



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA**

**DE CONSTRUCCIONES**

**Evaluación y propuesta del sistema estructural e  
hidráulico-sanitario del Edificio Banco Central del Ecuador  
el cual albergará el nuevo Centro de Atención Ciudadana –  
Cuenca**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE  
CONSTRUCCIONES**

**Autor:**

**RENÉ FRANCISCO CABRERA MEDINA**

**Director:**

**ROBERTO GAMÓN TORRES**

**CUENCA, ECUADOR**

**2016**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto está dedicado a Dios puesto que me ha brindado sabiduría, y paciencia, ayudándome en los momentos más difíciles brindándome valores que me han fortalecido no solo como estudiante, sino como persona y profesional.

A mis padres y a mi esposa quienes han sido mi apoyo incondicional durante toda esta etapa de mi carrera; gracias a ellos por apoyarme siempre en cada decisión que he tomado, y por toda la confianza en cada reto que se me ha presentado, sin dudar ni un solo momento de mi inteligencia y capacidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por guiar mi camino, protegerme de los peligros y brindarme la salud necesaria para culminar una etapa más de mi vida.

A mi esposa, por todo el apoyo y comprensión para culminar este trabajo con éxito, acompañándome día a día en este nuevo reto.

A mis padres, por contar con ellos en todo momento, dándome ánimo y fortaleza para cumplir cada meta que me he propuesto y seguir adelante.

A mi director de tesis, Ing. Roberto Gamón, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

A mis profesores, quienes durante toda mi carrera profesional han aportado con un granito de arena para mi formación académica.

A la Universidad del Azuay, por el aprendizaje y enseñanza recibidas dentro de la carrera de Ingeniería Civil.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICE DE CONTENIDOS.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE TABLAS.....	ix
INDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>3</b>
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Justificación.....	3
1.3 Alcance.....	4
1.3.1 Sistema estructural.....	4
1.3.2 Sistema hidráulico-sanitario.....	5
1.4 Ubicación del proyecto.....	5
1.5 Conceptos básicos (instalaciones de agua y sanitarias de un edificio y diseño estructural de un edificio en hormigón armado).....	6

<b>CAPÍTULO II: ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....</b>	<b>11</b>
2.1 Inspección visual.....	11
2.2 Metodología.....	13
2.2.1. Planos arquitectónicos.....	13
2.2.2. Obtención de las propiedades geométricas de los elementos de la estructura.....	13
2.3 Modelo estructural original y actual.....	13
2.3.1 Nuevos requerimientos arquitectónicos.....	14
2.3.2 Nuevos requerimientos estructurales.....	14
2.3.3 Cargas aplicadas a la estructura.....	14
2.3.4 Parámetros y normas utilizados para el análisis del modelo estructural actual según CYPECAD.....	19
2.3.4.1 Normas consideradas.....	19
2.3.4.2 Parámetros de diseño considerados.....	20
2.4 Cálculo y análisis de los elementos estructurales.....	28
2.4.1 Diseño sismo resistente.....	28
2.4.2 Cálculo de resistencia de los elementos.....	30
2.4.3 Comparación de los elementos calculados vs los elementos originales.....	45
2.5 Diseño de modificaciones y reforzamientos.....	48
2.5.1 Procedimientos alternativos de reforzamiento estructural.....	48
2.6 Presupuesto general.....	50

<b>CAPÍTULO III: ANÁLISIS HIDRÁULICO – SANITARIO.....</b>	<b>51</b>
3.1 Inspección visual de las redes existentes-análisis y evaluación.....	51
3.1.1 Red de aguas lluvias.....	51
3.1.2 Red de aguas servidas.....	52
3.1.3 Red de agua potable.....	54
3.1.4 Red contra incendios.....	55
3.2 Metodología.....	56
3.2.1 Planos arquitectónicos.....	56
3.2.2 Levantamiento de las redes existentes.....	56
3.3 Diseño de redes hidráulico-sanitarias.....	56
3.3.1 Diseño de red de agua potable.....	56
3.3.1.1 Memoria de cálculo.....	63
3.3.1.2 Planos.....	63
3.3.2 Diseño de red contra incendios.....	63
3.3.2.1 Memoria de cálculo.....	66
3.3.2.2 Planos.....	66
3.3.3 Diseño de red sanitaria y pluvial.....	66
3.3.3.1 Memoria de cálculo.....	72
3.3.3.2 Planos.....	72
3.4 Diseño de cisternas – cuarto de bombas.....	72
3.5 Presupuesto general.....	81

CONCLUSIONES.....	82
RECOMENDACIONES.....	84
BIBLIOGRAFÍA.....	85
ANEXOS.....	87

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.1: Ubicación del proyecto.....	6
Figura 2.1: Mapa para diseño sísmico.....	20
Figura 2.2: DBF en los métodos de análisis de la NEC-SE-DS 2014.....	28
Figura 2.3: Esquema del diseño basado en fuerzas (DBF).....	30
Figura 2.4: Característica de los elementos a flexión.....	31
Figura 2.5: Requisitos del refuerzo longitudinal en elementos a flexión.....	32
Figura 2.6: Confinamiento en traslape de varillas de refuerzo longitudinal.....	33
Figura 2.7: Separación de estribos.....	33
Figura 2.8: Factor de sobre-resistencia, $\Phi^o$ .....	36
Figura 2.9: Factor de amplificación dinámica en columnas.....	37
Figura 2.10: Separación de estribos.....	40
Figura 2.11: Ejemplo de refuerzo transversal en columnas.....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Pesos unitarios de materiales de construcción.....	15
Tabla 2.2: Ocupación o uso de la edificación.....	18
Tabla 2.3: Cargas gravitatorias.....	18
Tabla 2.4: Anchos de banda.....	19
Tabla 2.5: Cargas de viento.....	19
Tabla 2.6: Valor del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	21
Tabla 2.7: Clasificación de los perfiles de suelo.....	21
Tabla 2.8: Configuraciones estructurales recomendadas.....	23
Tabla 2.9: Configuraciones estructurales no recomendadas.....	23
Tabla 2.10: Coeficientes de irregularidad en planta según la NEC.....	24
Tabla 2.11: Coeficientes de irregularidad en planta.....	24
Tabla 2.12: Estimación del periodo fundamental de la estructura.....	25
Tabla 2.13: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura según la NEC.....	25
Tabla 2.14: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.....	26
Tabla 2.15: Estados límite.....	27
Tabla 2.16: Análisis de los elementos estructurales contruidos vs. Calculados.....	46
Tabla 3.1: Caudales de diseño.....	58
Tabla 3.2: Diámetros mínimos de ramales y sub ramales.....	62
Tabla 3.3: Valores de P (l/min) según ocupación de riesgo.....	64
Tabla 3.4: Valores de presión residual.....	64
Tabla 3.5: Diámetros nominales.....	65

Tabla 3.6: Longitudes máximas de mangueras.....	65
Tabla 3.7: Longitudes de alcance de chorro.....	66
Tabla 3.8: Estimaciones de descargas.....	67
Tabla 3.9: Diámetros de columnas de descarga.....	68
Tabla 3.10: Diámetros de tubería para aguas lluvia.....	71
Tabla 3.11: Caudales para el dimensionamiento de reservorios.....	72
Tabla 3.12: Población y dimensionamiento del número mínimo de aparatos sanitarios.....	73
Tabla 3.13: Cálculo de volumen de cisterna.....	74
Tabla 3.14: Rendimientos del conjunto motor-bomba.....	78
Tabla 3.15: Incrementos de potencia.....	78
Tabla 3.16: Rendimiento del conjunto motor-bomba.....	81
Tabla 3.17: Incrementos de potencia.....	81

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Planos arquitectónicos del estado actual y planos arquitectónicos con la nueva distribución arquitectónica.

Anexo 2: Planos estructurales de la edificación, (estado actual).

Anexo 3: Memoria de cargas aplicadas a la estructura

Anexo 4: Memoria de cálculo de la estructura según las nuevas solicitudes de carga.

Anexo 5: Presupuesto general referente al reforzamiento estructural.

Anexo 6: Levantamiento geométrico de las redes hidráulico – sanitarias existentes.

Anexo 7: Memoria de cálculo referente al nuevo diseño de la red de agua potable.

Anexo 8: Planos referentes al nuevo diseño de la red de agua potable.

Anexo 9: Memoria de cálculo referente al nuevo diseño de la red contra incendios.

Anexo 10: Planos referentes al nuevo diseño de la red contra incendios.

Anexo 11: Memoria de cálculo referente al nuevo diseño de la red de aguas servidas y aguas lluvias.

Anexo 12: Planos referentes al nuevo diseño de la red de aguas servidas y aguas lluvias.

Anexo 13: Presupuesto general referente al sistema hidráulico – sanitario.

Anexo 14: Planos originales en formato .jpg referente a las instalaciones sanitarias, agua potable e instalaciones contra incendios.

Anexo 15: Planos originales en formato .jpg referente a la geometría estructural del edificio en estudio.

Anexo 16: Norma Ecuatoriana de la Construcción, (Nec-2014).

**EVALUACIÓN Y PROPUESTA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL E  
HIDRÁULICO-SANITARIO DEL EDIFICIO BANCO CENTRAL DEL  
ECUADOR EL CUAL ALBERGARÁ EL NUEVO CENTRO DE ATENCIÓN  
CIUDADANA – CUENCA.**

**RESUMEN**

El edificio del Banco Central del Ecuador-Cuenca, se halla emplazado sobre un predio con valor excepcional, que por sus cualidades estéticas, memoria histórica, rol determinante en el contexto urbano y alto significado social, es fundamental para la ciudad patrimonial. Por tal virtud se ha visto necesario la rehabilitación y readecuación del mismo, albergando un Centro de Atención Ciudadana, potenciando su funcionamiento en beneficio de la comunidad cuencana.

Ante lo expuesto, se vio necesario realizar la evaluación y modelación de la estructura original y actual del bien, así como también el levantamiento y rediseño del sistema hidráulico-sanitario, proponiendo alternativas en base a los resultados obtenidos; las cuales deben priorizar la conservación de los sistemas ya existentes a medida que sea posible.

**Palabras Clave:** Patrimonial, readecuación, rehabilitación, sistema, estructural, Hidrosanitaria.



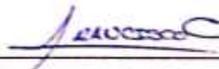
Ing. Roberto Gamón Torres PhD

**Director del Trabajo de Titulación**



Ing. Paúl Cornelio Cordero Díaz

**Director de Escuela**



René Francisco Cabrera Medina

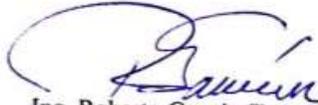
**Autor**

**EVALUATION AND PROPOSAL OF THE STRUCTURAL AND HYDRO  
SANITARY SYSTEM OF THE CENTRAL BANK OF ECUADOR BUILDING,  
WHICH WILL HOST THE NEW PUBLIC SERVICE CENTER- CUENCA.**

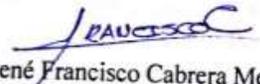
**ABSTRACT**

The building of the Central Bank of Ecuador-Cuenca is located on an area with exceptional value due to its aesthetic qualities, historical memory, and its determining role in the urban context, as well as for its high social significance and for being fundamental to the patrimonial city. Consequently, its rehabilitation and adaptation is a necessity, as it will be housing a Public Service Center, enhancing its presentation for the benefit of the community of Cuenca. In view of this, it was necessary to perform an assessment and modeling of the original and current structure as well as the lifting and redesign of the hydraulic-sanitary system, proposing alternatives based on the results obtained; prioritizing as possible the conservation of the existing systems.

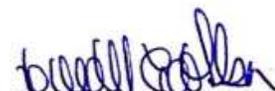
**Keywords:** Patrimonial, Preadaptation, Rehabilitation, System, Structural, Hydro-Sanitary.

  
Ing. Roberto Gamón Torres PhD  
Thesis Director

  
Ing. Paul Cornelio Cordero Díaz  
School Director

  
René Francisco Cabrera Medina  
Author

  
UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
Dpto. Idiomas

  
Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

Cabrera Medina René Francisco

Trabajo de Titulación

Ing. Roberto Gamón Torres

Octubre, 2016

**EVALUACIÓN Y PROPUESTA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL E  
HIDRÁULICO-SANITARIO DEL EDIFICIO BANCO CENTRAL DEL  
ECUADOR EL CUAL ALBERGARÁ EL NUEVO CENTRO DE ATENCIÓN  
CIUDADANA – CUENCA.**

**INTRODUCCIÓN**

La edificación en la cual se encuentra funcionando actualmente el Banco Central del Ecuador-Cuenca, está siendo subutilizada, motivo por el cual el Primer Mandatario solicitó a INMOBILIAR, ente encargado de la administración de los bienes inmuebles del estado, la implementación de una “Plataforma Financiera del Austro”, en la que se instalarían varios organismos afines a la actividad financiera en la ciudad de Cuenca. En segunda instancia el Primer Mandatario decidió que éste bien pase a albergar adicionalmente un Centro de Atención Ciudadana, con la incorporación de nuevas entidades.

Si bien este cambio es importante debido a que se maximiza la utilización del bien inmueble; por otro lado esta decisión implica que se debe generar una reestructuración arquitectónica y de ingenierías ya que se incorporarán entidades tanto a nivel de oficinas como en ventanillas, aumentando su capital humano, mobiliario y generando una mayor afluencia de usuarios.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

- Generar propuestas de reforzamiento estructural en los elementos que conforman el Edificio del Banco Central del Ecuador según las nuevas solicitaciones de carga generadas por la redistribución arquitectónica así como también generar un nuevo diseño hidráulico-sanitario priorizando la conservación de lo ya existente a medida que sea posible.

### **Objetivos específicos:**

- Realizar el levantamiento detallado referente a las características, especificaciones y cargas del sistema estructural e hidráulico-sanitario actual de la edificación
- Evaluar el comportamiento de la estructura actual del edificio según las nuevas solicitaciones de carga generadas por la redistribución arquitectónica
- Determinar la alternativa más apropiada para el reforzamiento estructural
- Evaluar el sistema hidráulico-sanitario
- Proponer un nuevo sistema hidráulico-sanitario priorizando la conservación de lo existente a medida que sea posible.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Antecedentes

La edificación en la cual se encuentra funcionando actualmente el Banco Central del Ecuador-Cuenca, está siendo subutilizada, motivo por el cual el Primer Mandatario solicitó a INMOBILIAR, ente encargado de la administración de los bienes inmuebles del estado, la implementación de una “Plataforma Financiera del Austro”, en la que se instalarían varios organismos afines a la actividad financiera en la ciudad de Cuenca.

INMOBILIAR y la empresa TRAZENDEARQ CONSTRUCTORES Cía. Ltda. suscribieron el contrato para realizar la “EVALUACIÓN Y PROPUESTA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL, DISEÑO DE INGENIERÍAS PARA EL NUEVO CENTRO FINANCIERO PÚBLICO DEL AUSTRO”.

Mediante reunión de presentación de Plataformas Gubernamentales, se analizó el proyecto “Plataforma Financiera del Austro”, decidiendo el Primer Mandatario que éste pase a albergar adicionalmente un Centro de Atención Ciudadana, con la incorporación de nuevas entidades.

#### 1.2 Justificación

Si bien este cambio de la incorporación de nuevas entidades es importante debido a que se maximiza la utilización del bien inmueble; por otro lado esta decisión implica que se debe generar una restructuración arquitectónica y de ingenierías, ya que se

incorporarán entidades tanto a nivel de oficinas como en ventanillas, aumentando su capital humano, mobiliario y generando una mayor afluencia de usuarios.

Al realizarse una reestructuración arquitectónica, los estudios de ingeniería realizados por la empresa consultora dejan de ser aplicables, por lo que se debe generar un nuevo análisis para lograr la readecuación y rehabilitación del edificio, analizando si el comportamiento de la estructura actual del Edificio Banco Central del Ecuador-Cuenca y el sistema hidráulico-sanitario son aptos para soportar las nuevas solicitaciones de carga y necesidades generadas por la nueva distribución arquitectónica.

### **1.3 Alcance**

#### **1.3.1 Sistema estructural**

Mediante el uso del software CYPECAD, se realizará la modelación de la estructura lo más cercano a la realidad, tanto en dimensiones como en materiales constructivos, a fin de estudiar el efecto de aplicación de las cargas verticales y sísmicas, de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción - 2014 (NEC-2014).

