

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
VICERRECTORADO
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES INGENIERÍA CIVIL**



**“ESTUDIO ESTRUCTURAL DEL BLOQUE A Y B DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA
DE EL ALTO”
PROYECTO FINANCIADO CON RECURSOS PROPIOS
Resolución HCC N° 0034/2021**

EQUIPO DE INVESTIGADORES:

Ing. JUAN RICARDO AGUILAR AGUILAR
Univ. ALBERT NOEL VARGAS CHURA
Univ. MACEDONIO CONDORI CONDORI

EL ALTO – BOLIVIA

2021

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

AUTORIDADES

Dr. Carlos Condori Titirico
RECTOR

Dr. PhD. Efraín Chambi
VICERRECTOR

Dr. Antonio López Andrade Ph. D.
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Guido Gutierrez Ríos
DIRECTOR DE CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Ing. MSc Antonio Anaya Valverde
COORDINADOR INSTITUTO DE INVESTIGACIONES

REGISTRO SENAPI: Resolución Administrativa NRO.1-3473/202133

DERECHOS RESERVADOS: Universidad Pública de El Alto

Dirección UPEA: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza

DICIEMBRE. 2021
El Alto – Bolivia

PRESENTACIÓN

La Universidad Pública de El Alto, tiene como objetivo fundamental realizar y promover la investigación en todos los campos del conocimiento. En este sentido su misión es dar respuesta a los problemas y necesidades de la sociedad Boliviana en su conjunto.

Siguiendo estos objetivos, se desarrolló el proyecto titulado “ESTUDIO ESTRUCTURAL DEL BLOQUE A Y B DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO”, en el cual participaron el Ing. Juan Ricardo Aguilar Aguilar, apoyado por los auxiliares de investigación Univ. Albert Noel Vargas Chura y el Univ. Macedonio Condori Condori.

El proyecto fue concluido en su totalidad, logrando cumplir todos los objetivos planteados.

Es una satisfacción presentar los resultados del proyecto, esperando que los datos proporcionados en la investigación sean de gran utilidad para la comunidad y contribuyan al desarrollo de nuestro país.

**ING. ANTONIO ANAYA VALVERDE
COORDINADOR
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA CIVIL**

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

La Universidad Pública de El Alto agradece a todos los investigadores por todo el trabajo desarrollado en favor de la investigación del proyecto titulado “ESTUDIO ESTRUCTURAL DEL BLOQUE A Y B DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO”.

Especial agradecimiento al Ing. MSc. Antonio Anaya Valverde como coordinador del Instituto de Investigaciones de Ingeniería civil, por su constante apoyo a la investigación y seguimiento del proyecto.

Agradecimiento al Ing. Guillermo Gutiérrez Ríos, Director de Carrera de Ingeniería Civil por su apoyo e impulso al equipo de investigadores docente-estudiantil de la carrera.

También un agradecimiento a todas las autoridades de la Universidad Pública de El Alto que constantemente apoyan la investigación, la ciencia y la cultura en favor de la comunidad boliviana.

**ING. JUAN RICARDO AGUILAR AGUILAR
INVESTIGADOR PRINCIPAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA CIVIL**

ÍNDICE

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 EL PROBLEMA	1
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA	1
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4 HIPÓTESIS	3
1.5 JUSTIFICACIÓN	3
1.5.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	3
1.5.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL	4
1.5.3 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	4
1.5.4 JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL	4
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	5
2.1 INVESTIGACIONES RELATIVAS AL TEMA	5
2.2 PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES	9
2.3 ENFOQUE ELEGIDO PARA LA INVESTIGACIÓN	10
2.4 IDENTIFICACIÓN DE FUENTES	11
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	12
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	12
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	12
3.3 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	12
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA	13
3.5 AMBIENTE DE INVESTIGACIÓN	13
3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	13
<i>FUENTE: MANUAL DEL USUARIO, ESCLEROMETRO SCHMIDT</i>	34
CAPÍTULO IV RESULTADOS	39
4.1 RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN VISUAL	39
4.2 RESULTADOS DEL ENSAYO DE PACOMETRÍA	43
4.3 RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	48

4.4 RESULTADOS DE LA EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO	58
4.5 RESULTADOS DE LA MODELACIÓN ESTRUCTURAL	64
CAPÍTULO V CONCLUSIONES.....	113
CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES	116
BIBLIOGRAFÍA.....	117
ANEXOS.....	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Nro 1.Relevamiento de las estructuras.....	4
Figura Nro 2: Pacómetro	14
Figura Nro 3. Esclerómetro	16
Figura Nro 4. Esclerómetro de rebote.....	20
Figura Nro 5. Abacos	32
Figura Nro 6.Abacos del esclerómetro.....	33
Figura Nro 7.Abacos de interacción	34
Figura Nro 8. Curvas de interacción.....	35
Figura Nro 9. Fisuras en gradas Bloque B.....	40
Figura Nro 10. Fisuras en columnas Bloque A.....	41
Figura Nro 11. Microfisuras en Bloque B	42
Figura Nro 12. Preparación de la superficie para el ensayo esclerométrico	46
Figura Nro 13. Ensayo de pacometría.....	47
Figura Nro 14. Resultados del ensayo de esclerometría en el Bloque A.....	50
Figura Nro 15. Resultados del ensayo de Esclerometría Bloque B	53
Figura Nro 16. Equipo de esclerometría	53
Figura Nro 17Esclerómetro digital	54
Figura Nro 18. Preparación de la superficie	55
Figura Nro 19. Ensayo de martillo neumático.....	56
Figura Nro 20. Esclerometría de columnas	57
Figura Nro 21. Ensayo con martillo neumático en columnas.....	58
Figura Nro 22. Preparación para la toma de testigos	59
Figura Nro 23. Extracción de testigos.....	60
Figura Nro 24. Muestra extraída con diamantina	61
Figura Nro 25. Muestra en laboratorio	62
Figura Nro 26. Ensayo de compresión de cilindros	63
Figura Nro 27.Análisis de pesos propios	64
Figura Nro 28. Modelación Bloque A.....	76
Figura Nro 29.Modelación Bloque A . columnas.....	76
Figura Nro 30. Deformaciones	77
Figura Nro 31. Flechas en losas.....	78
Figura Nro 32. angulos de giros.....	79
Figura Nro 33. Columnas	80
Figura Nro 34. Armado de columnas	81
Figura Nro 35. Armado de vigas.....	82
Figura Nro 36. Tipos de zapatas	82
Figura Nro 37. Zapatas	83
Figura Nro 38. Resumen de zapatas.....	84
Figura Nro 39. Modelo estructural Bloque A	85

Figura Nro 40. Análisis de Columnas.....	85
Figura Nro 41. MOdelación del Bloque B.....	86
Figura Nro 42. Detalle de ubicación de zapatas.....	110
Figura Nro 43. Modelación con un piso adicional.....	111
Figura Nro 44. Varaición de las fundaciones requeridas.	112
Figura Nro 45. Equipo de investigadores.....	118
Figura Nro 46. Modelación con 5 plantas.....	119
Figura Nro 47. Detalle de vigas (5 plantas).....	120
Figura Nro 48. Vigas modeladas (5 plantas).....	121
Figura Nro 49. vigas longitudinales.....	122
Figura Nro 50. Columnas del piso 5.....	123
Figura Nro 51. Columnas del piso 4.....	123
Figura Nro 52. Columnas del piso 3.....	124
Figura Nro 53. Columnas del piso 2.....	124
Figura Nro 54. Columnas del piso 1.....	125
Figura Nro 55. Columnas de la planta baja.....	125
Figura Nro 56. Zapatas modeladas.....	126

RESUMEN

La presente investigación nace a raíz del problema de aulas e infraestructura de las carreras de psicología, sociología, artes plásticas y nutrición y dietética, los cuales a través de una encuesta, manifestaron la falta de infraestructura que experimentan dentro de la Universidad. A raíz de esta encuesta, se plantea el objetivo de Analizar los bloques A y B de la Universidad a través de ensayos no destructivos para determinar las características físicas y mecánicas de la estructura.

