARA RECONSTRUCCIÓN DE PLANOS ESTRUCTURALES



ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS

ENSAYO DE PACHOMETRIA



ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA



ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS

EXTRACCIÓN DE NUCLEO



ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS

ENSAYO DETERMINACIÓN DE CARBONATACIÓN