Se analizará las diferentes propuestas de cambios y modificaciones estructurales, considerando la propuesta arquitectónica, a fin de cumplir los requisitos de resistencia y deflexiones. Se adjuntará los siguientes documentos donde se expresan los resultados obtenidos:

- Antecedentes
- Informe general de la inspección visual
- Levantamiento geométrico estructural
- Memoria técnica de cálculo y diseño estructural del edificio
- Propuesta de reforzamiento estructural

- Presupuesto general.

### **1.3.2 Sistema hidráulico-sanitario**

Se analizará las diferentes propuestas de cambios y modificaciones del sistema hidráulico-sanitario, considerando la propuesta arquitectónica a fin de cumplir los requisitos solicitados. El producto final aborda los siguientes aspectos:

- Cálculo y diseños para agua potable
- Cálculo de caudales
- Redes de evacuación pluvial
- Redes de evacuación sanitaria
- Diseño y cálculo de cisternas
- Sistema contra incendios
- Presupuesto General.

### **1.4 Ubicación del proyecto**

El proyecto se encuentra ubicado en la provincia del Azuay, cantón Cuenca, en la Calle Larga entre la Calle Jesús Arriaga y Huayna Cápac.

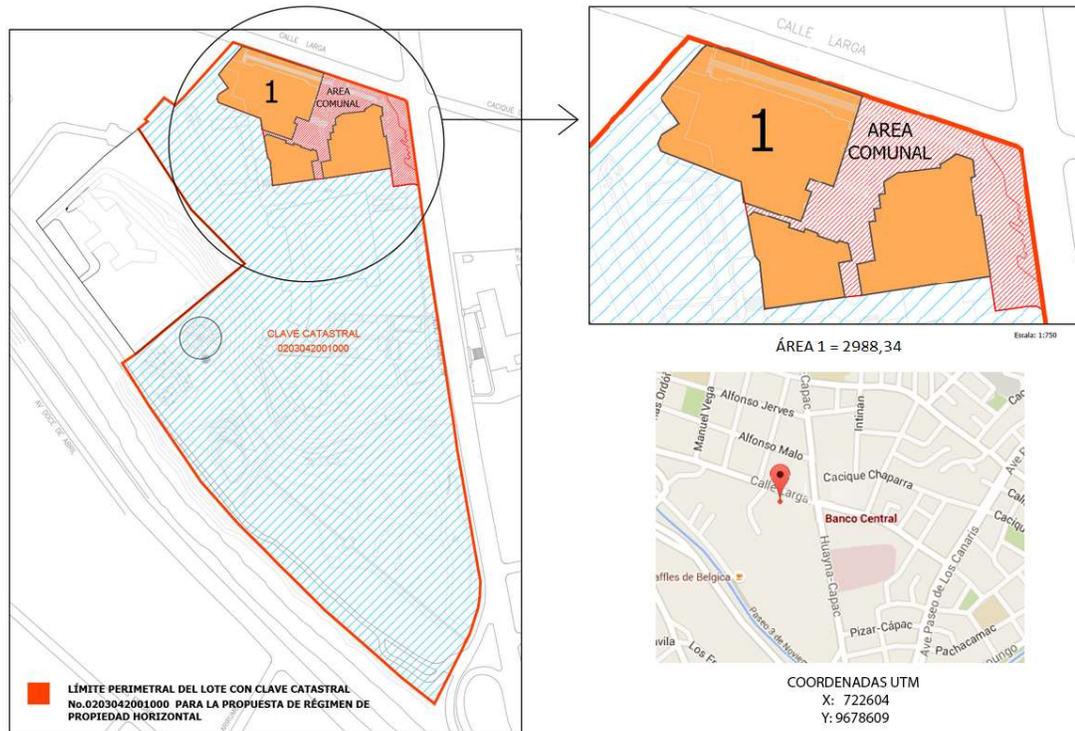


Figura 1.1: Ubicación del proyecto.

Fuente: (Mapa Banco Central de Ecuador-Cuenca. Google Maps).

## 1.5 Conceptos básicos

A continuación se expondrán los conceptos básicos referentes a los temas a tratar:

**Acometida.-** instalación de servicio público que va desde la red de distribución de la empresa de servicio hacia la edificación

**Aforo.-** medición de caudal

**Agua potable.-** es el agua que al cumplir los requisitos bacteriológicos, de desinfección, físicos, químicos y radiactivos de la norma, es apta para el consumo humano

**Aguas residuales.-** son aquellas que han sido utilizadas en el servicio de una edificación determinada, que fluyen a través de las tuberías de aguas negras

**Aguas servidas.-** aguas residuales provenientes de viviendas

**Aguas servidas tratadas.-** Aguas servidas procesadas en sistemas de tratamiento para satisfacer los requisitos de calidad, señalados en la normativa vigente, de acuerdo a la clase de cuerpo receptor al que serán descargadas esas aguas, o a sus posibilidades de uso posterior

**Arranque de agua potable.-** tramo de tubería y demás componentes comprendidos entre la red de distribución y el medidor domiciliario, incluido éste

**Alcantarilla.-** es un conducto, en general cerrado, que normalmente fluye a medio llenar, transportando aguas residuales

**Alcantarilla combinada.-** transporta tanto aguas residuales como aguas lluvias

**Análisis de resistencia.-** el criterio de resistencia, consiste en comprobar en que ninguno de sus puntos el material sobrepasa unas tensiones admisibles máximas

**Análisis estructural.-** el análisis estructural consiste en la determinación del efecto de las acciones sobre la totalidad o parte de la estructura

**Bajante.-** es una tubería vertical que recibe aguas negras o aguas servidas de tuberías de desagüe de los pisos superiores de una edificación

**Bombeo.-** elevación de un líquido por medio de una bomba que lo impulsa

**Cadena.-** elemento estructural formado por concreto armado que se coloca horizontal para delimitar la construcción de un muro y el superior siguiente sobre éste, se utiliza una por nivel

**Carga.-** son fuerzas externas que actúan sobre una estructura, cargas sísmicas, cargas por viento, etc.

**Carga permanente.-** carga vertical aplicada sobre una estructura que incluye el peso de la misma estructura más la de los elementos permanentes. También llamada carga muerta

**Carga variable.-** carga movible sobre una estructura que incluye el peso de

la misma junto con el mobiliario, equipamiento, personas, etc., que actúa verticalmente

**Caudal.-** es la cantidad de fluido, medido en volumen, que se mueve en una unidad de tiempo

**Columna.-** elemento estructural vertical de soporte con sección circular o rectangular. Elemento vertical que recibe la carga según la dirección de sus ejes longitudinales

**Compresión.-** máximo esfuerzo de compresión que puede resistir un material sin romperse

**Diafragmas estructurales.-** son elementos horizontales que actúan distribuyendo las fuerzas laterales entre elementos resistentes verticales. Un diafragma es un sistema estructural que amarra los muros de la estructura, de manera que actúan como un conjunto

**Diseño estructural.-** es un procedimiento técnico para determinar las secciones más óptimas en cualquier estructura en estudio, resguardando en primer lugar la seguridad de las personas sin dejar de lado el aspecto económico

**Drenaje.-** es el sistema de tuberías, sumideros o trampas, con sus conexiones, que permite el desalojo de líquidos, generalmente pluviales, de una población

**Ductilidad.-** es la capacidad que posee los componentes de un sistema estructural de hacer incursiones alternantes en el dominio inelástico sin pérdida apreciable de su capacidad resistente

**Edificación.-** construcción cuya función principal es alojar personas, animales o cosas

**Entrepiso.-** piso que se construye quitando parte de la altura de uno, entre este y el superior o parte de una edificación entre un piso y el siguiente

**Esfuerzos.-** es el soporte de las fuerzas, cargas y acciones a las que va a estar sometida una estructura

**Estructura.-** es aquella armazón de hierro, madera u hormigón que soporta una

edificación sobre sí

**Evaluación analítica de resistencia.-** una evaluación analítica de la resistencia requiere utilizar los factores de carga y los factores de reducción de la resistencia

**Flexión.-** es la deformación que experimenta un elemento estructural alargado en dirección perpendicular a su eje longitudinal

**Fluxómetro.-** es un mecanismo de descarga de agua para inodoros, urinarios y grifos de los lavabos

**Hidráulico.-** que funciona o es movido por la acción del agua o de otro líquido

**Inodoro.-** consta de un asiento fijado al piso mediante bulones u otra pieza removible

**Largueros.-** elementos estructurales que están apoyados en vigas o trabes, y sirven para soportar cargas de la losa, están colocados en forma horizontal, comúnmente son elementos de acero, y sirven para rigidizar la estructura total en donde están apoyadas

**Lavamanos.-** es un tipo de recipiente en el que se vierte el agua para el aseo personal

**Losa.-** elemento estructural formado comúnmente de concreto y varilla, están colocadas en forma horizontal en edificaciones, y forman el piso de niveles superiores

**Losa de acero.-** formada por placas de acero, apoyadas en vigas, es usada comúnmente en edificaciones

**Losa maciza.-** formada por una placa uniforme de concreto y varillas de refuerzo

**Losa reticular.-** formada por vigas pequeñas, con huecos en la parte inferior para aligerar el peso de la misma

**Muro de carga.-** muro que sirve como elemento estructural soportando cargas de otros elementos apoyados sobre éste, están formados por los mismos materiales que se usan en un muro normal, la diferencia entre estos dos, es que el muro de carga debe estar apoyado en zapatas en la cimentación

**Muro de contención.-** se utilizan para detener masas de tierra u otros materiales sueltos cuando las condiciones no permiten que estas masas asuman sus pendientes naturales

**Pérdida de carga.-** es la pérdida de energía que experimentan los líquidos que fluyen en tuberías y canales abiertos

**Torsión.-** es la sollicitación que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico, como pueden ser ejes o, en general, elementos donde una dimensión predomina sobre las otras dos, aunque es posible encontrarla en situaciones diversas

**Tracción.-** es el esfuerzo interno a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo

**Tubo estructural.-** elemento metálico de hierro de forma hueca que se utiliza en la construcción para columnas, vigas y correas

**Urinario.-** lugar habilitado para orinar, especialmente si es de acceso público

**Varilla.-** Elementos de acero que se utilizan como refuerzo en la construcción de elementos de concreto tales como trabes, losas, columnas, zapatas, etc., las varillas resisten fuerzas de tensión, y es ésta característica la que les permite ser usadas para reforzar el concreto

**Viga de carga.-** elemento diseñado para soportar carga en una construcción determinada

**Viga riostra.-** elemento de infraestructura utilizado para el amarre de las columnas o machones de una construcción determinada

**Viga sísmica.-** son las vigas cuyo diseño estructural tienen mayor resistencia al movimiento sísmico

## CAPÍTULO II

### ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Es necesario realizar un análisis visual del estado estructural del edificio, así como también el análisis del comportamiento actual en relación a los nuevos usos, y a las nuevas normas de construcción vigentes en el país.

Son 26 años en los que el bien inmueble se encuentra en funcionamiento; ha tenido una historia de trabajo a cargas muertas, vivas, sismos, y demás cargas que con el pasar del tiempo pudieron afectar o causar algún daño a los diferentes elementos estructurales.

#### 2.1 Inspección visual

En primera instancia se realizó una inspección visual de los elementos estructurales que conforman el edificio, para descartar posibles daños generados desde que el bien inmueble entró en funcionamiento hasta la actualidad. El sistema estructural analizado está conformado por:

- Subsuelo
- Planta baja
- Tres plantas altas
- Terraza.

Al momento de realizar la inspección preliminar del edificio se obtuvieron los siguientes datos importantes:

- La edificación fue realizada alrededor del año de 1990, en base a planos

arquitectónicos y estructurales precisos; de los cuales se guardan algunas copias incompletas en malas condiciones

- El Ing. Julio Jaramillo, Ing. Civil MSC, fue el responsable civil y constructor del edificio Banco Central del Ecuador – Cuenca
- Los principales materiales que componen la edificación son:
  - Acero corrugado de  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
  - Hormigón de  $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Al momento de la construcción se ejerció un control absoluto de la calidad de los materiales
- Debido a que el edificio se encuentra utilizado por el Banco Central del Ecuador, hay sectores o áreas en las cuales no es posible el ingreso para ningún tipo de trabajo o inspección
- Se realizó la inspección visual de la estructura en todas las áreas donde fue posible con el objeto de revisar si la misma presentaba algunos de los siguientes problemas:
  - Fisuramientos verticales, horizontales o diagonales en diafragmas
  - Fisuramientos verticales, horizontales o diagonales en columnas, (pie o cabezal)
  - Fisuramientos en medio de las vigas, en zonas superiores de las vigas o alrededor de las columnas
  - Fisuramientos diagonales y transversos en las vigas
  - Corrimientos de hormigón debido a asentamientos, compresiones instantáneas, fallas de corte en cabezales y pie de columnas
  - Desplazamientos de todo tipo en elementos estructurales
  - Cortes verticales, laterales o combinados en los elementos estructurales
  - Arreglos o reparaciones estructurales
  - Asentamientos generales de la edificación.

En toda la edificación no se ha encontrado ninguno de los problemas antes descritos, mostrando todos los elementos estructurales un buen estado.

La estructura en general ha estado sometida a las cargas originales con las que fue diseñada.

Ningún elemento arquitectónico presenta daños visibles.

## **2.2 Metodología**

### **2.2.1 Planos arquitectónicos**

Los planos arquitectónicos se pueden encontrar en el anexo 1.

### **2.2.2 Obtención de las propiedades geométricas de los elementos de la estructura**

El levantamiento geométrico de las vigas principales, vigas secundarias, losas y macizados, conjuntamente con la información de levantamiento arquitectónico, generó los planos que se encuentran expuestos en el anexo 2.

Esta información fue necesaria para realizar la valoración estructural, por medio del software CYPECAD; es importante anotar que los datos geométricos analizados en el programa, dieron como resultado la correcta disposición de armaduras y recubrimientos.

## **2.3 Modelo estructural original y actual**

Para realizar el análisis estructural de la edificación, se debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

### **2.3.1 Nuevos requerimientos arquitectónicos**

La nueva distribución arquitectónica ha sido realizada por INMOBILIAR, entidad que ha tomado en cuenta los siguientes aspectos:

- Se han diseñado las áreas para uso de oficinas y mobiliario, de acuerdo a los requerimientos de las instituciones que ocuparán el edificio, en general no salen del campo de carga de oficinas, bodegas y circulación. Tampoco especifican cargas especiales
- Nuevas disposiciones de instalaciones eléctricas, sanitarias, aire acondicionado y ventilación; en este caso tampoco se presenta ninguna carga especial ni anclajes especiales
- Las áreas de circulación no varían, manteniéndose los corredores primarios y secundarios.

### **2.3.2 Nuevos requerimientos estructurales**

Según el nuevo diseño arquitectónico y de especialidades, no se presenta ninguna reforma estructural, solo se observa la modificación de panelerías livianas que no intervienen en el comportamiento estructural del edificio, así como las nuevas disposiciones de cargas de uso normal. El análisis del modelo estructural original y actual, será basado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción - 2014.

### **2.3.3 Cargas aplicadas a la estructura**

Para la obtención del valor de las cargas aplicadas a la estructura en estudio, se tomó como referencia la NEC-SE-CG 2014, que trata sobre las cargas permanentes (principalmente debidas al peso propio), las cargas variables (cargas vivas y cargas climáticas) y de sus combinaciones.

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción – 2014, clasifica a las cargas de manera general como:

- Permanentes
- Variables
- Accidentales.

Las cargas a considerar para el diseño estructural fueron las siguientes:

- Cargas permanentes (cargas muertas mínimas en particular)
- Cargas variables (cargas vivas, viento y granizo).

A continuación se presenta las tablas generales con los pesos unitarios de materiales de construcción más frecuentes (carga muerta), y los valores de cargas de acuerdo con la ocupación o los usos (carga viva), consideradas para la estructura en estudio según la NEC-2014.

Tabla 2.1: Pesos unitarios de materiales de construcción.