El objetivo general es determinar la resistencia real de los bloques construidos, para edeterminar si son aptos para construir encima de ellos. Para lograr este objetivo se utilizaron métodos de investigación no destructivos del hormigón endurecido. El ensayo de pacometría nos indica la posición de las armaduras así como el diámetro del refuerzo de acero. La pregunta de investigación ¿Son los bloques actualmente construidos, aptos para soportar más peso?, se investiga a través de la determinación de la resistencia actual de los bloques.³

La metodología empleada fue de determinar la ubicación de las armaduras a través del ensayo de pacometría. Este ensayo nos proporcionó además el diámetro y la separación del refuerzo de acero. Mediante el ensayo de esclerometría, determinamos la resistencia del hormigón. Se procedió al ensayo de extracción de muestra mediante el corte con diamantina de una porción del concreto para proceder a su ensayo a compresión en laboratorio. Finalmente, se realizó la modelación estructural en computadora adicionando un piso mas. De este análisis se observó que el tamaño de las columnas y su armadura no es adecuada. De los resultados obtenidos muestran que las columnas están trabajando a su máxima capacidad, y tienen una resistencia adecuada para soportar los pesos actuales. Sin embargo, no son aptos para soportar cargas adicionales. Por todo el análisis realizado en esta investigación, se concluye que la estructura de los bloques están trabajando a su máxima capacidad y no son aptos para soportar pisos adicionales. Se recomienda realizar estudios más profundos para determinar las deflexiones de la estructura, ángulos de giro y flechas y compararlas con las flechas admisibles.

ABSTRACT

The present research study addresses the problem of halls and infrastructure of the careers of psychology, sociology, plastic arts and nutrition and dietetics, the topics covered by an inquiry, manifesting the lack of infrastructure that the university is experiencing. As a result of this survey, the aim of Analyzing Blocks A and B of the University is to carry out non-destructive tests to determine the physical and mechanical characteristics of the structure.

The objective is to determine the real resistance of the blocks being constructed, in order to determine whether they are capable of constructing any of them. To log this object, we use methods of investigation and destructive of the hurricane. The pacemetry analysis indicates to us the position of the armatures as well as the diameter of the axle beam.

The research question ¿Are the blocks currently being built, apt to support additional weight?, invests in the process of determining the actual resistance of the blocks. The methodology used to determine the placement of the arms during the pacemetry test. This study shows the proportion of the diameter and the bar separation. By means of the sclerometry test, we determine the resistance of the structure. Procedure on the extraction sample of the median sample is the diamond with a portion of the concrete to proceed to its extraction and laboratory compression.

Finally, the computer modeling is done by adding an additional piece. From this analysis it is observed that the size of the columns and its armature is not adequate. The results obtained show that the columns are working to their maximum capacity, and have an adequate resistance to support the current weights. Without embarrassment, I have no plans to support additional charges. However, the analysis carried out in this investigation concludes that the structure of the blocks is working to its maximum capacity and has no aptitude for supporting additional pieces.

It is recommended to carry out more studies to determine the deflections of the structure.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 EL PROBLEMA

El análisis estructural es “ es el proceso de cálculo y determinación de los efectos de las cargas y las fuerzas internas en una estructura., edificio u objeto. El análisis estructural es particularmente importante para que los ingenieros estructurales se aseguren de comprender completamente las rutas de carga y los impactos que las cargas tienen en su diseño de ingeniería.. Permite a los ingenieros o diseñadores garantizar que un equipo o estructura sea seguro para su uso bajo las cargas estimadas que se espera que soporte. El análisis estructural se puede realizar durante el diseño, pruebas o posconstrucción y generalmente representarán los materiales utilizados, geometría de la estructura y cargas aplicadas... “ según Sam Carigliano, CEO y cofundador de SkyCiv BEng (Civil), BCom, una compañía dedicada a los servicios de ingeniería y la elaboración de software.

En este sentido, es importante conocer las características estructurales de los bloques A y B de la Universidad Pública de El Alto.

A través de este estudio determinaremos:

- a) La situación actual de la estructura.
- b) La resistencia de trabajo de la misma
- c) La capacidad real frente a situaciones sísmicas.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

Según Hernandez-Sampieri, 2020, el proceso para llevar a cabo el planteamiento del problema es el siguiente:

Identificación del problema

El problema que se identifica es la falta de datos técnicos que nos permitan establecer la resistencia de la estructura, debido a que no se cuenta con los planos

estructurales de los mencionados bloques, desconociendo la capacidad real de la estructura.

Delimitación del espacio-geográfico.

El espacio geográfico a investigar en este trabajo fue de los bloques A y B de la universidad pública de El Alto

Delimitación del espacio temporal.

La investigación se llevó a cabo desde el mes de agosto del 2021 hasta el mes de diciembre del 2021

Definición e investigación del problema.

Los bloques A y B de la Universidad Pública de El Alto, no cuentan con datos técnicos que determinen su real capacidad de trabajo.

Se consultó al departamento de Infraestructura de la UPEA (Universidad Pública de El Alto) para que nos proporcionaran memorias de cálculo, planos Asbuild, planos estructurales y estudios geotécnicos. Solo nos proporcionaron los planos arquitectónicos y una memoria de cálculo pero que no cuenta con planos estructurales.

Formulación del problema

¿Cuál la resistencia real de los bloques A y B de la Universidad Pública de El Alto?.

Según los documentos entregados por el Departamento de Infraestructura de la UPEA, se demuestra que no cuentan con ningún dato científico que avale la resistencia real, por lo cual es necesario realizar pruebas no destructivas para determinar aquello.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la evaluación estructural de los bloques A y B de la Universidad Pública de El Alto a través de ensayos no destructivos del hormigón para determinar las características físico-mecánicas de la resistencia de la estructura y poder realizar futuras ampliaciones.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar una inspección visual de los bloques A y B para determinar la problemática de la estructura.

Realizar el relevamiento de la estructura para ubicar las columnas y sus dimensiones

Realizar los ensayos no destructivos in situ de pacometría y esclerometría para determinar la ubicación de la armadura presente y la resistencia real de la estructura.

Realizar la toma de testigos (extracción de núcleos) para ensayar en laboratorio y determinar las propiedades físico-mecánicas en laboratorio.

Elaborar el modelo estructural mediante un software con los ensayos realizados

1.4 HIPÓTESIS

La estructura actual de los bloques A y B puede soportar más pisos.

1.5 JUSTIFICACIÓN

1.5.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Un estudio estructural, según Brian Cortes Henao y Katherin Perilla Morales, investigadores de universidad libre seccional Pereira, facultad de ingeniería, en su publicación titulada Identificación de patologías estructurales en edificaciones indispensables del municipio de Santa Rosa de Cabal (sector educativo), establecen que “para evaluar cualquier estructura de concreto reforzado es

necesario determinar patológicamente en qué estado se encuentra, esto implica realizar un estudio de patología que permita detectar las causas e identificar el tipo de daño presente”.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Este trabajo de investigación beneficiará a la Universidad Pública de El Alto y a toda la sociedad en general porque permitirá establecer la capacidad real de la estructuras Bloques A y B.

1.5.3 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

El conocimiento de la información real de la estructura permitirá tomar decisiones relacionadas al uso de las estructuras analizadas.

1.5.4 JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

Este proyecto de investigación no contaminará el suelo, ni la tierra, ni el aire ni el agua, debido a que no se utilizarán sustancias dañinas al medio ambiente y los ensayos realizados serán no destructivos.



Figura Nro 1.Relevamiento de las estructuras

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 INVESTIGACIONES RELATIVAS AL TEMA

Específicamente, en la Universidad pública de El Alto, el departamento de Infraestructura, nos proporcionó solo los planos arquitectónicos y una memoria de cálculo del bloque B, no contando con mayor información a cerca de la capacidad real de las estructuras Bloques A y B.

MEMORIA DE CÁLCULO BLOQUE B

Se nos proporcionó la memoria de cálculo titulado PROYECTO, DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL, UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO, BLOQUE B, de fecha enero 2006.

La memoria menciona la Norma Boliviana de diseño como base para el cálculo, pero analizando los coeficientes de mayoración de cargas vivas (1,50) y cargas permanentes (1,35), estas se encuentran fuera de norma debido a que la Norma Boliviana CBH-87 hace referencia a un coeficiente de 1,6 tanto para cargas vivas y cargas permanentes.

La mencionada memoria no cuenta con planos estructurales ni arquitectónicos.

La evaluación estructural a través de ensayos no destructivos, fue analizada por varios investigadores y se tiene bastante bibliografía al respecto

MANUAL DE DIAGNOSIS E INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO (COL LEGI D' APARARELLADORS I ARQUITECTES TECNICS DE BARCELONA)

En este manual se establece el procedimiento a seguir con sus diferentes etapas y una vez definidas profundiza en cada una de ellas.

- Metodología de diagnóstico de estructuras
- Herramientas y ensayos para diagnóstico de estructuras
- Seguridad estructural.
- Durabilidad estructural
- Criterios para la intervención estructural de ensayos

MANUAL DE EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS AFECTADAS POR CORROSIÓN DE LA ARMADURA, PROYECTO CONTECVET (INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA)

El manual contempla dos tipos de evaluación:

- Método simplificado y
- Método detallado.