Material	Peso Unitario kN/m <sup>3</sup>
<b>A. Rocas</b>	
Basalto	29.0 - 30.0
Granito	26.0 - 28.0
Andesita	26.0 - 28.0
Sienita	27.0 - 29.0
Pórfido	26.0 - 27.0
Gabro	29.0 - 31.0
Arenisca	26.0 - 27.5
Calizas compactas y mármoles	27.0 - 28.0
Pizarra para tejados	28.0

<b>Material</b>	<b>Peso Unitario kN/m<sup>3</sup></b>
<b>B. Piedras artificiales</b>	
Adobe	16.0
Amianto-cemento	20.0
Baldosa cerámica	18.0
Baldosa de gres	19.0
Hormigón simple	22.0
Hormigón armado	24.0
Ladrillo cerámico prensado (0 a 10% de huecos)	19.0
Ladrillo cerámico perforado (20 a 30% de huecos)	14.0
Ladrillo cerámico hueco (40 a 50% de huecos)	10.0
Ladrillo artesanal	16.0
Bloque hueco de hormigón	12.0
Bloque hueco de hormigón alivianado	8.5
<b>C. Materiales granulares</b>	
Arena seca	14.5
Arena húmeda	16.0
Arena saturada	18.0
Arena de pómez seca	7.0
Ripio seco	16.0
Ripio húmedo	20.0
Grava (canto rodado)	16.0
Gravilla seca	15.5
Gravilla húmeda	20.0
Tierra seca	14.0
Tierra húmeda	18.0
Tierra saturada	20.0
<b>D. Morteros</b>	
Cemento compuesto y arena 1:3 a 1: 5	20.0
Cemento compuesto cal y arena	18.0
Cal y arena	16.0
Yeso	10.0
<b>E. Metales</b>	
Acero	78.5
Aluminio	27.0

<b>Material</b>	<b>Peso Unitario kN/m<sup>3</sup></b>
Bronce	85.0
Cobre	89.0
Estaño	74.0
Fundición gris	72.0
Latón	85.0
Plomo	114.0
Zinc	72.0
<b>F. Materiales diversos</b>	
Alquitrán	12.0
Asfalto	13.0
Cal	12.0
Hielo	9.0
Libros y documentos	8.5
Papel	11.0
Plástico en planchas	21.0
Vidrio plano	26.0
<b>Elementos secundarios</b>	
De mortero de cemento compuesto de cal y arena	0.55
Plancha ondulada de fibrocemento: de 8 mm de espesor	0.20
de 6 mm de espesor	0.15
Chapa ondulada de acero galvanizado: de 0,5 mm de espesor	0.07
de 0.8 mm de espesor	0.09
de 1.3 mm de espesor	0.14
Teja de barro cocido sin mortero	0.50
Teja plana con mortero de cemento	0.85
Teja de hormigón con mortero	1.15
<b>G. Contrapisos y recubrimientos</b>	
Baldosa de mármol reconstituido, con mortero de cemento: por cada cm, de espesor	0.22
Baldosa de cerámica, con mortero de cemento: por cada cm, de espesor	0.20
Contrapiso de hormigón ligero simple, por cada cm, de espesor	0.16
Contrapiso de hormigón simple, por cada cm, de espesor	0.22
<b>H. Cielorrasos y Cubiertas</b>	
De yeso sobre listones de madera (incluidos los listones)	0.20

Fuente: (NEC-2014).

Tabla 2.2: Ocupación o uso de la edificación.

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m <sup>2</sup> )	Carga concentrada (kN)
<b>Cubiertas</b>		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.70	
Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3.00	
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión.	4.80	
Cubiertas destinadas para propósitos especiales		
Toldos y carpas	i	i
Construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera	0.24 (no reduc.)	
Todas las demás	1.00	
Elementos principales expuestos a áreas de trabajo		8.90
Carga puntual en los nudos inferiores de la celosía de cubierta, miembros estructurales que soportan cubiertas sobre fábricas, bodegas y talleres de reparación vehicular		1.40
Todos los otros usos		1.40
Todas las superficies de cubiertas sujetas a mantenimiento de trabajadores		
En la región andina y sus estribaciones, desde una cota de 1000 m sobre el nivel del mar, no se permite la reducción de carga viva en cubiertas para prevenir caídas de granizo o ceniza.		
<b>Departamentos (ver Residencias)</b>		
<b>Edificios de oficinas</b>		
Salas de archivo y computación (se diseñará para la mayor carga prevista)		
Áreas de recepción y corredores del primer piso	4.80	9.00
Oficinas	2.40	9.00
Corredores sobre el primer piso	4.00	9.00
<b>Escaleras fijas</b>	Ver sección <a href="#">4.5 ASCE/SEI 7-10</a>	
<b>Escaleras y rutas de escape</b>	4.80	g
Únicamente residencias unifamiliares y bifamiliares	2.00	

Fuente: (NEC-2014).

Para realizar el análisis por medio del software CYPECAD, se establecieron los siguientes parámetros de cargas en base a las tablas antes expuestas:

- **Cargas gravitatorias**

Tabla 2.3: Cargas gravitatorias.

Planta	S.C.U (t/m <sup>2</sup> )	Cargas muertas (t/m <sup>2</sup> )
Terraza 1	0.02	0.02
Terraza	0.08	0.08
Tercera planta alta	0.13	0.13
Segunda planta alta	0.13	0.13
Primera planta alta	0.13	0.13
Planta baja	0.13	0.13
Sotano	0.13	0.20
Cimentación	0.00	0.00

- **Viento**

Norma utilizada: NEC-11, (Establecidas por CYPECAD).

Capítulo 1: Cargas y materiales - Artículo 1.1.5: Cargas por viento.

Categoría del terreno: Categoría A.

Tabla 2.4: Anchos de banda.

Anchos de banda		
Plantas	Ancho de banda Y (m)	Ancho de banda X (m)
En todas las plantas	15.00	15.00

Fuente: (CYPECAD)

Tabla 2.5: Cargas de viento.

Cargas de viento		
Planta	Viento X (t)	Viento Y (t)
Terraza 1	2.021	2.021
Terraza	4.041	4.041
Tercera planta alta	3.959	3.959
Segunda planta alta	3.959	3.959
Primera planta alta	4.454	4.454
Planta baja	0.000	0.000
Sótano	0.000	0.000

Fuente: (CYPECAD).

Se puede encontrar de igual manera en el anexo 3; la memoria de las cargas aplicadas a la estructura utilizadas para el análisis de la misma, generada mediante el software llamado CYPECAD.

### **2.3.4 Parámetros y normas utilizados para el análisis del modelo estructural actual según CYPECAD**

#### **2.3.4.1 Normas consideradas**

A continuación se exponen las normas utilizadas para el cálculo estructural:

- Hormigón: ACI 318M-11
- Aceros conformados: AISI S100-2007 (LRFD)
- Aceros laminados y armados: ANSI/AISC 360-05 (LRFD)
- Diseño sísmo resistente: NEC-SE-DS 2014
- Categoría de uso: General.

### 2.3.4.2 Parámetros de diseño considerados

- **Zonificación sísmica y factor de zona Z**

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción - 2014, todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del:

- Nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia
- Litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta.

Se eligió el valor de Z, el cual representa la aceleración máxima en roca esperada para el sísmo de diseño, en base al lugar donde se encuentra emplazada la edificación y de acuerdo al mapa que se presenta a continuación:

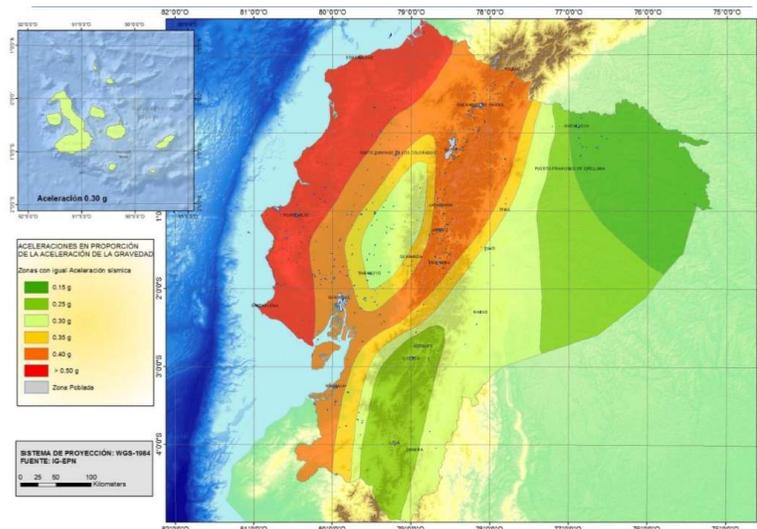


Figura 2.1: Mapa para diseño sísmico.

Fuente: (NEC-2014).

En la siguiente tabla se expresa de una mejor manera el valor de Z según la zona sísmica seleccionada y la caracterización del peligro sísmico.

Tabla 2.6: Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.

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

Fuente: (NEC-2014).

Se seleccionó los siguientes parámetros en base a la zona en donde se encuentra emplazado el proyecto en estudio:

- Zona sísmica del proyecto estudiado (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): II
- Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos.

- **Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico**

Según la NEC-2014 se definen seis tipos de perfil de suelo los cuales se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 2.7: Clasificación de los perfiles de suelo.

Tipo perfil	de Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500$ m/s $> V_s \geq 760$ m/s

Tipo de perfil	Descripción	Definición
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100 \text{ KPa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos	$50 > N \geq 15.0$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50 \text{ kPa}$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H >3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H >7.5 m con índice de Plasticidad IP >75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H >30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia $\alpha$ ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.		

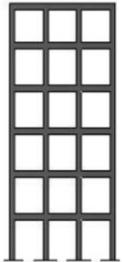
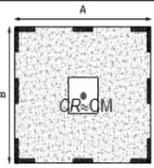
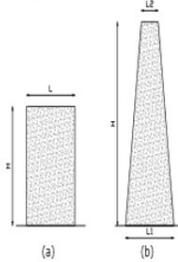
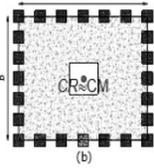
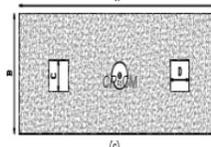
Fuente: (NEC-2014).

Tipo de suelo seleccionado para el análisis: C

- **Regularidad/configuración estructural**

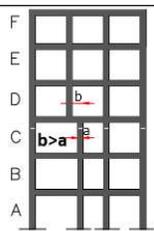
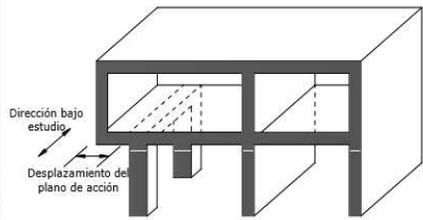
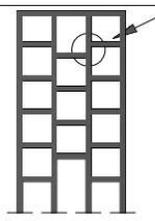
A continuación se presenta los parámetros de configuración estructural recomendados y no recomendados por la NEC-2014; de igual manera se expone los coeficientes a usar para el diseño estructural por irregularidad en planta siendo el caso del edificio en estudio:

Tabla 2.8: Configuraciones estructurales recomendadas.

CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN $\phi_{E1}=1$		CONFIGURACIÓN EN PLANTA $\phi_{P1}=1$	
<p>La altura de entrepiso y la configuración vertical de sistemas aporcionados, es constante en todos los niveles.</p> <p><math>\phi_{E1}=1</math></p>		<p>La configuración en planta ideal en un sistema estructural es cuando el Centro de Rigidez es semejante al Centro de Masa.</p> <p><math>\phi_{P1}=1</math></p>	 <p>(a)</p>
<p>La dimensión del muro permanece constante a lo largo de su altura o varía de forma proporcional.</p> <p><math>\phi_{E1}=1</math></p>	 <p>(a) (b)</p>		 <p>(b)</p>  <p>(c)</p>

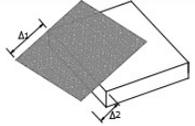
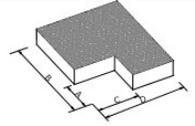
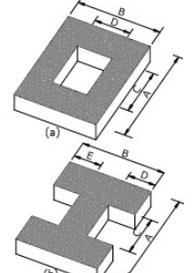
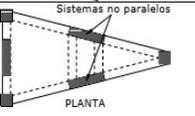
Fuente: (NEC-2014).

Tabla 2.9: Configuraciones estructurales no recomendadas.

IRREGULARIDADES EN ELEVACIÓN		IRREGULARIDADES EN PLANTA
<p><b>Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas.</b></p> <p>La estructura se considera irregular no recomendada cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales del sistema resistente, dentro del mismo plano en el que se encuentran, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento.</p>		<p><b>Desplazamiento de los planos de acción de elementos vertical.</b></p> <p>Una estructura se considera irregular no recomendada cuando existen discontinuidades en los ejes verticales, tales como desplazamientos del plano de acción de elementos verticales del sistema resistente.</p> 
<p><b>Piso débil-Discontinuidad en la resistencia.</b></p> <p>La estructura se considera irregular no recomendada cuando la resistencia del piso es menor que el 70% de la resistencia del piso inmediatamente superior, (entendiéndose por resistencia del piso la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada).</p>	 <p>RESISTENCIA PISO B &lt; 0.70 RESISTENCIA PISO C</p>	
<p><b>Columna corta</b></p> <p>Se debe evitar la presencia de columnas cortas, tanto en el diseño como en la construcción de las estructuras.</p>		

Fuente: (NEC-2014).

Tabla 2.10: Coeficientes de irregularidad en planta según la NEC.

<p><b>Tipo 1</b> - Irregularidad torsional  <math>\phi_{tr}=0.9</math>  <math>\Delta &gt; 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}</math>                      Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
<p><b>Tipo 2</b> - Retrocesos excesivos en las esquinas <math>\phi_b=0.9</math>  <math>A &gt; 0.15B</math> y <math>C &gt; 0.15D</math>                      La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p><b>Tipo 3</b> - Discontinuidades en el sistema de piso  <math>\phi_{sp}=0.9</math>                      a) <math>CxD &gt; 0.5AxB</math>                      b) <math>[Cx D + Cx E] &gt; 0.5Ax B</math>                      La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p><b>Tipo 4</b> - Ejes estructurales no paralelos  <math>\phi_{tr}=0.9</math>                      La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Fuente: (NEC-2014).

A continuación se exponen los parámetros utilizados para el análisis estructural del edificio del Banco Central del Ecuador – Cuenca según la configuración estructural del mismo.

Tabla 2.11: Coeficientes de irregularidad en planta.

<p><b>R<sub>X</sub></b>: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16)</p>	<p><b>R<sub>X</sub></b> : 7.00</p>
<p><b>R<sub>Y</sub></b>: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16)</p>	<p><b>R<sub>Y</sub></b> : 7.00</p>
<p><b>Φ<sub>P</sub></b>: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a)</p>	<p><b>Φ<sub>P</sub></b> : 0.90</p>
<p><b>Φ<sub>E</sub></b>: Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b)</p>	<p><b>Φ<sub>E</sub></b> : 0.90</p>

Fuente: (CYPECAD).

Geometría en altura considerada (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Regular.

Geometría en planta considerada (NEC-SE-DS 2014, 5.2.4): Irregular.

Tabla 2.12: Estimación del periodo fundamental de la estructura.

Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): I			
Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): I			
<b>h</b> : Altura del edificio	<b>h</b>	:	18.90 m

Fuente: (CYPECAD).

- **Tipo de uso de la edificación**

En la tabla expuesta a continuación se determinará el factor I según el tipo de uso de la edificación, cuyo propósito es incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño.

Tabla 2.13: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura según la NEC.

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

Fuente: (NEC-2014).

Para este proyecto se tomó como parámetro:

- Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Otras estructuras.

Tabla 2.14: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.

Parámetros de cálculo	
Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma	
Fracción de sobrecarga de uso	: 0.25
Factor multiplicador del espectro	: 1.00

Fuente: (CYPECAD).

- **Verificación de la condición de cortante basal:** Según norma

Se realiza análisis de los efectos de 2° orden

Valor para multiplicar los desplazamientos 1.00

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Según NEC-SE-DS 2014.

- **Factores reductores de la inercia (NEC-SE-DS 2014, 6.1.6 b)**

Vigas: 0.5

Forjados: 0.5

Pilares: 0.8

Pantallas: 0.6

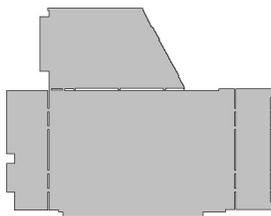
Muros: 0.6

Muros de fábrica: 0.5

- **Direcciones de análisis**

Acción sísmica según X

Acción sísmica según Y



Proyección en planta de la obra

- **Estados límite**

Tabla 2.15: Estados límite.

E.L.U. de rotura. Hormigón	ACI 318M-11
E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	ASCE 7
Tensiones sobre el terreno Desplazamientos	Acciones características

Fuente: (CYPECAD).

- **Situaciones de proyecto**

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definieron de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Situaciones persistentes o transitorias**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki} \quad (2.1)$$

- **Situaciones sísmicas**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{A_E} A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki} \quad (2.2)$$

Donde:

$G_k$  Acción permanente

$P_k$  Acción de pretensado

$Q_k$  Acción variable

$A_E$  Acción sísmica

$\gamma_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$\gamma_P$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado

$\gamma_{Q,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{Q,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

$\gamma_{A_E}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción sísmica

Fuente: (NEC-2014).

## 2.4 Cálculo y análisis de los elementos estructurales

### 2.4.1 Diseño sismo resistente

- **Norma utilizada:** NEC-SE-DS 2014 (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (Peligro sísmico. Diseño sismo resistente)).

Para el diseño sismo resistente según la Norma Ecuatoriana de la Construcción – 2014 los dos principales métodos de análisis son:

- Diseño Basado en Fuerzas (DBF): método estático utilizado según condiciones de regularidad (véase la sección 6, NEC 2014)
- Diseño Directo Basado en Desplazamientos (DBD): método lineal equivalente (elasto-plástico) (véase la sección 7, NEC 2014).

Para estructuras irregulares, se privilegiara el DBD.

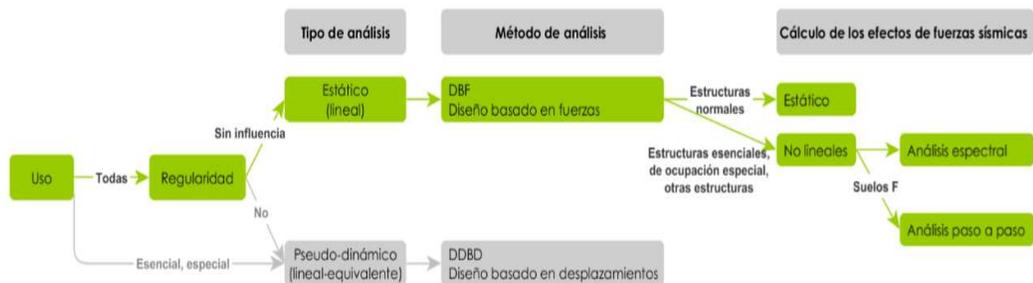


Figura 2.2: DBF en los métodos de análisis de la NEC-SE-DS 2014.

Autor: (NEC-2014).

Para el análisis de los elementos estructurales que componen el edificio en estudio, se utilizó como método de cálculo el análisis modal espectral (NEC-SE-DS 2014, 6.2.2e), método de diseño basado en fuerzas.

Los objetivos principales del diseño basado en fuerzas según la NEC-2014 son:

- Tomar en cuenta los niveles de amenaza sísmica (y niveles de desempeño) expuestos en la sección 4.2.2. de la NEC-2014
- Determinar las fuerzas sísmicas de diseño (fuerza lateral equivalente)
- RDBF: verificar que los efectos del sismo :  $R_d$  (cálculo de resistencia del elemento;  $R_d$  se calculará de acuerdo con las normas NEC-SE-HM, NEC-SE-AC, NEC-SE-MP y NEC-SE-MD, dedicadas a los materiales, usando modelos elásticos lineales)
- DDBF: verificar las deformaciones, en particular las derivas máximas de la estructura.

#### **Procedimiento de cálculo del DBF**

A continuación se exponen los puntos para el diseño basado en fuerzas:

- Cortante basal de diseño  $V$
- Determinación del periodo de vibración  $T_a$
- Ductilidad y factor de reducción de resistencia sísmica  $R$
- Distribución vertical de fuerzas sísmicas laterales
- Distribución horizontal del cortante
- Momentos torsionales horizontales y torsión accidental
- Efectos de segundo orden  $P-\Delta$  e índice de estabilidad  $Q_i$
- Control de la deriva de piso (derivadas inelásticas máximas de piso  $\Delta M$ )
- Vista esquemática del DBF.

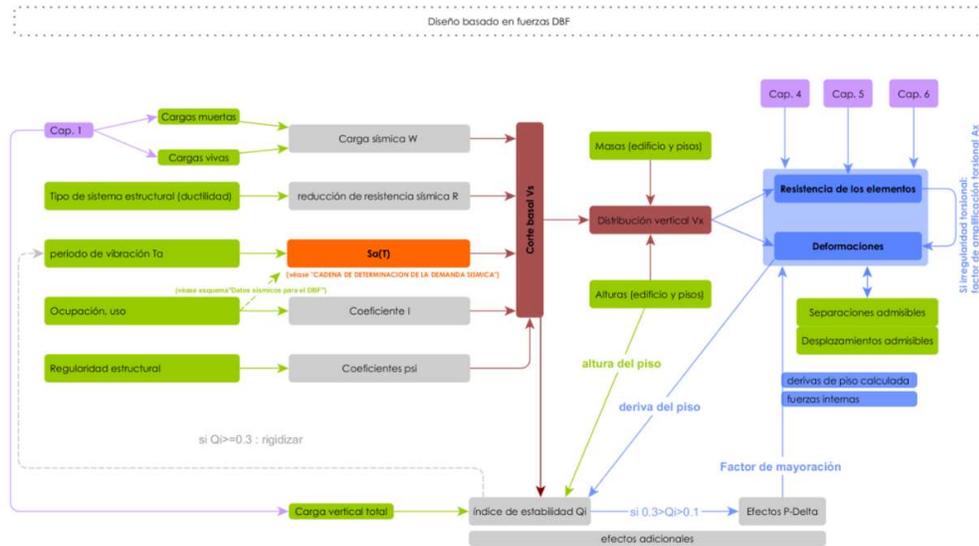


Figura 2.3: Esquema del diseño basado en fuerzas (DBF).

Fuente: (NEC-2014).

Se puede encontrar en el anexo 4; la memoria de cálculo de la estructura según las nuevas solicitaciones de carga, generada por el software CYPECAD.

## 2.4.2 Cálculo de resistencia de los elementos

Los requisitos de diseño que utilizó CYPECAD para el cálculo de resistencia de los elementos que forman el edificio del Banco Central del Ecuador – Cuenca, están expuestos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción – 2014 (Estructuras de Hormigón Armado), de la página 42 a la página 66.

A continuación se presenta estos requisitos tomados de la NEC-SE-HM 2014:

- **Elementos en flexión**
  - **Requisitos para elementos en flexión**

Las vigas y otros elementos estructurales de pórticos en flexión deberán presentar las siguientes características:

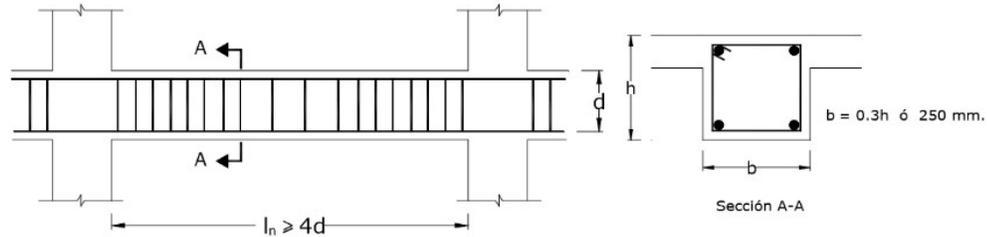


Figura 2.4: Característica de los elementos a flexión.

Fuente: (NEC-2014).

- **Diseño por flexión**

Se realizará mediante un análisis de la sección, asumiendo una distribución lineal de la deformación unitaria  $\epsilon_t$  y un bloque de compresión equivalente de acuerdo al código ACI 318. La resistencia que aporte el refuerzo longitudinal en la zona de compresión será despreciada. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

- **Distancia entre los apoyos laterales**

La separación entre los apoyos laterales de una viga no debe exceder de 50 veces el menor ancho  $b$  del ala o cara de compresión.

Deben tomarse en cuenta los efectos de la excentricidad lateral de la carga al determinar la separación entre los apoyos laterales. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

- **Razón de refuerzo máximo**

Los valores de  $\rho$  y  $\rho'$  deben ser tales que propicien una falla en flexión controlada por la tracción.

Tanto el refuerzo superior como el inferior deben estar formados por un mínimo de dos varillas. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

• **Refuerzo longitudinal mínimo en elementos sometidos a flexión**

En toda sección de un elemento sometido a flexión cuando por análisis se requiera refuerzo de tracción, el  $A_s$  proporcionado no debe ser menor que el obtenido por medio de:

$$A_s \geq \max \left[ \frac{1.4}{f_y} b_w d ; A_{s,min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b_w d \right] \quad (2.3)$$

Dónde:

$A_{s,min}$	Área mínima de refuerzo de flexión (mm <sup>2</sup> )
$b_w$	Ancho del alma o diámetro de la sección circular (mm)
$d$	Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción (mm)
$f_y$	Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo (MPa)
$f'_c$	Resistencia especificada a la compresión del Hormigón (MPa)

Fuente: (NEC-2014).

A continuación se muestra los requisitos del refuerzo longitudinal de un elemento a flexión.

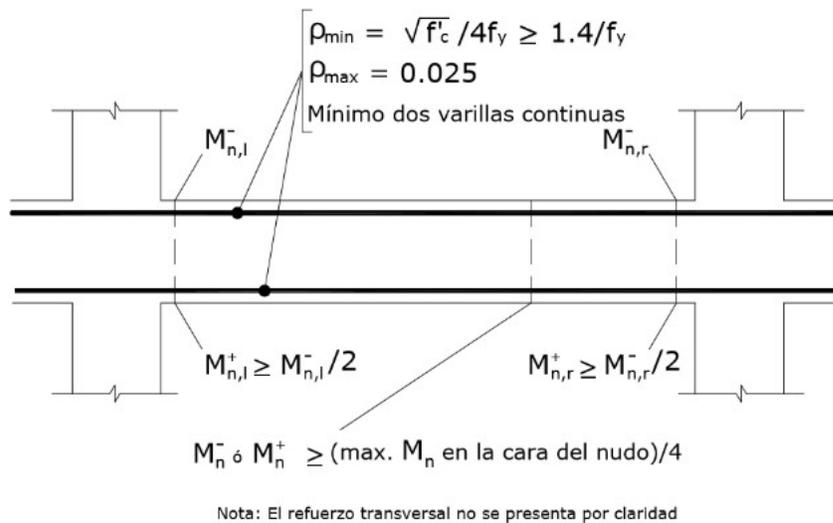


Figura 2.5: Requisitos del refuerzo longitudinal en elementos a flexión.

Fuente: (NEC-2014).

- **Estribos para confinamiento**

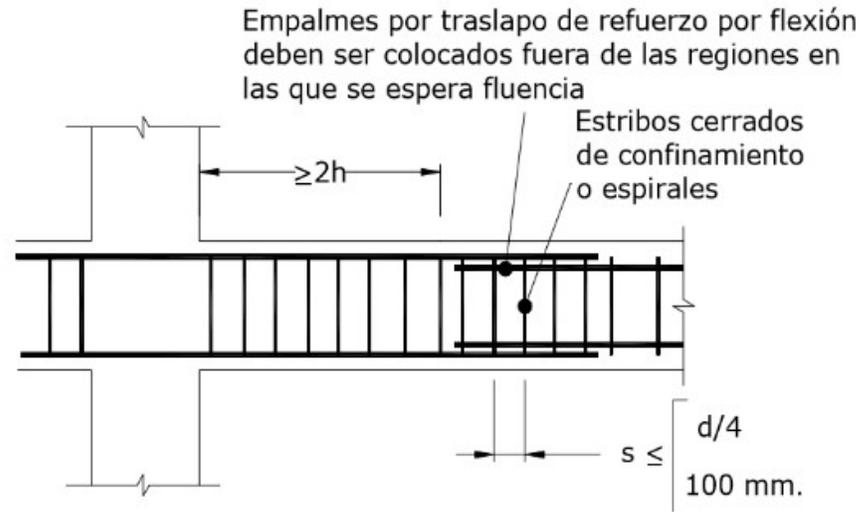


Figura 2.6: Confinamiento en traslape de varillas de refuerzo longitudinal.  
Fuente: (NEC-2014).

Para estructuras de cualquier tipo se debe colocar estribos para confinamiento en las siguientes regiones:

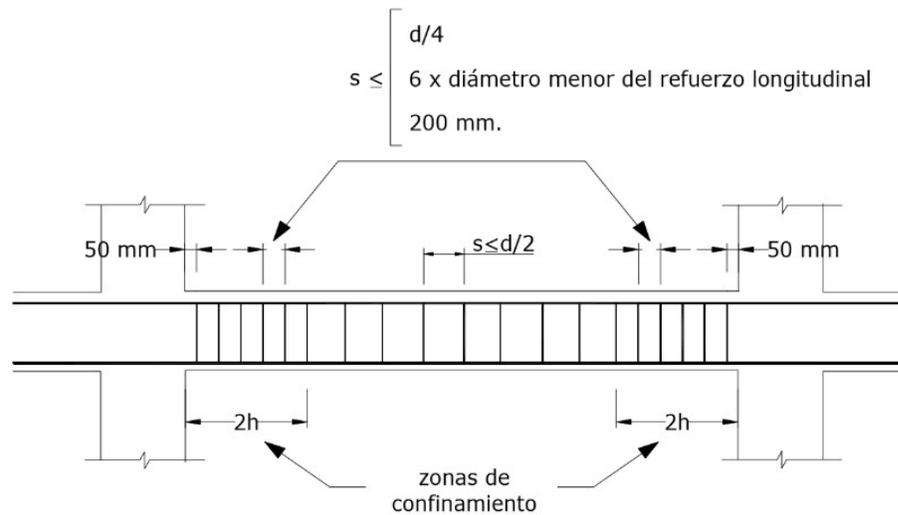


Figura 2.7: Separación de estribos.  
Fuente: (NEC-2014).

- **Elementos en flexo-compresión**
  - **Requisitos para elementos en flexo-compresión**

Los requisitos de esta sección se aplicarán a columnas, elementos de pórticos rígidos y otros elementos estructurales que presenten las siguientes características:

- Sean parte de sistemas estructurales resistentes a cargas sísmicas
- Soporten fuerzas axiales que excedan  $0.10 f_c A_g$  en las combinaciones de carga en que participen las cargas sísmicas (véase en la sección 3.4.2 de la NEC-SE-CG)
- La razón entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión en la dirección ortogonal sea mayor que 0.40 o en su defecto, que su altura libre sea mayor que cuatro veces la dimensión mayor de la sección transversal del elemento
- La dimensión más pequeña de la sección transversal, medida sobre una línea recta que pasa por su centroide geométrico, no sea menor que 300 mm.
- Las columnas en forma de T, C o I pueden tener una dimensión mínima de 0.25 m pero su área no puede ser menor de  $0.09 \text{ m}^2$ .

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

- **Diseño del refuerzo principal (longitudinal) en columnas**
  - **Momentos últimos**

Los momentos últimos para el diseño no deberán ser menores a los calculados con la siguiente ecuación:

$S_{CP} = \phi^o \omega_f S_E$ <p>Dónde:</p> <p><math>S_{CP}</math> Momentos últimos para el diseño</p> <p><math>S_E</math> Fuerza sísmica obtenida en un análisis elástico,</p> <p><math>\phi^o</math> Factor de sobre-resistencia de las rótulas plásticas en las vigas que llegan al nudo junto a la sección que se diseña</p> <p><math>\omega_f</math> Factor de amplificación dinámica.</p>	(2.4)
--	-------

Fuente: (NEC-2014).