MANUAL DE EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS especifica que el procedimiento no destructivo sirve para analizar únicamente estructuras afectadas por corrosión, pero también toma en cuenta la capacidad residual de la estructura. Los métodos tienen tres fases de la inspección:

- inspección,
- evaluación,
- pronosis.

GUÍA PARA LA INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN PRELIMINAR DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES (INSTITUTO VALENCIANO DE LA EDIFICACIÓN)

La guía contempla cinco apartados que detallan cada fase del proceso de intervención, estos son:

- obtención de datos previos,
- reconocimiento visual del edificio,
- realización de pruebas y ensayos no destructivos,
- estimación del índice de daño estructural y riesgo por corrosión y
- propuesta de actuaciones en zonas afectadas.

EVALUACIÓN CORRECTA DEL HORMIGÓN MEDIANTE ENSAYOS ESCLEROMÉTRICOS

En el proyecto de grado del Sr. Facundo Calle Ochoa, titulado “EVALUACIÓN CORRECTA DEL HORMIGÓN MEDIANTE ENSAYOS ESCLEROMÉTRICOS”, menciona “En nuestro medio, en los últimos 20 años creció la difusión y entendimiento de ensayos en sitio no destructivos para la evaluación de hormigones, siendo el de mayor uso, por no decir único, el método del martillo esclerométrico. Previo a tratar sobre el método mencionado, lo que nos motiva a evaluar un hormigón viene dado por, lo que precisamos del mismo, en este sentido hablaremos un poco de este noble material de construcción. La obtención de un hormigón que atienda los requisitos de durabilidad requiere una serie de cuidados, que se cubren en la fase de producción como: escoger adecuadamente los materiales, la correcta elección de los diferentes tipos de hormigones a utilizar que garanticen la resistencia y durabilidad deseada, pasando por el control tecnológico: dosificación, homogenización de la mezcla, su correcta aplicación y compactación, hasta un curado adecuado.” (Ochoa, 2016).

“En las operaciones de control tecnológico en obra, los cuerpos de prueba moldeados para obtener información sobre la resistencia potencial del hormigón, no necesariamente ofrecen información directa sobre la resistencia real del hormigón en la estructura, siendo necesario aplicar los coeficientes de la norma para obtener la resistencia efectiva correspondiente. Estos factores crean la necesidad de inspecciones y verificaciones de las condiciones reales del hormigón en la

estructura, lo cual se efectiviza con ensayos en sitio no destructivos y semi-destructivos". (Ochoa, 2016).

“El principal objeto de estos ensayos es estimar un valor inmediato de la resistencia efectiva del hormigón, disminuyendo las dudas en el control y la aceptación, tales como el de la homogeneidad, deterioro y también la capacidad estructural. Todo esto, se basa en principios físicos y no alteran significativamente las características físicas, químicas, mecánicas o dimensionales del material, no interfiriendo en su uso posterior. Durante los últimos 70 años, varias investigaciones han sido desarrolladas sobre diferentes métodos de ensayos en sitio para evaluar las condiciones reales del concreto. Como resultado, se desarrollaron con distintos grados de aceptación métodos rápidos, económicos y versátiles, como: velocidad de pulso ultrasonido (Leslie; Chesman; Jones, 1945), el martillo esclerométrico (Schmidt, 1948), penetración de clavija (Windsor, 1964), técnicas de pull-off (Universidad de Queen’s, 1970), break-off (Johansen, 1976), método de la madurez (Saul, 1951), técnicas de termografía infrarroja, entre otros. Esos métodos permiten conocer, en el mayor grado posible de aproximación, propiedades físicas o mecánicas del hormigón por medio de las cuales se puede estimar la resistencia a compresión. Para el caso de evaluar la resistencia efectiva, o sea, la resistencia real de la estructura, se destaca como método de mayor confiabilidad la extracción y rotura de testigos, que se normalizó en las normas de varios países, menos en el nuestro. Teniendo en cuenta la diferencia de la resistencia a compresión obtenida por los testigos de hormigón y la resistencia potencial, la ASTM permite dividir el coeficiente de ponderación por 1,1 que equivale a 10% en el resultado final de la tensión. Con esa corrección, se puede comparar el resultado en sitio con el del molde en el control tecnológico y con el f_{ck} de la estructura. Como mencionamos arriba, el método de ensayo no destructivo más investigado en nuestro medio y, consecuentemente más usado es la determinación del índice esclerométrico mediante el esclerómetro de reflexión tipo Schmidt, también normalizado por la ASTM. Ese método es conocido principalmente por sus ventajas, tales como: equipo

ligero, fácil de ser transporta y operado, no causa daños en la superficie de actividad. Pese a sus ventajas, este posee algunas limitaciones: los resultados son representativos de una zona superficial del hormigón, además de que variables como la rugosidad de la superficie, humedad, edad del hormigón pueden afectar los resultados. Para evaluaciones no destructivas, también se tienen otras alternativas como: - Prueba de resistencia a la penetración - Velocidad de pulsos ultrasónico Que lamentablemente no están normalizados en nuestro país. Esto nos permite hacer una observación muy importante que es, la de utilizar y crear habito en la utilización de equipos normalizados hace bastantes años por la ASTM, ACI, etc. Que nos permitirá estar a la vanguardia y no con retraso en temas tecnológicos.”, (Ochoa, 2016).

ANÁLISIS O ESTUDIO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE EL ALTO, llevado a cabo por Lic. Ing. Victor Sarzuri Quispe, Univ. Walter Luis Vila Flores, Univ. Efrain Freddy Vargas Chuquimia, el año 2020.

En el proyecto desarrollado en el Instituto de Investigación de la Carrera de Ingeniería Civil en el marco de la línea de investigación de Estructuras se realiza el desarrollo de ensayos no destructivos con el fin de analizar la resistencia del hormigón en estructuras construidas.

2.2 PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES

“Los métodos destructivos son aquellos que se encargan de analizar el comportamiento del hormigón, por su capacidad de soportar esfuerzos físicos de una muestra tales como: esfuerzo a compresión y tracción” (p 1). Son, por tanto, estos los más utilizados y con los resultados de mayor confiabilidad. En cambio, los métodos no destructivos se definen como una prueba, examen o evaluación que se realiza sobre cualquier muestra de ensayo, por medio del cual no se busca cambiar o alterar sus propiedades físicas o químicas, con el fin de determinar su resistencia o la presencia de discontinuidades que puedan afectar la utilidad de dicha muestra (Charles Hellier, 2003).

Según la agencia INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, 2002

“A menudo es necesario probar las estructuras de hormigón después de que el hormigón se haya endurecido para determinar si la estructura es adecuada para su uso diseñado”. Idealmente, tales pruebas deberían realizarse sin dañar el hormigón. Las pruebas disponibles para probar el hormigón van desde las completamente no destructivas, donde no hay daño al hormigón, pasando por aquellas en las que la superficie del hormigón está levemente dañada, hasta las pruebas parcialmente destructivas, como las pruebas de núcleos y las pruebas de extracción y extracción, donde la superficie debe repararse después de la prueba. La gama de propiedades que pueden evaluarse mediante ensayos no destructivos y ensayos parcialmente destructivos es bastante amplia e incluye parámetros fundamentales como la densidad, el módulo de elasticidad y la resistencia, así como la dureza y la absorción de la superficie, y la ubicación del refuerzo, el tamaño y la distancia de la superficie. En algunos casos, también es posible verificar la calidad de la mano de obra y la integridad estructural mediante la capacidad de detectar huecos, grietas y delaminación del concreto”. (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA, 2002).

2.3 ENFOQUE ELEGIDO PARA LA INVESTIGACIÓN

En este trabajo se utilizará los enfoques:

DESCRIPTIVO: Se describirán las fallas visibles en el hormigón, tales como fisuras, rajaduras, asentamientos, deterioro, etc.

EXPLORATORIO: Se realizarán ensayos no destructivos del concreto en las zonas afectadas o con visible daño.

CUANTITATIVO: Se cuantificará la resistencia de los elementos estructurales gracias a los datos obtenidos por los ensayos no destructivos.

2.4 IDENTIFICACIÓN DE FUENTES

Se consultaron las siguientes fuentes:

MANUAL DE DIAGNOSIS E INTERVENCIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO (COL LEGI D' APARARELLADORS I ARQUITECTES TECNICS DE BARCELONA)

MANUAL DE EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS AFECTADAS POR CORROSIÓN DE LA ARMADURA, PROYECTO CONTECVET (INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA)

GUÍA PARA LA INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN PRELIMINAR DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN EN EDIFICIOS EXISTENTES (INSTITUTO VALENCIANO DE LA EDIFICACIÓN)

Especificaciones para ensayos no destructivos del concreto, ASTM C805

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación será del tipo APLICADA CIENTÍFICA, debido a que ésta se utiliza para generar nuevo conocimiento y ponerlo en práctica con el propósito de favorecer la vida de las personas. En nuestro caso se generará el conocimiento de la resistencia real de la estructura para realizar el diseño de una posible ampliación de la estructura.