- **Factor de sobre-resistencia  $\phi$**

El valor del factor de sobre-resistencia de una rótula plástica  $\phi$  se calcula como la relación entre la capacidad máxima de momento y la capacidad requerida por el análisis. La capacidad máxima se la obtiene con la cuantía real de refuerzo que detallará en los planos. El valor del factor de sobre-resistencia  $\phi$  es el cociente entre la capacidad en sobre-resistencia de las rótulas plásticas  $M_0$  en las vigas que llegan al nudo junto a la sección que se diseña y la capacidad requerida  $M_{req}$  por el análisis. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

Se calculará conforme a:

$$\phi = \frac{M_0^- + M_0^+}{M_{req}^- + M_{req}^+} \quad (2.5)$$

Dónde:

<b><math>M_0</math></b>	Capacidad en sobre-resistencia de las rótulas plásticas en las vigas que llegan al nudo junto a la sección que se diseña
<b><math>M_{req}</math></b>	Capacidad requerida

Fuente: (NEC-2014).

La capacidad en sobre-resistencia se la obtiene mediante análisis a flexión de la secciones, considerando la cuantía real de refuerzo que se instalará durante la construcción. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

Además se consideran propiedades máximas esperadas en los materiales, incluyendo el endurecimiento post-fluencia del acero de refuerzo. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

Para secciones que tienen el refuerzo distribuido en dos capas ubicadas a una distancia  $d$  y  $d'$  de la fibra extrema en compresión, la capacidad en sobre-resistencia podrá estimarse como sigue:

$$M_o = 1.25A_s f_y (d - d')$$

Dónde:

$M_o$	Capacidad en sobre-resistencia de las rótulas plásticas en las vigas que llegan al nudo junto a la sección que se diseñag
$A_s$	Área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción ( $\text{mm}^2$ ).
$d$	Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción (mm)
$f_y$	Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo (MPa)
$d'$	Distancia desde la fibra extrema en compresión al centroide del refuerzo longitudinal en compresión (mm)

(2.6)

Fuente: (NEC-2014).

Alternativamente, o cuando exista una disposición distinta de refuerzo, se obtendrá de un análisis momento-curvatura.

La siguiente figura muestra un caso típico en el que el momento negativo requerido por el análisis ( $M_{req,1}$  ,  $M_{req,2}$ ), es distinto en ambas caras de la columna, al igual que el momento positivo. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

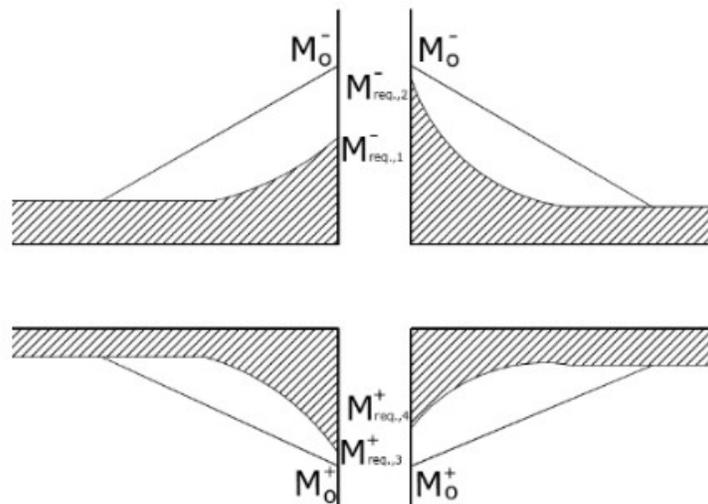


Figura 2.8: Factor de sobre-resistencia,  $\Phi^\circ$ .

Fuente: (NEC-2014).

Ante esto, el diseñador detallará las secciones con una cuantía mayor que la requerida e igual en ambas caras de la columna, lo cual deriva en los momentos de sobre resistencia,  $M_o$ . Esta capacidad en exceso de la requerida por el análisis (sobre resistencia) debe ser cuantificada mediante el factor  $\phi$ , para garantizar la formación del mecanismo dúctil, columna fuerte – viga débil, hipótesis básica del diseño. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

- **Factor de amplificación dinámica para flexión  $W_f$**

El factor de amplificación dinámica  $W_f$  para flexión depende de la demanda de ductilidad  $\mu$  en la estructura, y debe aplicarse desde el nivel 1 hasta un nivel a  $3/4$  de la altura de la estructura, como se muestra en la siguiente figura. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

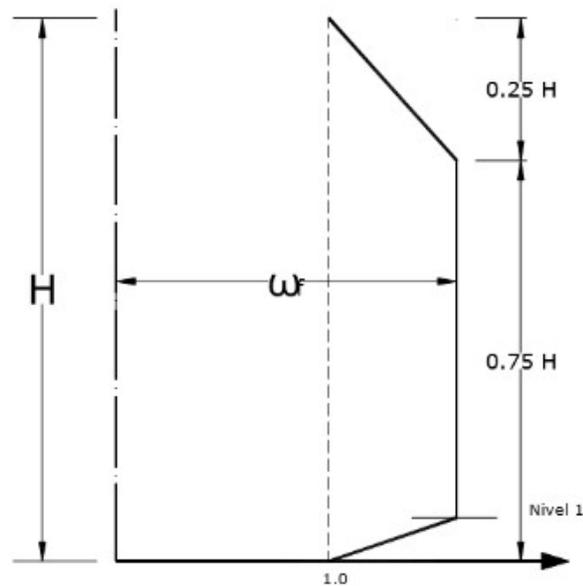


Figura 2.9: Factor de amplificación dinámica en columnas.

Fuente: (NEC-2014).

El valor máximo se calcula mediante la siguiente formulación:

$$\omega_f = 1.15 + 0.13 \left( \frac{\mu}{1.8} - 1 \right) > 1.15 \quad (2.7)$$

Dónde:

$\omega_f$  Factor de amplificación dinámica.

$\mu$  Coeficiente de ductilidad

Fuente: (NEC-2014).

Los valores de la demanda en ductilidad  $\mu$  se determinan como sigue:

- La ductilidad se tomará igual a R/2 si las fuerzas de diseño se obtuvieron mediante DBF - diseño basado en fuerzas (véase sección 6 de la NEC-SE-DS)
- Si por el contrario, las fuerzas se obtuvieron mediante DBD - diseño basado en desplazamientos, la ductilidad es la calculada según lo expuesto en la sección 7 de la NEC-SE-DS.

- **Cuantía máxima de refuerzo longitudinal**

Se cumplirá con el siguiente requisito:

$$0.01 \leq \frac{\rho_g}{A_g} \leq 0.03 \quad (2.8)$$

Dónde:

$\rho_g$  Área de refuerzo longitudinal

$A_g$  Área bruta de la sección

Fuente: (NEC-2014).

- **Refuerzo transversal, confinamiento**

- **Separación**

El refuerzo transversal debe disponerse mediante espirales sencillas o traslapadas, estribos cerrados de confinamiento circulares o estribos cerrados de confinamiento

rectilíneos con o sin ganchos suplementarios. Se pueden usar ganchos suplementarios del mismo diámetro de barra o con un diámetro menor y con el mismo espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento. Cada extremo del gancho suplementario debe enlazar una barra perimetral del refuerzo longitudinal. Los extremos de los ganchos suplementarios consecutivos deben alternarse a lo largo del refuerzo longitudinal. El espaciamiento de los ganchos suplementarios o ramas con estribos de confinamiento rectilíneos,  $h_x$ , dentro de una sección del elemento no debe exceder de 350 mm centro a centro. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

La separación del refuerzo transversal a lo largo del eje longitudinal del elemento no debe exceder la menor de (a), (b), y (c):

- (a) La cuarta parte de la dimensión mínima del elemento,
- (b) Seis veces el diámetro de la barra de refuerzo longitudinal menor, y
- (c) Eso, definido por:

$$s_o = 100 + \left( \frac{350 - h_x}{3} \right) \quad (2.9)$$

Donde:

$s_o$  Espaciamiento centro a centro del refuerzo transversal dentro de una longitud  $L_o$  (mm);  $s_o$  no debe ser mayor a 150 mm y no es necesario tomarlo menor a 100 mm,

$h_x$  Espaciamiento de los ganchos suplementarios o ramas con estribos de confinamiento rectilíneos.

Fuente: (NEC-2014).

A continuación se presenta esquemáticamente los requisitos de confinamiento para elementos en flexocompresión:

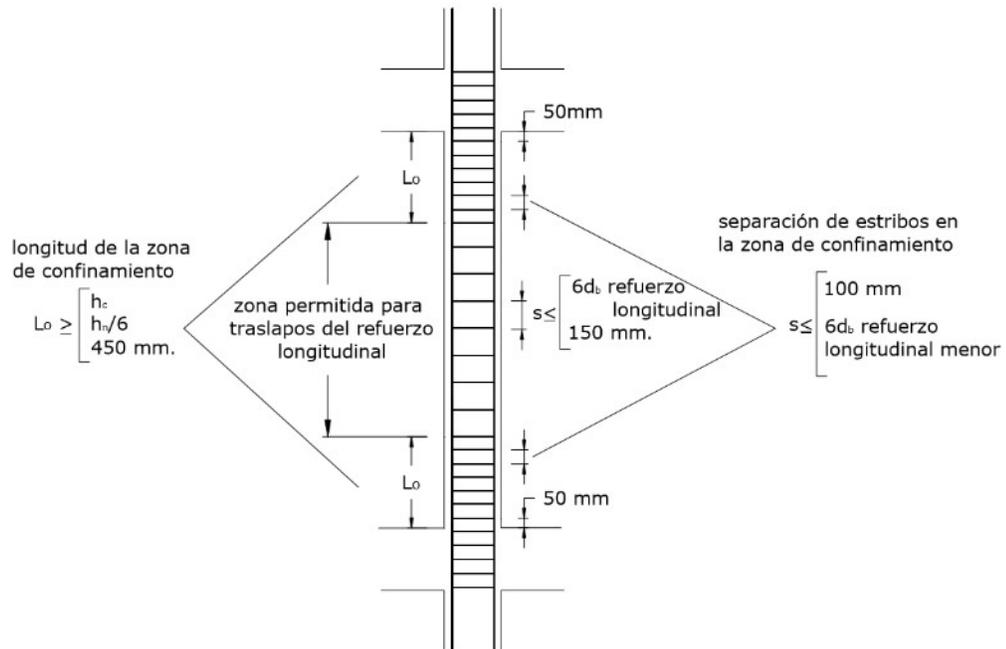


Figura 2.10: Separación de estribos.

Fuente: (NEC-2014).

### • Cuantía de refuerzo

El confinamiento especial en la región definida en lo anterior debe tener las siguientes características:

La razón del volumen de refuerzo en espiral o estribos circulares,  $\rho_s$ , respecto al volumen de la conexión confinada por dicho refuerzo (medido de extremo a extremo externo del estribo) no puede ser menor que:

$$\rho_s = 0.12 \frac{f'_c}{f_{yt}} \quad (2.10)$$

$$\rho_s = 0.45 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}}$$

Dónde:

$A_g$  Área bruta ( $\text{mm}^2$ )

$A_{ch}$  Área de la conexión interior confinada ( $\text{mm}^2$ ).

$f_{yt}$  Esfuerzo de fluencia del acero transversal (MPa).

Fuente: (NEC-2014).

- El área del refuerzo en forma de estribos de confinamiento rectangulares no puede ser menor que ninguna de las siguientes:

$$A_{sh} = 0.3 \frac{s b_c f_c}{f_{yt}} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad (2.11)$$

$$A_{sh} = 0.09 \frac{s b_c f_c}{f_{yt}}$$

Dónde:

$A_{sh}$  Área total de las varillas que forman los estribos y amarres suplementarios con separación  $s$  y perpendicular a la dimensión  $b_c$ , mm<sup>2</sup>.

$s$  Separación, centro a centro, entre estribos, mm.

$b_c$  Distancia máxima, medida centro a centro, entre esquinas del estribo, en mm.

Fuente: (NEC-2014).

- **Separación entre estribos (s)**

Más allá de la longitud  $L_0$ , el resto de la columna debe contener refuerzo en forma de espiral o de estribo cerrado de confinamiento con un espaciamiento  $s$  medido centro a centro que no exceda al menor de seis veces el diámetro de las barras longitudinales de la columna o 150 mm, a menos que lo estipulado al respecto en el capítulo 21 del ACI318 requiera mayores cantidades de refuerzo transversal. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

Se destaca lo siguiente:

- La separación  $s$  máxima del refuerzo en espiral o entre estribos, no debe exceder de seis veces el diámetro menor del refuerzo longitudinal, ni tampoco 100 mm en  $L_0$
- En las regiones fuera de  $L_0$ , la separación  $s$  máxima del refuerzo en espiral o entre estribos, no debe exceder de seis veces el diámetro menor del refuerzo longitudinal, ni tampoco 200 mm.
- Cuando una dimensión del elemento sea 500 mm o superior se debe colocar varillas longitudinales con amarres suplementarios separados no más de  $s_i=350$ mm en la dirección perpendicular al eje longitudinal del elemento.

(Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

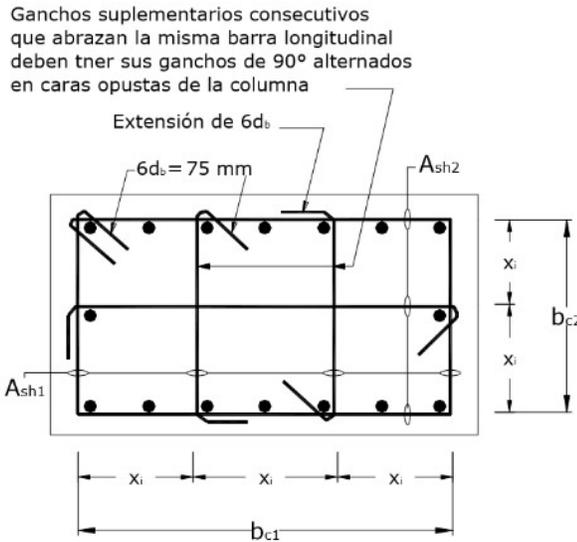


Figura 2.11: Ejemplo de refuerzo transversal en columnas.

Fuente: (NEC-2014).

No se permiten traslapes en las regiones de confinamiento especial definidas a principio de esta sección.

En estructuras de cualquier tipo que no cumplan el requisito de regularidad en altura se debe proveer confinamiento especial, con las características indicadas en esta sección en toda la altura de aquellos elementos de flexo-compresión situados en pisos cuya rigidez sea menor que la de alguno de los pisos superiores. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

• **Cortante y torsión**

El diseño de secciones transversales sometidas a cortante debe estar basado en:

$\phi V_n \geq V_u$ <p>Dónde:</p> <p><math>V_u</math> Fuerza cortante mayorada en la sección considerada</p> <p><math>V_n</math> Resistencia nominal al cortante calculada mediante</p> <p><math>V_n = V_c + V_s</math></p> <p>Dónde:</p> <p><math>V_c</math> Resistencia nominal al cortante proporcionada por el Hormigón , calculada de acuerdo con C.11.2, C.11.3, o C.11.11</p> <p><math>V_s</math> Resistencia nominal al cortante proporcionada por el refuerzo de cortante calculada de acuerdo con C.11.4, C.11.9.9 o C.11.11.</p>	(2.12)
---	--------

<p>Dónde:</p> <p><math>V_u</math> Fuerza cortante mayorada en la sección considerada</p> <p><math>V_n</math> Resistencia nominal al cortante calculada mediante</p> <p><math>V_n = V_c + V_s</math></p> <p>Dónde:</p> <p><math>V_c</math> Resistencia nominal al cortante proporcionada por el Hormigón , calculada de acuerdo con C.11.2, C.11.3, o C.11.11</p> <p><math>V_s</math> Resistencia nominal al cortante proporcionada por el refuerzo de cortante calculada de acuerdo con C.11.4, C.11.9.9 o C.11.11.</p>	(2.13)
---	--------

Fuente: (NEC-2014).

Los valores de  $f'c/2$  usados en esta sección no deben exceder 8.3 MPa.

Para elementos no preesforzados, se permite diseñar las secciones localizadas a una distancia menor a  $d$  medida desde la cara del apoyo para el  $V_u$  calculado a la distancia  $d$ . (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

Dónde:	
$V_u$	Fuerza cortante mayorada en la sección considerada
$d$	Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción (mm).

Fuente: (NEC-2014).

El cálculo de las resistencias al cortante proporcionado por el hormigón en elementos no preesforzados y por el refuerzo de cortante se hará conforme a lo estipulado en las secciones del capítulo 11 del ACI 318. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

- **Elementos de pórtico**
  - **Resistencia a cortante de elementos en flexión**

La resistencia a cortante última de elementos en flexión con ductilidad local óptima no debe ser menor que:

- La requerida por el análisis de la estructura
- La correspondiente a un elemento con rótulas plásticas en sus extremos que produce una condición de doble curvatura, calculada de la siguiente manera:

$$\phi_s V_N \geq \frac{M_i^o + M_j^o}{L - d} + V_{ug} \quad (2.14)$$

Dónde:	
$M_i, M_j$	Capacidades en momento multiplicadas por el factor de sobre-resistencia, en los extremos del elemento, calculadas de manera que produzcan doble curvatura, para las dos direcciones de carga.
$L$	Longitud entre caras del elemento en flexión.
$d$	Altura efectiva del elemento.
$V_{ug}$	Cortante a una distancia $d/2$ correspondiente a la carga muerta sin mayorar que actúa sobre el elemento.
$V_n$	Resistencia nominal al cortante calculada mediante
$V_n = V_c + V_s$	

Fuente: (NEC-2014).

En edificios donde la losa de entrepiso se funde monolíticamente con las vigas, y más aún en edificios con vigas banda, el análisis de la capacidad a flexión de las vigas deberá considerar el refuerzo de la franja de losa que aporta resistencia a la viga. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

El valor del factor de sobre-resistencia de una rótula plástica  $\phi$  se calcula según 4.3.2b. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

Además se consideran propiedades máximas esperadas en los materiales de la sección 0 incluyendo el endurecimiento post-fluencia del acero de refuerzo. La capacidad máxima de momento puede estimarse mediante un análisis momento-curvatura. Alternativamente, se obtendrá de un análisis simplificado de la sección, aplicando un factor de 1.25, para incorporar el endurecimiento post-fluencia del acero. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

- **Resistencia a cortante de elementos en flexo-compresión**

La resistencia a cortante última de elementos en flexo-compresión debe ser mayor o igual que la requerida por el análisis de la estructura  $V_e$ , multiplicada por el factor de sobre resistencia de las vigas que llegan al nudo. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

Sin embargo, no necesita ser mayor que la correspondiente a un elemento con rótulas plásticas en sus extremos que produce una condición de doble curvatura, como se muestra en la ecuación siguiente:

$$\phi_s V_N \geq \phi^o V_E + 0.1 \mu V_{E,base} \leq \frac{M_t^o + M_b^o}{H_c} \quad (2.15)$$

**Dónde:**

**H** Altura libre de la columna y los demás términos fueron definidos anteriormente.

**M<sub>b</sub>** Momento mayorado en la dirección de la luz larga utilizado en el diseño de losas en dos direcciones según C.13.9. N•mm,

**V<sub>N</sub>** Resistencia nominal en cortante (N)

**V<sub>E</sub>** Resistencia probable a momento del elemento (N)

**M<sub>t</sub>** Sin definición

**μ** Coeficiente de ductilidad

Fuente: (NEC-2014).

- **Refuerzo transversal**

Para el cálculo del refuerzo transversal de elementos en flexión o flexo-compresión en los cuales la resistencia cortante calculada conforme a las ecuaciones precedentes represente más del 50% del cortante total de diseño (calculado a partir de todas las combinaciones de carga (véase en la sección 3.4 de la NEC-SE-CG, no se debe considerar ningún aporte del hormigón a la resistencia a cortante, a menos que la carga axial sea superior a 0.05 Agf'c en la combinación de cargas que controla el diseño. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

- **Refuerzo para resistir el cortante**

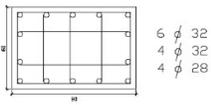
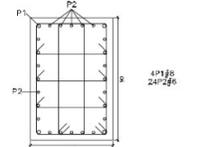
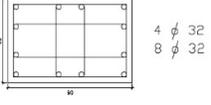
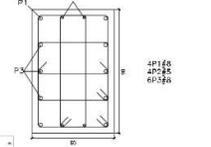
El refuerzo para resistir el cortante debe cumplir con las características señaladas en el Capítulo 21 del código ACI 318. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

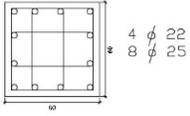
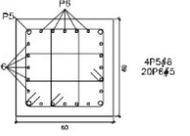
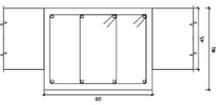
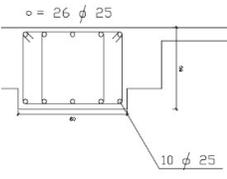
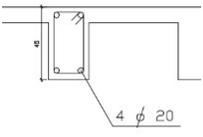
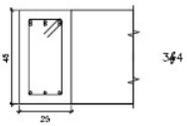
### 2.4.3 Comparación de los elementos calculados vs los elementos originales

Como se puede observar en el cuadro expuesto a continuación (en el cual se realizó una comparación entre los elementos estructurales originales que conforman el Edificio, y los elementos estructurales calculados según las nuevas solicitaciones de carga y las normas vigentes en el Ecuador); los elementos estructurales originales tanto vigas

como columnas, cumplen con la capacidad resistente a flexión, flexo-compresión; sin embargo no cumplen con la capacidad resistente a cortante, ya que el espaciamiento del acero transversal no es el apropiado.

Tabla 2.16: Análisis de los elementos estructurales construidos vs. calculados.

SECCIÓN	DESCRIPCIÓN	ACERO LONGITUDINAL	ACERO TRANSVERSAL
	Columna existente (1)	$a = 10770 \text{ mm}^2$	Estribos de 10mm cada 10 cm
	Columna calculada (1)	$a = 8856 \text{ mm}^2$	Estribos de 10 mm cada 8 cm
	Columna existente (2)	$a = 9828 \text{ mm}^2$	Estribos de 10 mm cada 10 cm
	Columna calculada (2)	$a = 5896 \text{ mm}^2$	Estribos de 10 mm cada 8 cm

	<p>Columna existente (3)</p>	<p><math>a = 5682 \text{ mm}^2</math></p>	<p>Estribos de 10 mm cada 10 cm</p>
	<p>Columna calculada (3)</p>	<p><math>a = 5528 \text{ mm}^2</math></p>	<p>Estribos de 10 mm cada 8 cm</p>
	<p>Viga existente (4)</p>	<p><math>a = 4096 \text{ mm}^2</math></p>	<p>Estribos de 10 mm cada 10 cm</p>
	<p>Viga calculada (4)</p>	<p><math>a = 4080 \text{ mm}^2</math></p>	<p>Estribos de 10 mm cada 6 cm</p>
	<p>Viga existente (5)</p>	<p><math>a = 1136 \text{ mm}^2</math></p>	<p>Estribos de 10 mm cada 10 cm</p>
	<p>Viga calculada (5)</p>	<p><math>a = 774 \text{ mm}^2</math></p>	<p>Estribos de 10 mm cada 6 cm</p>

## **2.5 Diseño de modificaciones y reforzamientos**

Según el análisis realizado en base a la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2014, la edificación cumple con la capacidad resistente a flexión; sin embargo no cumple con la capacidad resistente a cortante.

Los diafragmas, muros y macizados exhiben un nivel de resistencia alto, en general su capacidad de trabajo excede los altos requerimientos de carga.

Por lo tanto se tomó como criterio, que se debe reforzar los elementos estructurales originales, para que este refuerzo absorba el excedente no soportado.

### **2.5.1 Procedimientos alternativos de reforzamiento estructural**

Para solventar la falta de capacidad resistente a cortante de los elementos estructurales, se tomó en cuenta las siguientes alternativas técnicas:

- **Alternativa uno**

Reforzamiento mediante aplicación de fibras de carbono sobre base epóxica.

#### **El proceso para realizar esta alternativa seria:**

- Remoción de los elementos arquitectónicos aledaños
- Remoción mediante procedimientos mecánicos de los recubrimientos arquitectónicos y enlucidos de los elementos a reforzar
- Colocación de la resina epoxi, en las capas correspondientes
- Colocación del tejido a base de fibra de carbono sobre la resina epoxi
- Colocación de algún recubrimiento resistente al fuego, para la protección

del epóxico

- Debido a las superficies no uniformes de los epóxicos se deberá colocar algún recubrimiento adicional, sea tipo enlucido o elementos arquitectónicos para perder la superficie gomosa de los epóxicos.

**Las desventajas evidentes de este procedimiento son:**

- Los epóxicos químicos son altamente sensibles al fuego y generan en el caso de presentarse incendio, gases altamente tóxicos
- El uso de elementos costosos adicionales como los preservantes al fuego
- Enlucido adicional para afinar la geometría de los elementos o uso de recubrimientos arquitectónicos adicionales.

Fuente: (Refuerzo estructural con fibras de carbono (Sika)).

- **Alternativa dos**

Reforzamiento mediante fibras de alto rendimiento de poliparafenil benzobisoxazol PBO, y una matriz inorgánica estabilizada de alta resistencia al fuego; la cantidad de material no excede los 6 mm por capa, y solo necesita la limpieza de la superficie a aplicar.

**El proceso para realizar esta alternativa seria:**

- Remoción de los elementos arquitectónicos aledaños
- Limpieza de la superficie de los elementos a tratar, no necesita pegas epóxicas
- Aplicación de 3 mm del cementicio de base, mediante paleta o liana
- Colocación de la malla Ruredil, con otra capa de 3 mm del cementicio de base

- Afinado mediante el mismo cementicio tipo enlucido.

**Las ventajas son:**

- Es menos invasiva en lo que se refiere al impacto mecánico, uso de epóxicos sensibles al fuego y uso de recubrimientos posteriores
- Es de fácil aplicación por el personal de obra normal
- Es absolutamente neutro con el tiempo, tal como lo son los elementos de hormigón y/o enlucidos
- No requiere grandes espesores por lo que no afecta en gran medida a las medidas arquitectónicas finales
- No requiere de intervención interna en los elementos estructurales,
- Es de bajo impacto, sin embargo es costoso.

Fuente: (Sistemas de refuerzo estructural (Ruredil)).

## **2.6 Presupuesto general**

El presupuesto general referente al reforzamiento de la estructura se lo puede encontrar en el anexo 5.

## CAPÍTULO III

### ANÁLISIS HIDRÁULICO – SANITARIO

#### 3.1 Inspección visual de las redes existentes (análisis y evaluación)

##### 3.1.1 Red de aguas lluvias

Los constructores del edificio han manejado las pendientes apropiadas en la losa de cubierta para la colección de las aguas lluvias por medio de los sumideros, los cuales están protegidos por canastillas metálicas que atrapan la basura, y evitan la acumulación de granizo.

El manejo de aguas lluvias es muy particular, pues el diseñador original planteó el uso de bajantes independientes, las salidas de los sumideros se conectan a los bajantes únicamente con codos sin existir sifones; aun así la terraza no presenta problemas de malos olores por la independencia en el sistema de alcantarillado y el sistema pluvial.

Actualmente existen filtraciones de agua por el perímetro del tubo de los sumideros lo que registra un mal sellado de las perforaciones a nivel de las losas de cubierta; así como también presenta filtraciones pequeñas en la red general sin brindar seguridad futura al edificio.

Ya que existe un número elevado de tuberías sin codificación ni orden dentro de los ductos diseñados originalmente, se tomará en cuenta la minoración, codificación y orden de las mismas para que garanticen un excelente funcionamiento del sistema.

Según el análisis realizado el porcentaje total de la red a recuperar es cero.

### **3.1.2 Red de aguas servidas**

Toda la red sanitaria se encuentra operativa; no hay presencia de malos olores ni filtraciones en la misma, lo que habla bien de su diseño y construcción.

Para efectos de un rediseño arquitectónico y un rediseño del sistema sanitario, todo el proyecto requerirá ser evaluado estructuralmente, respetándose las perforaciones originales en los elementos estructurales, los mismos que fueron diseñados bajo estas condiciones.

### **Proyección de redes sanitarias**

La descarga del sistema sanitario va dirigida hacia la calle Larga, para lo cual existe un sistema de pozos de revisión en la parte frontal del edificio, el diseño final determinará si los diámetros y conexiones existentes son capaces de soportar la carga de unidades sanitarias que los arquitectos consideran en la nueva redistribución arquitectónica.

### **Inventario de sistemas de aguas servidas**

Las redes existentes muestran el empleo de tuberías de PVC sanitario INEN 1373; en ciertos tramos se observa pendientes inapropiadas, se carece de un sistema ordenado, no se respetan ejes, no hay señalética conforme a normas y no es correcto hacer uso de ductos eléctricos para compartirlos con sistemas sanitarios.

También se puede observar que las redes de aguas servidas han sido intervenidas en

diferentes tramos por pequeñas fugas que se ha presentado en las mismas notándose remiendos y, el empleo de tuberías de diferentes especificaciones técnicas.

A nivel de subsuelos existen canales de recolección de aguas para procesos de lavado de autos; el uso de rejillas es exagerado, generando un problema a la seguridad de las personas que circulan.

Según el análisis realizado el porcentaje total de la red a recuperar es cero.

### **Piezas sanitarias**

Como parte de la red de aguas servidas se hace un análisis sobre el valor de las piezas sanitarias que se encuentran en el edificio.

Se encontraron inodoros de tanque, lavamanos, urinarios y fregaderos en diferentes estados de conservación, algunos modelos ya no se encuentran en el mercado por lo que no se podrá conseguir repuestos para los mismos, no es conveniente su reutilización pues es muy difícil que una empresa pueda avalar su uso, y dar garantía de que al ser reinstalados no presentarán problemas.

Desde un punto de vista técnico todas las piezas sanitarias deberán ser retiradas y reemplazadas por unidades de baja descarga o de flujo cero en algunos casos.

Según el análisis realizado el porcentaje total de piezas sanitarias a recuperar es cero.

### **Jardineras**

Las jardineras existentes no tienen ningún tipo de descarga de agua a la red sanitaria ni a la red de aguas lluvias.

### **Fuentes de agua**

No es parte del alcance del proyecto pues se considera que la fuente actual ubicada a un costado del edificio, es propiedad del departamento de Cultura y no tiene relación con el edificio en estudio.

### **3.1.3 Red de agua potable**

Para el abastecimiento de agua de todo el conjunto de bloques que conforman el Banco Central, se dispone de una acometida principal de 63 mm mediante un macro medidor de 2"; esta acometida se deriva de una matriz ubicada en la Calle Larga con un diámetro de 160 mm en PVC.

### **Abastecimiento actual del edificio**

El sistema de abastecimiento de agua parte de la acometida de 2", dirigido hacia una cisterna ubicada en el primer subsuelo, desde allí se abastecen todos los edificios mediante ramales principales que se derivan a cada uno de los bloques.

El sistema actual comparte un solo cuarto entre las bombas de abastecimiento de agua potable, y el sistema de alimentación eléctrica del edificio.

Es necesaria la reubicación de la cisterna, debido a que se pretende independizar los sistemas sanitarios y eléctricos para cada bloque existente, de igual manera por el peligro que representa, en caso de que se genere una fuga en el sistema de abastecimiento de agua estando en contacto directo con el sistema eléctrico.

### **3.1.4 Red contra incendios**

El diseño de este sistema se lo realizó con las normativas vigentes en el año de construcción del edificio, por lo que es necesario una evaluación del mismo.

El sistema contra incendios es único para todos los edificios que comprendían el conjunto del Banco Central del Ecuador.

El sistema de bombeo de la red contra incendios, se ha manipulado para que funcione paralelamente al sistema de bombeo de agua potable, el arreglo es inapropiado y no puede hacerse, debido a que una red contra incendios presenta agua estancada que eventualmente puede contaminar la red de agua potable.

Los gabinetes pertenecientes a la red contra incendios no cumplen ninguna normativa local, el vidrio se encuentra totalmente pegado al marco metálico, existe una cerradura sin llave triangular, la altura de ubicación de la válvula angular debe ser revisada y las mangueras han cumplido su vida útil.