Se emplea la investigación DESCRIPTIVA para describir la apariencia visual de la estructura analizando fisuras, rajaduras, asentamientos, ángulos de giro y flechas.

También se aplica la investigación cuantitativa para determinar la resistencia de los elementos estructurales.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación utilizará las siguientes etapas:

- Observación del problema
- Diagnóstico del problema
- Solución estructural

3.3 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Se tendrán las siguientes variables:

Variable independiente: La resistencia de los elementos estructurales.

Variable dependiente: El diseño estructural de una futura ampliación.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

El ensayo esclerométrico es un ensayo puntual que determina la resistencia del elemento estructural analizado, por lo cual nos proporciona la resistencia del elemento analizado y no se puede promediar con otros resultados, por lo cual no es aplicable a una población o una muestra.

En cada uno de los elementos estructurales, se toma en cuenta las armaduras longitudinales y transversales que conforman la misma. En ensayo del pacómetro determina la separación de las barras así como su diámetro. Y por lo tanto, este ensayo es único para cada tipo de elemento estructural.

3.5 AMBIENTE DE INVESTIGACIÓN

Los ensayos de esclerometría y pacometría se realizan en hormigón endurecido, hormigón visto, libre de revoque de yeso. Por lo tanto, para realizar el ensayo es necesario quitar el revoque y alisar la superficie donde se realiza el ensayo.

3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Las técnicas serán las mediciones directas en los elementos de hormigón.

Para determinar el diámetro de la armadura y la separación se emplea el pacómetro digital.



Figura Nro 2: Pacómetro

FUENTE: PACÓMETRO ELECTROMAGNETICO PROFOSCOPE

Para la determinación de la resistencia del hormigón, se utiliza el Ensayo del Martillo Suizo o Esclerómetro

La evaluación de las estructuras de concreto en sitio, además de los métodos de extracción de testigos y pruebas de carga, se pueden realizar mediante ensayos no destructivos, que tienen la ventaja de permitir el control de toda la estructura y sin afectarla en forma rápida.

Dentro de los métodos no destructivos, los de dureza superficial son los más generalizados, por su economía y facilidad de ejecución, entre ellos el método del esclerómetro es empleado por el mayor número de piases.

El esclerómetro fue diseñado por el Ing. Suizo Ernest Schmidh en 1948, constituyendo una versión tecnológicamente más desarrollada que los iniciales métodos de dureza superficial generados en la década del veinte.

Campo de Aplicación

Originalmente, fue propuesto como un método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto, estableciendo curvas de correlación en laboratorio. Sin embargo, por los diferentes factores que afectan los resultados y la dispersión que se encuentra, en la actualidad se le emplea mayormente en los siguientes campos:

Evaluar la uniformidad del concreto en una obra.

Delimitar zonas de baja resistencia en las estructuras.

Informar sobre la oportunidad para desencofrar elementos de concreto.

Apreciar, cuando se cuenta con antecedentes, la evolución de la resistencia de estructuras.

Determinar niveles de calidad resistentes, cuando no se cuenta con información al respecto.

Contribuir, conjuntamente con otros métodos no destructivos a la evaluación de las estructuras.

Descripción del aparato y del método

Un esquema del aparato está dado en la figura 1, según la información del fabricante, en el que se singulariza los siguientes elementos:

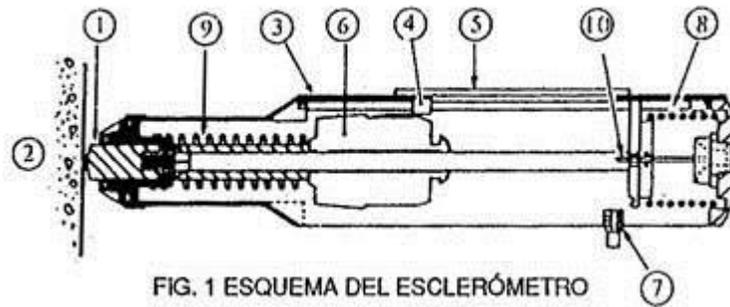


Figura Nro 3. Esclerómetro

FUENTE: MANUAL DEL USUARIO, ESCLEROMETRO SCHMIDT

1. Percutor, 2. Concreto, 3. Cuerpo exterior, 4. Aguja, 5. Escala, 6. Martillo, 7. Botón de fijación de lectura, 8. Resorte, 9. Resorte, 10. Seguro.

El ensayo se efectúa apretando el percutor contra la superficie examinar, hasta que el martillo, impulsado por un resorte, se descargue sobre el percutor. Después del golpe, el martillo rebota un acierta distancia, la cual se indica por una aguja en una escala graduada. La lectura de la posición de la aguja representa la medida del retroceso en porcentaje del avance del martillo.

Básicamente el proceso está constituido por una masa móvil, con una cierta energía inicial, que impacta la superficie de una masa de concreto, produciendo una redistribución de la energía cinética inicial. Parte de la energía es absorbida como fricción mecánica en el instrumento y otra parte como energía de formación plástica del concreto. La parte restante es restituida a la masa móvil en proporción a la energía disponible. Para tal distribución de energía es condición básica que la masa de concreto sea prácticamente infinita con relación a la masa del percutor del aparato, lo que se da en la mayoría de las estructuras. En consecuencias, el rebote del esclerómetro es un indicador de las propiedades del concreto, con relación a su resistencia y grado de rigidez.

En la actualidad se encuentra en el mercado varios tipos de esclerómetro:

Modelo N

Energía de percusión = 2,207 Nm (0,225 kgm), sirve para el control del concreto en los casos normales de construcción de edificios y puentes.

Modelo L

Energía de percusión 0,735 Nm (0,075 kgm) es una reducción del modelo N. Es más apropiado para el examen de elementos en concreto de escasas dimensiones a los golpes.

Modelo M

Energía de percusión = 29,43 Nm (3 kgm) sirve especialmente para la determinación de la resistencia del concreto en obras de grandes dimensiones y para el examen de calidad de carreteras y pistas de aeródromos de concreto. Sin embargo no es excluyente el uso del modelo M

Todas estas variantes, vienen también provistas de un sistema que permite el registro automático o impresión de cada uno de los resultados de ensayo, evitando que el operador deba detenerse para tomar nota o requiera dictar los valores obtenidos, evitando errores y documentando los registros.

Para efectuar el ensayo se apoya firmemente el instrumento, con el émbolo perpendicular a la superficie, incrementando gradualmente la presión hasta que el martillo impacte y se tome la lectura.

Los impactos deben efectuarse a por lo menos 2.5 de distancia

Se tomarán 10 lecturas para obtener el promedio. En el caso que una o dos lecturas difieran en más de 7 unidades del promedio, serán descartadas. Si fueran más las que difieren se anulará la prueba.

Los ensayos son influenciados por la característica del concreto en la zona de impacto, los vacíos o la presencia de agregado grueso, disminuyen o incrementan los valores.

Esto ocurre a menudo en concretos con agregado mayor de 2" o con menor a 140 kg/cm² de resistencia, en los cuales el método no es apropiado.

El coeficiente de variación del número de rebote decrece con el incremento de la resistencia del concreto.

Información adicional al análisis de resultados

Los resultados de ensayo deberán ser registrados y ser sujetos a análisis estadístico, cuando fuera el caso, incluyéndose en el informe lo siguiente:

Identificación de la estructura

Localización, ejemplo columna 2, nivel 3,2 m de altura, cara este.

Descripción del área de ensayo; ejemplo superficie seca, esmerilada, con textura del encofrado de madera.

Descripción del concreto

Composición, si se conoce, agregados, contenido de cemento a/c, aditivo usado, etc.

Resistencia del diseño

Edad

Condiciones de curado o condiciones inusuales relativas al área de ensayo.

Tipo de encofrado

Promedio de rebote de cada área de ensayo

Valores y localizaciones de rebotes descartados

Tipo y número de serie del martillo.

Factores que inciden en la prueba

Además de los factores intrínsecos, los resultados de los ensayos reciben la influencia de los siguientes parámetros:

Textura superficial del concreto

Medida, forma y rigidez del elemento constructivo

Edad del concreto

Condiciones de humedad interna

Tipo de agregado

Tipo de cemento

Tipo de encofrado

Grado de carbonatación de la superficie

Acabado

Temperatura superficial del concreto y la temperatura del instrumento.