Las tuberías de la red de incendios son de hierro galvanizado presentando señales de corrosión, su cambio es obligatorio.

Valor a recuperar cero.

### **Cisterna para incendios**

Como se indicó anteriormente, el diseño del nuevo edificio deberá considerar una nueva cisterna con una capacidad no menor a 130 metros cúbicos como indica la normativa vigente, considerando la autonomía de una hora de operación de la red contra incendios exigida por el reglamento del Cuerpo de Bomberos.

Según el análisis realizado el porcentaje total a recuperar es cero.

## **3.2 Metodología**

### **3.2.1 Planos arquitectónicos**

Los planos arquitectónicos se los puede encontrar en el anexo 1.

### **3.2.2 Levantamiento de las redes existentes.**

El levantamiento de las redes existentes se lo puede encontrar en el anexo 6.

## **3.3 Diseño de redes hidráulico-sanitarias**

### **3.3.1 Diseño de red de agua potable**

#### **Abastecimiento**

En primer lugar como se pretende independizar los sistemas para cada bloque como es el caso del bloque a remodelar, es necesaria la reubicación arquitectónica de la cisterna, la cual necesitará una acometida propia facilitando las tareas de mantenimiento y registro de consumos del edificio.

El abastecimiento de agua a las distintas unidades sanitarias ubicadas dentro del edificio se realizará por medio de tuberías de PVC, las mismas que serán ubicadas de manera conveniente con el fin de garantizar caudales y presiones adecuadas.

Debido al tamaño de la edificación se requiere un sistema hidroneumático, para la dotación de agua a las diferentes unidades sanitarias, garantizando así mantener las presiones de funcionamiento adecuadas principalmente de los fluxómetros.

### **Presiones de servicio**

Para el cálculo de la red de abastecimiento de agua nos hemos impuesto como datos de entrada las presiones mínimas y máximas, para así garantizar el correcto funcionamiento de los aparatos sanitarios, siendo los valores en cada punto los siguientes:

- Presión estática máxima: 4 Kg./cm<sup>2</sup>
- Presión dinámica mínima: 0.5 Kg./cm<sup>2</sup>.

### **Accesorios / válvulas**

Los accesorios usados para el diseño incluyen codos, “T”, uniones, los mismos que se encuentran especificados en los planos adjuntos al presente documento.

Las válvulas que se han usado son de compuerta para aislar ciertas partes de la red, y check para control de la dirección del flujo.

Cada aparato hidráulico debe ser instalado con su respectiva llave de corte, con el fin

de facilitar las labores de mantenimiento.

Las columnas de agua se recomiendan que tengan válvulas check en cada una de las columnas, y en cada una de las plantas para evitar un vaciado completo de las mismas en caso de suspensión de servicio.

### Caudales de diseño

Los caudales para diseño son los siguientes:

Tabla 3.1: Caudales de diseño.

PUNTO DE UTILIZACIÓN	CAUDAL	PESO
Bebedero	0.05	0.1
Tina de Baño	0.30	1.0
Bidé	0.10	0.10
Inodoro	0.10	0.30
Ducha	0.20	0.50
Lavadora de ropa o platos	0.20	1.00
Lavatorio	0.10	0.50
Pila de cocina	0.25	0.70
Tanque de lavar ropa	0.30	1.00
Sanitario (Valv.desc.)	1.90	4.00
Urinario (desc. cont)	0.075	0.20
Urinario (con cisterna)	0.10	0.30
Fregadero de restaurante	0.30	1.00
Lavadora automática	0.20	1.00
Grifo aislado	0.15	1.00
Grifo de garaje	0.30	1.00
<b>CALENTADORES AUTOMAT. DE GAS</b>		
7500 Kcal/H	0.10	0.15
12000 Kcal/H	0.15	0.50
15000 Kcal/H	0.17	0.50
21200 Kcal/H	0.25	0.70

22800 Kcal/H	0.30	1.00
24000 Kcal/H	0.30	1.00

#### CALENTADOR ELÉCTRICO DE AGUA

---

50 lt	0.15	0.50
100 lt	0.25	0.70

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

#### Caudal de la acometida domiciliaria

Para el cálculo del caudal mínimo de la acometida domiciliaria por ser un sistema de distribución indirecta, el cual debe ser suficiente para abastecer al consumo diario del edificio, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{\min} = \frac{C_d}{86400} \quad (3.1)$$

$$Q_{\min} = \frac{40180}{86400} = 0,465 \text{ l/s}$$

En donde:

$C_d$  = Consumo diario Litros

$Q_{\min}$  = Caudal mínimo L/s.

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

#### Caudal de dimensionamiento del distribuidor y columnas de distribución

Para el cálculo del caudal de dimensionamiento del distribuidor y columnas de distribución se aplicará la siguiente fórmula:

$$\text{Caudal máximo probable} = Q_{mp} = C\sqrt{\Sigma P} \quad (3.2)$$

En donde:

Q = Caudal en l/s.

C = Coeficiente de descarga = 0.25 l/s.

$\Sigma P$  = Suma de los pesos correspondientes a todas las piezas de utilización alimentadas a través del tramo considerado.

$$\text{Caudal máximo probable} = Q_{mp} = C\sqrt{\Sigma P}$$

$$\text{Caudal máximo probable} = Q_{mp} = 3.65 \text{ l/s}$$

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

## **Cálculo de la red de distribución de agua**

### **Velocidades**

Las velocidades máximas en las tuberías no deben pasar el valor dado por la fórmula:

$$V = 14 \sqrt{D} \quad (3.3)$$

En donde:

V= velocidad en m/s

D= diámetro nominal en metros.

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

En todo caso este valor no superará los 2.5 m/s.

### **Pérdida de carga**

Para el dimensionamiento se tomarán en cuenta tanto los valores de pérdida de carga

en los tramos de tuberías, y la pérdida de carga localizada por accesorios.

$$\text{Flamant: } \frac{d*j}{4} = b * \sqrt[4]{\frac{v^7}{d}} \quad (3.4)$$

En donde:

b= 0.00023 para tubería de acero o hierro fundido

b= 0.000185 para los mismos tubos pero nuevos

Q= caudal en l/s.

d= diámetro en mm

v= velocidad en m/s.

j = pérdida de carga en m/m

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

### **Fair-whipple-hsiao**

#### **Para tubería de pequeño diámetro**

##### **Tubería de cobre o latón (agua fría)**

$$Q = 55,934 * d^{2,714} * j^{0,571} \quad (3.5)$$

$$j = 0,000869 * (Q^{1,75} / d^{4,75}) \quad (3.6)$$

##### **Tubería de cobre o latón (agua caliente)**

$$Q = 63,281 * d^{2,714} * j^{0,571} \quad (3.7)$$

En donde:

Q = caudal en m<sup>3</sup>/s

d = diámetro en m

j = pérdida de carga en m/m

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

## Diámetros

El diseño se basará en la tabla expuesta a continuación la cual contiene los diámetros mínimos de los ramales y sub ramales.

Tabla 3.2: Diámetros mínimos de ramales y sub ramales.

PUNTO DE UTILIZACIÓN	DIÁMETRO NOMINAL	
	(mm)	(pulg)
Baño (tinajas)	15	1/2
Bebederos	15	1/2
Bidé	15	1/2
Sanitario con caja de descarga	15	1/2
Sanitario con válvula descarga	32 *	1 1/4
Ducha	15	1/2
Lavatorio	15	1/2
Lavadora de ropa o de platos	20	3/4
Tanque de lavado de ropa	20	3/4
Urinario auto aspirante	25	1
Urinario no aspirante	15	1/2
Tanque de cocina	15	1/2
Calefón eléctrico	20	3/4

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

Una vez obtenidos los datos de partida, se procede al cálculo de la red.

## Derivaciones a cuartos húmedos y ramales de enlace

Las distribuciones se las realizará desde arriba hacia abajo, es decir desde la parte alta de la cubierta hacia los aparatos, facilitando el mantenimiento así como la reparación o expansión de la red.

### **3.3.1.1 Memoria de cálculo**

La memoria de cálculo referente al nuevo diseño de la red de agua potable se la puede encontrar en el anexo 7.

### **3.3.1.2 Planos**

Los planos referentes al nuevo diseño de la red de agua potable se los puede encontrar en el anexo 8.

### **3.3.2. Diseño de red contra incendios**

Se diseñará un sistema independiente al sistema de abastecimiento de agua general; para este sistema se preverá de accesorios para conexión y abastecimiento exterior el cual debe ser permanente.

#### **Riesgo de incendio:**

El edificio según su naturaleza de ocupación se lo ha clasificado como:

1.- Oficinas de servicios públicos

Considerando su nivel de riesgo de incendio como:

a.- Pequeño

El riesgo se considera pequeño por el tipo de construcción que se pretende realizar.

#### **Sistemas de funcionamiento sobre comando**

El sistema se proyectará de manera para que el chorro de agua alcance todos los puntos a ser protegidos en extensión y altura.

Tabla 3.3: Valores de P (l/min) según ocupación de riesgo.

Grupo de Ocupación Riesgo	Valores de P (l/min)				
	1	2	3	4	5
a	120	120	360	250	*
b	180	250	500	500	*
c	250	500	900	900	*

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

El caudal fijado es de 120 litros por minuto.

La presión residual en las tuberías no será inferior a las indicadas en la tabla:

Tabla 3.4: Valores de presión residual.

Caudal (l/min)	120	180	250	360	500	900
Presión mínima (kg/cm <sup>2</sup> )	1.25	1.20	2.30	2.50	2.70	5.00
Diámetro del pitón	1/2	5/8	5/8	3/4	7/8	1

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

El tipo de tubería debe ser de cuando menos 63mm (2 ½ pulgadas) de HG y la presión residual mínima de 1.25 kg/cm<sup>2</sup> (12.5 metros de agua).

Las mangueras serán de dos tipos:

1. Diámetro nominal 38 mm ( 1 1/2").
2. Diámetro nominal 63 mm ( 2 1/2").

Las mismas que serán utilizadas de acuerdo con el siguiente cuadro:

Tabla 3.5: Diámetros nominales.

Diámetro nominal	Grupo de ocupación y riesgo
38 ( 1 1/2")	1a - 1b - 1c - 2a - 2b - 4a
63 ( 2 1/2")	2c - 3a - 3b - 3c - 4b - 4c

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

Es necesario la instalación de cabinas de incendios en cada área requerida, con una manguera a instalar en cada cabina de incendio de 1 ½ pulgadas.

Las longitudes máximas de las mangueras serán adaptadas a los hidrantes y obedecerán a la siguiente tabla:

Tabla 3.6: Longitudes máximas de mangueras.

Longitud (m)	Diámetro nominal	
	38	63
30	1a - 2a - 4a	3a - 4b
20	1b - 1c - 2b	2c - 3b - 3c - 4c

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

Los gabinetes estarán equipados con mangueras de 15 metros.

Tabla 3.7: Longitudes de alcance de chorro.

## LONGITUD DE ALCANCE DEL CHORRO (m)

Diámetro pitón P (Kg/cm <sup>2</sup> )	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/4
1.00	8	8	8	8.5	9	9
1.50	10	10.5	11	11	11.5	12
2.00	11.5	11.5	12.5	13	14	14.5
2.50	12	13.5	14.5	15	16	18
3.00	13	14	15	16	17	19

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

### 3.3.2.1 Memoria de cálculo

La memoria de cálculo referente al nuevo diseño de la red contra incendios se la puede encontrar en el anexo 9.

### 3.3.2.2 Planos

Los planos referentes al nuevo diseño de la red contra incendios se los puede encontrar en el anexo 10.

### 3.3.3. Diseño de red sanitaria y pluvial

#### Sistema de aguas servidas y descarga hacia la matriz

Como parámetros de diseño se ha considerado que las velocidades deben estar en el rango de 0.6 m/s a 5 m/s.

La descarga del alcantarillado de las diferentes áreas se hará con tubería de PVC de

diámetro 160 mm., hasta los pozos de revisión ubicados para cada una de las descargas de los diferentes bloques, y desde allí hasta el sistema urbano de recolección de aguas. Se ha optado por este material con el propósito de reducir la fricción en la tubería debido a la baja pendiente de esta.

Todo el sistema de recolección de aguas servidas y aguas lluvias funciona a gravedad con tuberías de PVC de diámetros 50, 75, 110 o 160 mm.

El sistema de alcantarillado de recolección de aguas servidas será de 250 mm PVC.

La descarga se hará con tubería de PVC de diámetro 200 mm. Para lo que es descargas sanitarias y pluviales, se plantea una serie de ramales internos los cuales recolectan las aguas domésticas y las aguas lluvias.

Para la estimación de las descargas se tomó de referente los valores de la siguiente tabla:

Tabla 3.8: Estimaciones de descargas.

APARATO	NUMERO DE UNIDADES DE DESCARGA	DIAMETRO MINIMO DEL RAMAL DESC.
Baño residencial	3	1 1/2
Baño de uso general	4	1 1/2
Bebedero	0.5	1
Bidé	2	1 1/2
Ducha residencial	2	1 1/2
Ducha de uso general	4	1 1/2
Lavatorio residencial	1	1 1/2
Lavatorio de uso general	2	1 1/2
Urinarios con válvula	4	2

Urinaros con descarga automática	2	1 1/2
Urinaros de caja	2	2
Tanque de cocina	3	1 1/2
Tanque de cocinas grandes	6	2
Tanque de desechos	3	2
Tanque de lavado	2	1 1/2
Inodoro	6	4

---

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

### Ramales de descarga

Los ramales de descarga tendrán como pendiente mínima 2% y se adoptan como diámetro mínimos los indicados en la tabla.

### Ventilación

Se diseñará todas las instalaciones internas con por lo menos un tubo de ventilación con un diámetro no inferior a 75mm., y será la prolongación de una de las bajantes hasta llegar al techo del edificio.

### Diámetro de columnas de descarga

Para los diámetros mínimos de las columnas de descarga se tomó como referencia la siguiente tabla:

Tabla 3.9: Diámetros de columnas de descarga.

---

Número de unidades de descarga	Diámetro mínimo pulg.
1	1 1/2
4	1 1/2
7	2

---

13	2 1/2
24	3
192	4
432	5
742	6

---

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

### Sistema de aguas lluvias y descarga hacia la matriz

Para determinar los diámetros de tubería de descarga de aguas lluvias, se ha realizado un cálculo de la intensidad de lluvia y el caudal admisible dentro de las tuberías, para abastecer al proyecto.

Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

Radio Hidráulico

$$R = \frac{D}{4 * N} (m) \quad (3.8)$$

Velocidad mediante Maninig

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}} \left( \frac{m}{s} \right) \quad (3.9)$$

Área mojada de la tubería

$$Aa = \frac{\pi * D^2}{4 * N} (m^2) \quad (3.10)$$

Caudal de la Tubería

$$Q = A_a * V * 1000 \left( \frac{l}{s} \right) \quad (3.11)$$

Área de aportación del Bajante

$$A_A = \frac{Q}{Q_{LL}} (m^2) \quad (3.12)$$

En donde:

- R= Radio Hidráulico (m)
- D= Diámetro (m)
- N= Factor de vorticidad = 4
- V= Velocidad (m/s)
- n= Coeficiente de rugosidad (Manning)
- J= Pendiente
- A= Área del tubo con agua en (m<sup>2</sup>)
- Q= Caudal en tubería (l/s)
- A<sub>A</sub>= Área de aporte de tuberías (m<sup>2</sup>)

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

La ecuación de intensidad de lluvias utilizada es:

$$I = \frac{48.675 * T^{0.0896}}{tc^{1.9654}} * (\ln(tc + 3))^{5.234} * (\ln T)^{0.2138} \quad (3.13)$$

El Caudal de aguas lluvias es:

$$Q_{LL} = \frac{I}{3600} \quad (3.14)$$

- I= Intensidad de lluvias (mm/hora)
- T= Periodo de retorno en años
- tc= tiempo de concentración en minutos
- Q<sub>LL</sub>= Caudal de aguas lluvias l/s/m<sup>2</sup>

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

De este punto determinamos la capacidad admisible en área para cada uno de los bajantes en función de su diámetro. Se respetaran los puntos en los cuales se hayan instalado las bajantes, para no generar nuevas perforaciones en losas y no variar las pendientes dadas de las losas de cubiertas.