Procedimiento del ensayo

Para obtener resultados válidos y reproducibles conviene tener en cuenta las siguientes disposiciones:

El método concreto sometido a prueba está fijo en la estructura, teniendo mínima dimensión 100mm, de espesor. Los especímenes más pequeños deberán ser sujetos rígidamente. En el caso de probetas, se aconseja fijarlas entre los cabezales de la máquina de compresión.

El área en la cual se podrá efectuar una determinación, por el promedio de una serie de pruebas comprenderá aproximadamente una circunferencia de 150 mm de diámetro.

Deberá efectuarse el pulido superficial en la zona de prueba de los especímenes, hasta una profundidad de 5mm, en los concretos de más de 6 meses de edad, en texturas rugosas, en las húmedas y cuando se encuentran en proceso de carbonatación.

A efecto se utilizará una piedra abrasiva de carburos de silicio o material equivalente, con textura de grano medio. Aditamento que forma parte del equipo provisto por el fabricante.

La posición del aparato, en casos de 4 ensayos comparativos, deberá tener la misma dirección. La posición normal del aparato es horizontal.

De actuar verticalmente incide la acción de la gravedad, dando resultados de rebotes más altos actuando hacia abajo y más bajos hacia arriba.

El accionar angular dará resultados intermedios.



Figura Nro 4. Esclerómetro de rebote

FUENTE: MANUAL DEL USUARIO, ESCLEROMETRO SCHMIDT

Estas son las especificaciones técnicas establecidas por Proceq:

Información general

Información básica

El martillo para ensayos de hormigón ha sido diseñado conforme al estado actual de la tecnología y las normas de seguridad reconocidas. Por favor, lea este manual de operación cuidadosamente antes del primer inicio. Contiene información importante acerca de la seguridad, el uso y el mantenimiento del martillo para ensayos de hormigón.

Condiciones de uso previstas

El martillo para ensayos de hormigón es un dispositivo mecánico usado para realizar ensayos de calidad rápidos y no destructivos en materiales según las especificaciones del cliente. Sin embargo, en la mayoría de los casos el material ensayado es hormigón. El dispositivo únicamente deberá ser usado en las superficies a ensayar y en el yunque de prueba.

Responsabilidad legal

Nuestras “Condiciones generales de venta y de entrega” tienen vigor en cualquier caso. No habrá lugar a reclamos de garantía y de responsabilidad que resulten de daños personales y materiales si son la consecuencia de una o varias de las siguientes causas:

- La falta de usar el martillo para ensayos de hormigón conforme a sus condiciones previstas
- Una prueba de funcionamiento, un manejo y un mantenimiento incorrectos del martillo para ensayos de hormigón

- La falta de observar las secciones del manual de operación referentes a la prueba de funcionamiento, al manejo y al mantenimiento del martillo para ensayos de hormigón
- Modificaciones estructurales no autorizadas del martillo para ensayos de hormigón
- Daños graves que sean el resultado de los efectos de cuerpos extraños, accidentes, vandalismo y fuerza mayor

Normas de seguridad

Información general

- Realizar el trabajo de mantenimiento prescrito a tiempo
- Ejecutar una prueba de funcionamiento en el momento de haber acabado el trabajo de mantenimiento
- Manejar y desechar los lubricantes y los agentes de limpieza de modo responsable.

Operarios no autorizados

No está permitido que el martillo para ensayos de hormigón sea manejado por niños, ni por cualquier persona bajo influencia de alcohol, drogas o preparaciones farmacéuticas.

Cualquier persona que no esté familiarizada con el manual de operación deberá ser supervisada al estar usando el martillo para ensayos de hormigón.

Iconos de seguridad

Los siguientes iconos se han usado en combinación con todas las notas de seguridad importantes usadas en este manual de operación. ¡Peligro! Esta nota indica un riesgo de lesión grave o mortal en caso de no observar ciertos reglamentos de comportamiento.

¡Advertencia! Esta nota advierte acerca del riesgo de algún daño material, una pérdida económica y sanciones legales (p. ej. pérdida de derechos de garantía, casos de responsabilidad legal, etc.) ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA

El martillo de rebote ha existido desde finales de la década de 1940 y hoy en día es un método para estimar la resistencia a la compresión del hormigón in situ.

Desarrollado en 1948 por un Ingeniero suizo llamado Ernst Schmidt, el dispositivo mide la dureza de superficies de hormigón utilizando el principio de rebote.

El dispositivo a menudo se conoce como martillo suizo.

El martillo suizo, a veces, no se usa correctamente. Esto suele ocurrir cuando alguien intenta utilizar únicamente los valores de rebote obtenidos y la tabla de correlación proporcionada por el productor de equipos para determinar la resistencia a la compresión del hormigón.

El método de prueba estándar ASTM ha sido revisado varias veces en los últimos años y la revisión actual del documento es ASTM C 805-13, Método de prueba estándar para el número de rebote del hormigón endurecido.

¿Como funciona?

ASTM C805, "Método de prueba estándar para el número de rebote de concreto endurecido", resume el procedimiento como "Un martillo de acero impacta, con una cantidad predeterminada de energía, un émbolo de acero en contacto con una superficie de concreto y la distancia a la que el martillo rebota es medido." El dispositivo consta de un émbolo y un martillo de acero con resorte interno y un mecanismo de enganche. Cuando el vástago del émbolo extendido se empuja contra una superficie dura, el resorte que conecta el martillo se estira y cuando se

empuja hasta un límite interno, el pestillo se libera y hace que la energía almacenada en el resorte estirado impulse el martillo contra la punta del émbolo. El martillo golpea el hombro del vástago del émbolo y rebota una cierta distancia. Hay un indicador deslizante en el exterior de la unidad que registra la distancia recorrida durante el rebote. Esta indicación se conoce como número de rebote. Al presionar el botón en el costado de la unidad, el émbolo se bloquea en la posición retraída y el número de rebote (número R) se puede leer en la escala graduada. Un número R más alto indica una mayor dureza de la superficie del hormigón. Las pruebas se pueden realizar en posición horizontal, verticalmente hacia arriba, verticalmente hacia abajo o en cualquier posición intermedia en ángulo con respecto a la superficie (Figs. 1 y 2). Los dispositivos se suministran con curvas de correlación por parte del fabricante.

ASTM C805 ahora establece que estas referencias a la relación entre el número de rebote y la resistencia a la compresión proporcionada por el fabricante "se utilizarán únicamente para proporcionar indicaciones de la resistencia relativa del hormigón en diferentes ubicaciones de una estructura". Para obtener una mayor precisión de los resultados de la prueba, se recomienda que el usuario desarrolle una correlación para el dispositivo en cada diseño de mezcla de concreto que se probará y en el ángulo de prueba previsto.

¿Cuál es la importancia y el uso de esta prueba?

ASTM C805 establece que este método es aplicable para los siguientes usos:

- Para evaluar la uniformidad en el lugar del concreto
- Para delinear regiones en una estructura de concreto de mala calidad o deteriorado
- Para estimar la resistencia en el lugar si se desarrolla una correlación

Esta norma También establece que para usar el dispositivo para estimar la resistencia en el lugar, se debe establecer una relación entre la resistencia y el

número de rebote para el diseño o diseños específicos de mezcla de concreto de interés.

Diferentes martillos de rebote del mismo diseño y fabricación pueden dar números de rebote que varían de 1 a 3 unidades; por lo tanto, al desarrollar la relación fuerza-número de rebote, el operador debe usar el mismo dispositivo en todas las pruebas. La ASTM C805 establece que la relación debe establecerse correlacionando los números de rebote obtenidos para un área determinada de concreto con los resultados de los núcleos obtenidos de las ubicaciones correspondientes.

La razón indicada para el uso requerido de núcleos es que "El uso de probetas moldeadas para desarrollar una correlación puede no proporcionar una relación confiable porque la textura de la superficie y la profundidad de carbonatación de las probetas moldeadas generalmente no son representativas del concreto in situ. "

La ASTM C805 requiere un mínimo de dos núcleos obtenidos de al menos seis ubicaciones con diferentes números de rebote. Las ubicaciones de prueba deben seleccionarse de modo que se obtenga una amplia gama de números de rebote. La norma ASTM también establece que las ubicaciones donde se pretende estimar la resistencia en función de los datos de correlación deberán tener una textura de superficie similar y haber estado expuestas a condiciones similares a las ubicaciones utilizadas para desarrollar los datos de correlación.

La ASTM C805 también proporciona una recomendación para hacer referencia a ACI 228.1R para obtener información adicional sobre el desarrollo adecuado de datos de correlación.

ACI 228.1R-03 aborda el desarrollo de una relación de fuerza tanto para las construcciones nuevas como para las existentes.

Para construcciones nuevas, ACI establece que se deben moldear al menos 12 muestras y en cada edad se debe obtener un conjunto de 10 lecturas del número de rebote de cada par de cilindros.

ACI recomienda además que las muestras se mantengan firmemente en una máquina de compresión a una presión de 500 psi mientras que los números de rebote se obtienen preferiblemente en la misma orientación del dispositivo que se utilizará para medir la estructura.

Para la evaluación de estructuras existentes, ACI también recomienda que se identifiquen de seis a nueve ubicaciones diferentes y que se tomen un mínimo de dos núcleos en cada lugar. ACI recomienda además que los núcleos se sequen con un paño, se almacenen en bolsas de plástico selladas y se prueben de acuerdo con ASTM C42 “Método de prueba para obtener y probar núcleos perforados y vigas aserradas de concreto”. Luego, los datos generados deben correlacionarse con los números de rebote obtenidos en las ubicaciones centrales en el campo.

En la Fig. 3 se puede encontrar un ejemplo de una representación gráfica de datos de comparación.

ACI 228.1R-03 proporciona una discusión muy extensa sobre la interpretación de los resultados de la prueba.

¿Qué factores afectan los resultados de la prueba?

Suavidad de la superficie: la textura de la superficie afecta significativamente el número R obtenido. Las pruebas realizadas en un acabado de textura rugosa normalmente darán como resultado el aplastamiento de la pasta de la superficie, lo que resultará en un número menor. Alternativamente, las pruebas realizadas en el mismo concreto que tiene una textura dura y suave normalmente darán como resultado un número R más alto. Por lo tanto, se recomienda que las áreas de prueba con una superficie rugosa se rectifiquen hasta obtener una suavidad uniforme. Esto se puede lograr fácilmente con una piedra de Carborundum o piedra abrasiva similar. La Guía para pruebas no destructivas de concreto, septiembre de 1997 (FHWA-SA-97-105) publicada por la Administración Federal de Carreteras del Departamento de Transporte de EE. UU. (A la que se hace referencia en este documento como la Guía FHWA) establece: “Investigaciones anteriores también han demostrado que las superficies con llana o las superficies formadas por

encofrados metálicos producen números de rebote entre un 5 y un 25 por ciento más altos que las superficies fundidas contra encofrados de madera ". 3

La Guía FHWA también establece que las superficies alisadas dan como resultado una mayor dispersión de resultados, lo que reduce la confianza en las resistencias estimadas.

La ASTM C805 establece que cuando las superficies formadas se rectificaron, se han observado aumentos en el número de rebote de 2,1 para las superficies formadas de madera contrachapada y 0,4 para las superficies formadas de madera contrachapada de alta densidad.

Edad del concreto: el concreto continúa desarrollando resistencia con la edad debido a la hidratación del cemento. Esta es la razón detrás del desarrollo de datos que relacionan los números de rebote con la resistencia a la compresión de la mezcla de concreto o núcleos de la estructura. No se recomienda la prueba de concreto de menos de 3 días o concreto con resistencias esperadas de menos de 1000 psi. Esto se debe a que los números R serán demasiado bajos para una lectura precisa y la prueba será más destructiva para la superficie del concreto.

Contenido de humedad: esto tiene un efecto profundo en los resultados de la prueba. Las superficies de concreto secas dan como resultado un mayor número de rebotes que las superficies húmedas. La Guía FHWA hace referencia a un estudio en el que se dejaron muestras saturadas de superficie seca (SSD) en una habitación a 70 ° F y se secaron al aire. Los ejemplares ganaron 3 unidades en 3 días y 5 unidades en 7 días. Se recomienda que para lograr los resultados más precisos cuando se desconoce la condición de humedad real, la superficie de los núcleos debe saturarse previamente con agua durante varias horas antes de la prueba y utilizar la correlación desarrollada para las muestras de SSD.

Carbonatación superficial: con mayores cantidades de carbonatación superficial, se obtendrán números de rebote más altos. Los números de rebote de una superficie

carbonatada pueden ser hasta un 50 por ciento más altos que los de las superficies no carbonatadas. Las superficies de concreto más viejas pueden tener cantidades mucho más profundas de carbonatación superficial que el concreto más joven. La ASTM establece que los efectos del contenido de humedad y la carbonatación se pueden reducir humedeciendo completamente la superficie durante 24 horas antes de la prueba, y que donde hay una capa gruesa de carbonatación, puede ser necesario usar una amoladora eléctrica para remover el concreto carbonatado a obtener datos más precisos.

Agregados, huecos de aire y refuerzo de acero: la presencia de materiales en el área inmediata donde el émbolo entra en contacto con el concreto también tendrá un efecto obviamente profundo. Si la prueba se realiza sobre una partícula de agregado duro o una sección de refuerzo de acero, el resultado puede ser un número de rebote inusualmente alto. ASTM C805 establece que no se deben realizar pruebas directamente sobre barras de refuerzo con una cubierta de menos de 0,75 pulgadas. Se recomienda el uso de un pacómetro o dispositivo similar para determinar la ubicación y cobertura en hormigón armado estructuralmente. Asimismo, si la prueba se realiza sobre una partícula de agregado muy suave o un vacío de aire, puede resultar un número de rebote inusualmente bajo. La guía FHWA informó que para resistencias a la compresión iguales, el concreto hecho con piedra caliza triturada resultó en números de rebote aproximadamente 7 unidades más altos que el concreto hecho con grava, lo que representa una diferencia de aproximadamente 1000 psi estimada de resistencia a la compresión. Debido a los factores mencionados anteriormente, ASTM C805 requiere que para cada área de prueba, se obtengan diez lecturas, sin que dos pruebas estén más cerca una de la otra que una pulgada. Las lecturas que difieran del promedio de las diez lecturas en más de seis unidades deben descartarse. Además, si dos lecturas difieren del promedio en seis unidades o más, el operador debe descartar todo el conjunto de lecturas y tomar diez nuevas lecturas dentro del área de prueba.

Temperatura: las pruebas no deben realizarse en superficies de concreto congeladas. El concreto húmedo a temperaturas de 32 ° F o menos puede resultar en números de rebote más altos. Además, la temperatura del propio martillo suizo en condiciones de frío extremo (0°F) puede provocar que el número de rebotes se reduzca hasta en dos o tres unidades.

Calibración del martillo de rebote: el dispositivo en sí debe revisarse y verificarse anualmente o siempre que exista una razón para dudar del funcionamiento adecuado. La verificación del funcionamiento adecuado del dispositivo incluye el uso de un yunque de prueba. Las dimensiones requeridas y la dureza del acero se enumeran en ASTM C805. Si se impacta el yunque de prueba adecuado con un dispositivo que funcione correctamente, normalmente se obtendrán números de rebote de 80 ± 2 . Si se cree que el dispositivo no funciona correctamente, se recomienda enviarlo de vuelta al fabricante o al centro experimentado para que lo reparen y lo reparen. verificación.

¿Cómo interpretar los resultados de la prueba?

Existe una ventaja en el uso del martillo de rebote como un medio de evaluar el concreto para evaluar la uniformidad en el lugar, para delinear regiones en una estructura de concreto de mala calidad o deteriorado y para estimar la resistencia en el lugar. La unidad es fácil de usar y se puede obtener una gran cantidad de lecturas en un período de tiempo relativamente corto. El método es en su mayor parte no destructivo y típicamente más económico que otros métodos. Sin embargo, estas ventajas vienen acompañadas de desventajas relacionadas con las limitaciones en la precisión y la necesidad de una calibración y correlación adecuadas con los núcleos para la evaluación de una estructura existente. El martillo de rebote puede ser una herramienta valiosa para evaluar la uniformidad del hormigón en el campo, siempre que el hormigón se encuentre en las mismas condiciones relacionadas con la edad, el contenido de humedad, la carbonatación de la superficie y la temperatura. No debe utilizarse como sustituto de la realización de procedimientos normales de control de calidad especificados. Lo más importante

es que la versión actual de ASTM C805 establece "Este método de prueba no es adecuado como base para la aceptación o el rechazo del hormigón". Como se indicó anteriormente, cuando se sigue la norma ASTM C805, proporcionará una estimación de la resistencia a la compresión en el lugar; sin embargo, no es una medida directa y los datos obtenidos no deben utilizarse para aceptar o rechazar el hormigón en el lugar.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

En tiempos los maestros de obra y los adeptos a trabajos de edificación en general, solían controlar el estado del hormigón golpeando con un martillo la superficie. En base al sonido más o menos metálico y al rebote, alcanzaban a establecer aproximadamente (muy aproximadamente la verdad) la resistencia del hormigón. El esclerómetro es el perfeccionamiento de este antiguo sistema de valoración. Presionando la punta del esclerómetro contra la superficie a examinar se carga un muelle. Cuando la punta ha entrado totalmente en el esclerómetro, se desengancha automáticamente una masa que golpea la misma punta en la extremidad interna y a través de ésta la superficie del hormigón. Por reacción la punta retransmite a la masa el contragolpe o rebote que es tanto mayor cuanto más duro y compacto es el hormigón. En el curso del rebote la masa arrastra un índice que queda bloqueado en el punto máximo de retorno indicando contemporáneamente un valor de referencia sobre la escala. Este número transferido al diagrama proporciona un valor de la resistencia a compresión en función del ángulo de golpeo. En este manual se proporcionan todas las indicaciones necesarias para un correcto uso, calibración y mantenimiento del esclerómetro.