### Parámetros para determinar los diámetros de aguas lluvias

Período de retorno ( T ) = 5 años

Tiempo de concentración ( t ) = 5 minutos.

Se ha escogido un período de retorno de 5 años, esto significa que una lluvia con estas características de intensidad es posible que se repita una vez cada 5 años. Se ha escogido como tiempo de concentración de 5 minutos, porque es un tiempo real y necesario para cubrir con las áreas de cubiertas.

Tabla 3.10: Diámetros de tubería para aguas lluvia.

PERIODO DE RETORNO (T)					5 años	
TIEMPO DE CONCENTRACION (t)					5 minutos	
INTENSIDAD DE LLUVIA (I)					121.48 mm/hora	
CAUDAL DE LA LLUVIA (QLL)					0.034 L/s/m <sup>2</sup>	
DIAM mm	R m	Vv m/s	Av m2	Qv L/s	QLL l/s/m <sup>2</sup>	ACV m <sup>2</sup>
50	0.003	1.425	0.000491	0.699	0.034	20.729
75	0.005	1.867	0.001104	2.062	0.034	61.117
110	0.007	2.410	0.002376	5.727	0.034	169.711
160	0.010	3.094	0.005027	15.554	0.034	460.946
200	0.013	3.591	0.007854	28.201	0.034	835.750
250	0.016	4.167	0.012272	51.133	0.034	1515.316
315	0.020	4.861	0.019483	94.701	0.034	2806.454

### 3.3.3.1 Memoria de cálculo

La memoria de cálculo referente al nuevo diseño de la red de aguas lluvias se la puede encontrar en el anexo 11.

### 3.3.3.2 Planos

Los planos referentes al nuevo diseño de la red de aguas lluvias se los puede encontrar en el anexo 12.

## 3.4 Diseño de cisternas-cuarto de bombas

### Caudales para el dimensionamiento de los reservorios

La reserva será dimensionada para atender a la población total del edificio de acuerdo con las siguientes dotaciones:

Tabla 3.11: Caudales para el dimensionamiento de reservorios.

LOCAL	CONSUMO Lt /PERCAPITA
Alojamiento provisional	80
Casas rurales	120
Residencias	150
Apartamentos	200
Hotel (sin cocina y sin lavandería)	120 (por huésped)
Hospitales	250 (por cama)
Escuelas (internados)	150
Escuelas (externatos)	50
Cuarteles	150
Edificios públicos o comerciales	50
<b>Oficinas</b>	<b>50 → Equivalente a 6 lt/día/m<sup>2</sup></b>
Cines - teatros	2 (por silla)
Templos	2 (por silla)
Restaurante y similares	25 (por silla)

Garajes	50 (por automóvil)
Lavanderías	30 (por Kg. ropa seca)
Mercados	5 (por m <sup>2</sup> de área)
Mataderos (animales grandes)	300 (por cabeza)
Mataderos (animales pequeños)	150 (por cabeza)
Fabricas (uso personal)	70 (por operario)
Puestos de servicio	150 (por vehículo)
Caballerizas	100 (por caballo)
Jardines	1 (por m <sup>2</sup> de área)

-----  
Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

Para el cálculo de la población y dimensionamiento del número mínimo de aparatos sanitarios, se utilizara el siguiente cuadro:

Tabla 3.12: Población y dimensionamiento del número mínimo de aparatos sanitarios.

LOCAL	TASA DE OCUPACIÓN
Bancos	1 persona/5 m <sup>2</sup> de área
Oficinas	1 persona/5 m <sup>2</sup> de área
Museos - bibliotecas	1 persona/ 5.5 m <sup>2</sup> de área
Salas de hoteles	1 persona/5.5 m <sup>2</sup> de área
Restaurantes	1 persona / 1.4 m <sup>2</sup> de área
Quirófanos	8 personas
Teatros - cines	1 persona / 0.70 m <sup>2</sup> de área
Edificios públicos (planta baja)	1 persona / 2.50 m <sup>2</sup> de área
Edificios públicos (plantas altas)	1 persona / 5 m <sup>2</sup> de área

-----  
Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

Tabla 3.13: Cálculo de volumen de cisterna.

CALCULO DEL VOLUMEN DE LA CISTERNA
------------------------------------

DOTACIÓN DIARIA
-----------------

Descripción	Área	Dotación	Subtotal
Uso para oficinas	4530	6	27180

Volumen de reserva para consumo corriente (m3)	27,18
--	-------

DOTACIÓN CONTRA INCENDIO
--------------------------

Ocupación del edificio	Oficinas publicas	120
Riesgo de incendio	Pequeño	
Tiempo mínimo requerido (min)		40
Número de puntos trabajando simultáneamente		2
Volumen de reserva para incendio (lt)		9600
Volumen de reserva asumido para incendio (m3)		13

Volumen total de cisterna	40,18
---------------------------	-------

Largo	4,5	m
Ancho	4,5	m
Profundidad	2,2	m

El exceso en la dimensión es con el fin de permitir un volumen extra en el caso de que la válvula de flotador falle, además garantizar la mejor conservación de las propiedades del agua potable al permitir una cámara de aire dentro de la cisterna.

### Caudal para el dimensionamiento del hidroneumático

$$Q \text{ para el dimensionamiento de hidroneumatico} = Q_{mp} = 0.61 \text{ l/s} \quad (3.15)$$

El sistema deberá operar como máximo seis (6) veces por hora.

### Hidroneumático

Se hace indispensable la instalación de un sistema hidroneumático para la reducción del golpe de ariete que va anexo al sistema.

El volumen del reservorio hidroneumático se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$Vt = 30 * \frac{Q(Pm+1)}{N(Pm-Pn)} \quad (\text{Con compresor de aire}) \quad (3.16)$$

$$Vt = 30 * \frac{(0.61*60)(3.23+1)}{6(3.23-2.3)}$$

$$Vt = 832.35 \text{ l}$$

En donde:

Vt = Volumen del reservorio hidroneumático en litros

Q = Caudal de diseño en l/min.

Pm = Presión máxima de desconexión en atmósferas

Pn = Presión de arranque en atmósferas

N = Número de arranques de la bomba por Hora. Se recomienda máximo diez (10).

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

Para el cálculo del Volumen útil se empleará:

$$Vu = \frac{0,8 Vt(Pm-Pn)}{(Pm+1)} \quad (3.17)$$

$$Vu = \frac{0,8 * 832.35 * (3.23 - 2.3)}{(3.23 + 1)}$$

$$Vu = 146.4 \text{ litros}$$

$$Vu = 146.4 / 3.785 = 38.67 \text{ galones}$$

En donde:

Vu = Volumen útil en litros

Vt = Volumen total en litros

Pm = Presión máxima de desconexión en atmósferas

Pn = Presión de arranque en Atmósferas

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

**Para el volumen de seguridad se considerará:**

$$Vr = 0.2 Vt \tag{3.18}$$

$$Vr = 166.47$$

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

**Para el volumen de aire se considerará:**

$$Vm = Vt - (Vu + Vr) \tag{3.19}$$

$$Vm = 832.35 - (146.4 + 166.47)$$

$$Vm = 519.48 \text{ Litros}$$

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

Este equipo requiere un sistema de dos tanques hidroneumáticos de 20 gls., el cual colabora en la reducción del golpe de ariete producido por el arranque de la bomba.

### **Caudal de dimensionamiento de estaciones de bombeo del sistema de agua potable**

El caudal de dimensionamiento de la estación de bombeo será constante,

El caudal horario mínimo debe ser igual al 15% del consumo diario.

$$Q = 0.15 * 27.18 m^3 = 4.07 m^3/h \quad (3.20)$$

### **Estación de bombeo del sistema de agua potable**

Para el dimensionamiento de la tubería de recarga se utilizará la siguiente fórmula:

$$D = 1,3 \sqrt[4]{X} * Q \quad (3.21)$$

$$D = 1,3 \sqrt[4]{0.41} * 0.00113$$

$$D = 43 \text{ mm}$$

$$D = 50 \text{ mm Diámetro comercial}$$

En donde:

D = Diámetro en metros.

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/s.

X = Número de horas de funcionamiento dividido para 24 horas.

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

### **La potencia de la bomba a emplear será calculada con la siguiente fórmula**

$$\text{Potencia} = \frac{G*Q*H}{75n} \quad (3.22)$$

$$\text{Potencia} = \frac{1000 * 0.00113 * 60}{75 * 0.8}$$

$$\text{Potencia} = 1.13 \text{ Cv}$$

En donde:

$G = 1000 \text{ Kgf/m}^3$

$Q = \text{Caudal m}^3/\text{s}$

$H = \text{altura m.}$

$n = \text{rendimiento del conjunto motor-bomba}$

$\text{Potencia} = Cv$

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

Para el cálculo de la potencia se consideran los siguientes rendimientos del conjunto motor-bomba:

Tabla 3.14: Rendimientos del conjunto motor-bomba.

TIPO DE BOMBA	RENDIMIENTO RECOMENDADO
Muy pequeñas	40 %
Pequeñas ( menor 2 HP)	40 % - 60 %
Medianas ( 2 HP - 5 HP)	70 % - 75 %
Grandes	80 %

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

Se recomiendan los siguientes incrementos en la potencia calculada:

Tabla 3.15: Incrementos de potencia.

POTENCIA CALCULADA	INCREMENTO
menor a 2 HP	50 %
2 HP - 5 HP	30 %
5 HP - 10 HP	20 %
10 HP - 20 HP	15 %
mayor a 20 HP	10 %

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

$$P_{sumir} = 1.13 * 1.5 = 1.695 \quad (3.23)$$

$$P_{sumir} = 2 \text{ HP}$$

### **Reservorio del sistema contra incendios**

El reservorio se diseñará para garantizar el abastecimiento de agua por cuarenta minutos trabajando con dos puntos al mismo tiempo.

El volumen mínimo recomendado es de 13 m<sup>3</sup>, el cual se respetará en el caso de que el volumen calculado sea menor.

### **Sistemas eléctricos de potencia**

La línea de alimentación eléctrica para el sistema contra incendios será independiente del sistema eléctrico general.

El caudal de dimensionamiento de la estación de bombeo será constante.

$$Q = 0.011 \text{ m}^3/\text{s}$$

### **Estación de bombeo del sistema contra incendios**

Para el dimensionamiento de la tubería de recarga se utilizará la siguiente fórmula:

$$D = 1,3 \sqrt[4]{X} * Q \quad (3.24)$$

$$D = 1,3 \sqrt[4]{0.41} * 0.011$$

$$D = 42 \text{ mm}$$

$D = 63\text{mm}$  Diámetro comercial

En donde:

$D$  = Diámetro en metros.

$Q$  = Caudal en  $\text{m}^3/\text{s}$ .

$X$  = Número de horas de funcionamiento dividido para 24 horas.

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

La potencia de la bomba a emplear será calculada con la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia} = \frac{G \cdot Q \cdot H}{75n} \quad (3.25)$$

$$\text{Potencia} = \frac{1000 * 0.011 * 60}{75 * 0.8}$$

$$\text{Potencia} = 11 \text{ Cv}$$

En donde:

$G = 1000 \text{ Kgf/m}^3$

$Q$  = Caudal  $\text{m}^3/\text{s}$

$H$  = altura m.

$n$  = rendimiento del conjunto motor-bomba

Potencia = Cv

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

Para el cálculo de la potencia se consideran los siguientes rendimientos del conjunto motor-bomba:

Tabla 3.16: Rendimiento del conjunto motor-bomba.

TIPO DE BOMBA	RENDIMIENTO RECOMENDADO
Muy pequeñas	40 %
Pequeñas ( menor 2 HP)	40 % - 60 %
Medianas ( 2 HP - 5 HP)	70 % - 75 %
Grandes	80 %

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

Se recomiendan los siguientes incrementos en la potencia calculada:

Tabla 3.17: Incrementos de potencia.

POTENCIA CALCULADA	INCREMENTO
menor a 2 HP	50 %
2 HP - 5 HP	30 %
5 HP - 10 HP	20 %
10 HP - 20 HP	15 %
mayor a 20 HP	10 %

Fuente: (Especificaciones técnicas de diseño – ETAPA Cuenca).

$$P_{\text{sumir}} = 11 * 1.1 = 12.1$$

$$P_{\text{sumir}} = 15 \text{ HP}$$

### 3.5 Presupuesto general

El presupuesto general referente al sistema hidráulico sanitario se lo encontrará en el anexo 13.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- Después de haber realizado un estudio exhaustivo del edificio del Banco Central del Ecuador-Cuenca, se ha comprobado que no presenta ningún daño estructural; sin embargo, las nuevas solicitaciones de carga y los nuevos parámetros sísmicos aplicados al modelo actual según la NEC-2014, exigen el reforzamiento de los elementos que conforman el mismo. De igual manera, el sistema hidráulico sanitario no cumple con las condiciones necesarias para ser reutilizado; por lo cual se realizó un rediseño según las nuevas solicitaciones generadas por la redistribución arquitectónica, en base a las especificaciones técnicas de diseño para la ciudad de Cuenca - ETAPA.
- En primera instancia, se realizó el levantamiento detallado tanto del sistema estructural como del sistema hidráulico-sanitario; los cuales sirvieron para desarrollar el análisis de los mismos.
- Se realizó el análisis estructural (tomando como referente la Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC-2014), mediante un software llamado CYPECAD, el cual dio como resultado la necesidad de reforzamiento estructural para cumplir con la capacidad resistente a cortante, ya que el espaciamiento del acero transversal no es el apropiado.
- Como la alternativa más apropiada para el reforzamiento estructural se recomienda optar por el reforzamiento mediante fibras de alto rendimiento de poliparafenil benzobisoxazol PBO, y una matriz inorgánica estabilizada de alta

resistencia al fuego, ya que es un método menos invasivo en lo que se refiere al impacto mecánico y uso de epóxicos sensibles al fuego.

- Después de haber realizado el análisis del sistema hidráulico sanitario, se llegó a la conclusión que debe ser reemplazado en su totalidad debido al deterioro que presentan sus componentes, por lo cual se presenta un rediseño según los nuevos parámetros que exige la redistribución arquitectónica.

**Recomendaciones:**

- Cualquier tipo de reforzamiento estructural, incluyendo los propuestos, deben ser calculados y analizados nuevamente para cerciorarse que la estructura con la aplicación de los mismos, resista las nuevas solicitaciones de carga generadas por la redistribución arquitectónica.
- El sistema hidráulico sanitario debe ser reemplazado en su totalidad para cumplir con las nuevas solicitaciones generadas y así garantizar un buen funcionamiento del mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

Cueva, G. (2002). *Análisis estructural*. México: LIMUSA.

Calavera, J. (1999). *Proyecto y cálculo de estructuras de hormigón armado*. España: INTEMAC.

Streeter, V. L., & Wylie, E. *Mecánica de Fluidos*. MacGraw-Hill.

Carmona, R. P. (2005). *Aguas, desagües y gas para Edificaciones*. Colombia: Ecoe.

*Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)*. (n.d.). Retrieved Octubre 06, 2014, from [www.normaconstruccion.ec](http://www.normaconstruccion.ec)

ETAPA. (s.f.). Especificaciones técnicas de diseño para la ciudad de Cuenca. Cuenca, Azuay, Ecuador.

<http://es.slideshare.net/adrian2089/glosario-de-terminos-estructurales>

[http://www.academia.edu/7799970/GLOSARIO\\_DE\\_TERMINOS\\_Ingenier%C3%A1Da\\_civil](http://www.academia.edu/7799970/GLOSARIO_DE_TERMINOS_Ingenier%C3%A1Da_civil)

<http://www.siss.gob.cl/577/w3-propertyvalue-3440.html>

[http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/007855/007855\\_Anex.pdf](http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/007855/007855_Anex.pdf)

<https://es.wikipedia.org/wiki/Tracci%C3%B3n>

[http://ecu.sika.com/es/solutions\\_products/productos-sika-construccion/productos-reforzamiento-estructural-sika/02a013sa06.html](http://ecu.sika.com/es/solutions_products/productos-sika-construccion/productos-reforzamiento-estructural-sika/02a013sa06.html)

<http://www.especificar.cl/fichas/sistemas-de-refuerzo-estructural-x-mesh-c10-y-x-mesh-gold>

**ANEXOS**