II. UTILIZACION DEL ESCLEROMETRO

1.- Cuando el esclerómetro está en el estuche, la cabeza percutora (11) se encuentra casi completamente dentro del cuerpo. Para extraerla, presionar la cabeza percutora (11) contra cualquier superficie hasta desengancharla y sacarla totalmente. 2.- Preparar la superficie a examinar quitando (Si es necesario) con la piedra abrasiva (22) el revoque o el enlucido que recubren el hormigón. Apoyar

después el percusor (11) sobre el hormigón en modo que de modo que sea lo más ortogonal posible a la superficie y presionar el esclerómetro en modo continuo y uniforme contra la superficie hasta la percusión del martillo interno (7). Durante el empuje no presionar absolutamente el pulsador (19) que sin embargo de ser presionado después de la percusión y cuando la punta del percutor (11) se encuentra todavía apoyada completamente contra la superficie. 3.- Después de la percusión, el martillo (7) rebota hacia atrás arrastrando consigo un índice de referencia (6) tanto más cuanto mayor es la resistencia del hormigón. Presionando el pulsador (19) se bloquea este índice en el punto máximo alcanzado de manera de poder efectuar cómodamente la lectura sobre la escala graduada (26). El número leído sobre la escala graduada (26) es llevado al diagrama de la etiqueta adhesiva y se llega a la resistencia del hormigón como indican los ejemplos del capítulo III. 4.- Para efectuar otra prueba repetir la operación desde el punto 1.

III. CRITERIOS DE ELECCION DE LOS PUNTO DE GOLPEO Y PREPARACION DE LA SUPERFICIE

1.- Elección de puntos de golpeo. Efectuar preferiblemente el control sobre paredes verticales. Las juntas, los huecos y zonas porosas deben ser evitadas. Se deberá además prestar particular atención a paredes con espesor mínimo de 10 cm. y pilastras con lado menor de 12 cm. que, a causa de su elasticidad podrían falsear la indicación del esclerómetro. En el caso de mortero elaborado con hormigón decadente se revelarán valores decrecientes examinando del bajo al alto. Por esta razón será necesario repetir varias veces la prueba en varios puntos en modo de tener un valor medio representativo.

2.- Preparación de la superficie a examinar. Quitar antes de la prueba el enlucido que recubre el hormigón. Las pequeñas irregularidades superficiales debidas a encofrados de madera y pueden ser eliminadas por medio de la piedra abrasiva (22) suministrada con el instrumento. Se debe tener presente que la superficie a examinar no esta preparada hasta no haber eliminado con una maquina de desbistar el cemento y llegar al hormigón. Incluso en el caso de hormigones muy viejos y por tanto muy endurecidos, superficialmente se deberá implar la superficie

en una profundidad de aprox. 10 mm. correspondiente a una zona suficiente para efectuar de 5 a 10 golpes de esclerómetro. Se aconseja para la limpieza una maquina de aprox. 750 W con muela de 120 mm. de diam. aprox. y velocidad de 6000 vueltas por minuto.

3.- Un vez preparada la superficie a examinar (al menos 10 cm²) se procede al golpeo sobre al menos 5 puntos de la superficie. Es establece la media 'R' de las 5 o más lectoras eliminando aquellas que se alejan particularmente de las otras lecturas y reemplazándolas por nuevas lecturas. Se aconseja repetir los golpes que se separan más de 5 unidades de las otras. 4.- Sobre las tablas I y II se podrán leer los valores Wm' de la resistencia media probable y los valores mínimos de resistencia a la compresión "W mm en las varias unidades de medida. Se recomienda aproximar la media "R" a la media unidad de la escala del esclerómetro redondeando después a las decenas los valores de resistencia ·'W~. Los valores de resistencia a la compresión sobre cubos vienen igualmente recabados si bien más aproximadamente, sobre los diagramas Fig.3a-3c situados en' el esclerómetro.

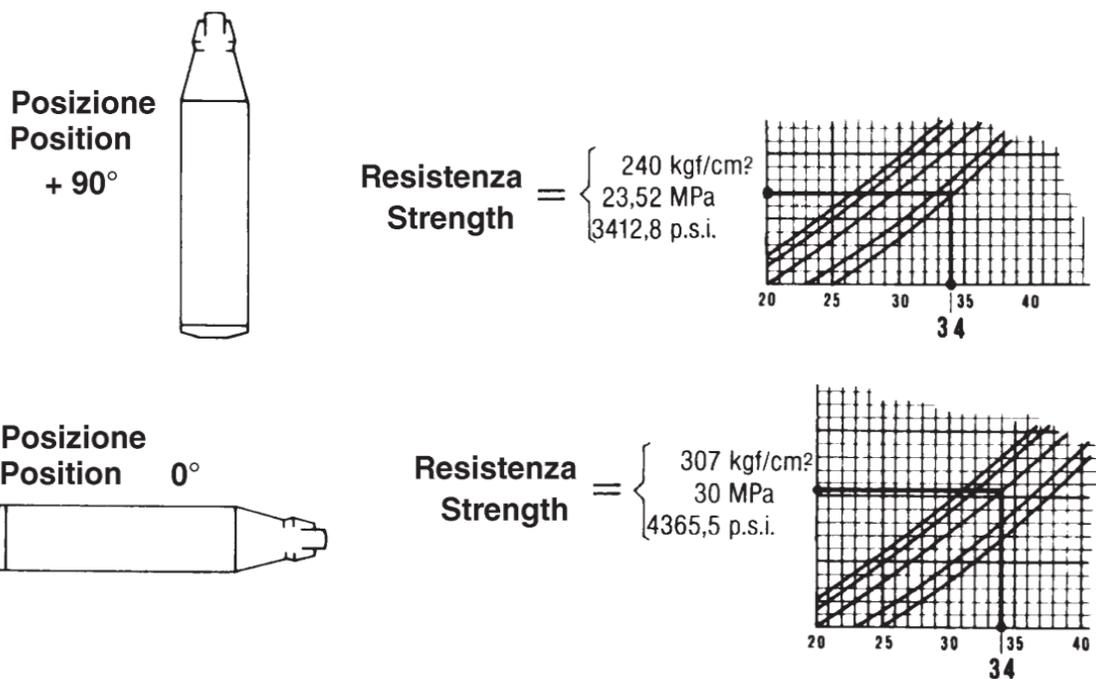


Figura Nro 5. Abacos

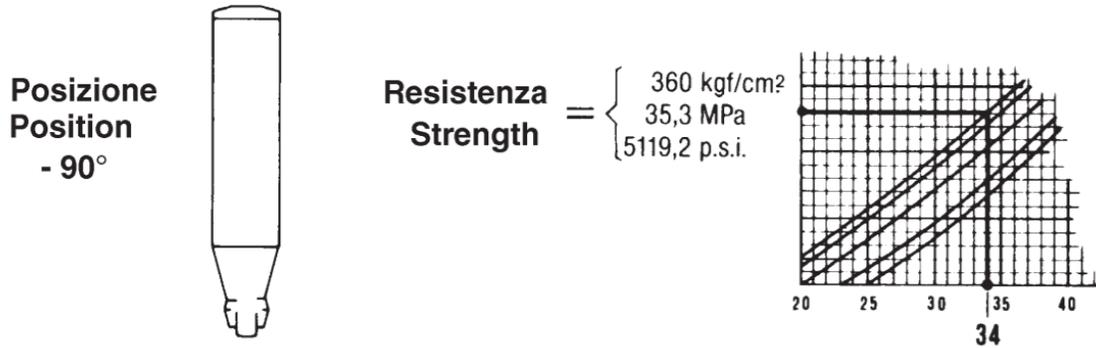


Figura Nro 6. Abacos del esclerómetro

ABACOS DE INTERACCIÓN ESCLEROMÉTRICOS

FUENTE: MANUAL DEL USUARIO, ESCLEROMETRO SCHMIDT

IV. LECTURA DEL DIAGRAMA.

Para llegar a la resistencia del hormigón se debe llevar sobre a la base del diagrama (abscisas) el numero leído sobre la escala graduada (26), subir después en vertical hasta encontrarse una de las curvas (ver explicación seguidamente) que atraviesan diagonalmente el diagrama. Del punto de encuentro (intersección) con una de las curvas se parte en horizontal hacia la izquierda hasta encontrar la escala vertical (ordenadas) donde están las resistencias correspondientes en kgf/cm² o MPa o bien psi según la escala utilizada.

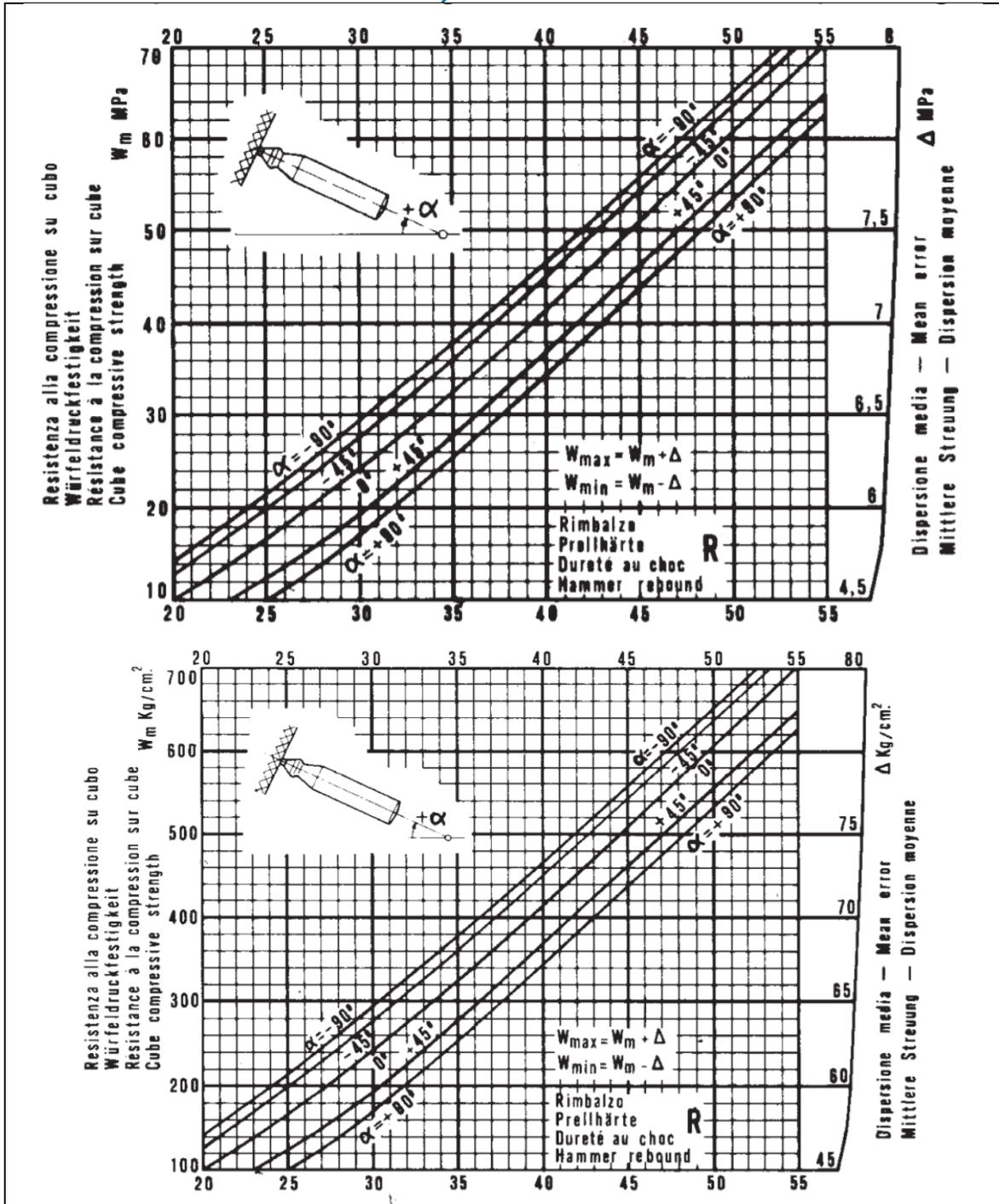


Figura Nro 7. Abacos de interacción

FUENTE: MANUAL DEL USUARIO, ESCLEROMETRO SCHMIDT

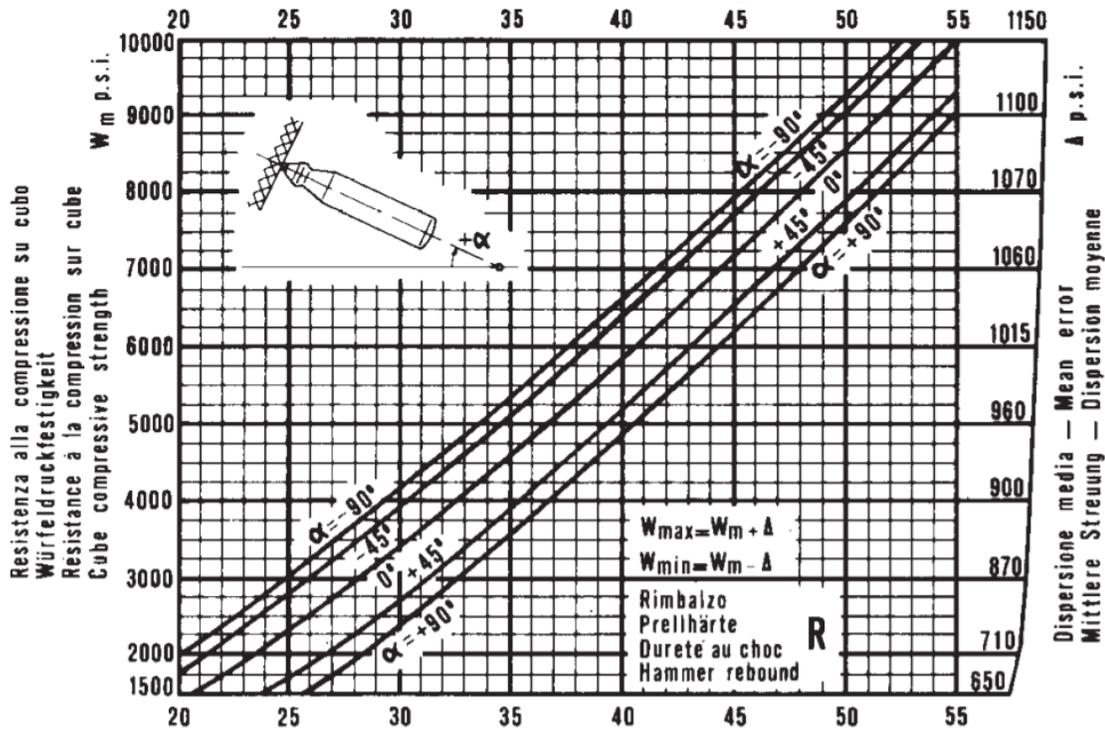


Figura Nro 8. Curvas de interacción.

FUENTE: MANUAL DEL USUARIO, ESCLEROMETRO SCHMIDT

¿QUE CURVA ESCOGER?

Visto que el instrumento puede ser utilizado tanto en superficies verticales que sobre pavimentos, techos y superficies inclinadas, resulta bastante obvio que el rebote del martillo sea afectado por la gravedad por lo que el rebote relativo a una prueba realizada en un techo es con la punta del percusor hacia arriba, a paridad de resistencia del hormigón, será superior a la de la prueba efectuada por ejemplo sobre un pavimento. Para obviar estas diferencias se ha llegado a distintas curvas cada una de las cuales corresponde a las diversas posiciones o ángulos de golpeo como ilustran los ejemplos posteriores: Resulta inútil y además fácilmente intuible reportar los ejemplos relativos a las posiciones inclinadas + 45 y -450 NOTA: las curvas se refieren a hormigones confeccionados con cementos Portland, aridos y

arenas de buena calidad. Edad del hormigón de 14 a 56 días. Superficies lisas y secas. Los límites de la dispersión W_{max} y W_{min} son definidas de modo de comprender el 80% de todos los resultados de las pruebas. Ver el capítulo V referente a los 'Límites de validez de las curvas de calibración'.

LÍMITES DE VALIDEZ DE LAS CURVAS DE CALIBRACION

Las curvas de calibración del esclerómetro (fig. 3a,b,c) han sido trazadas en base a mediciones efectuadas sobre un gran número de probetas cúbicas antes controladas con el esclerómetro y después probadas a compresión sobre una máquina de prueba. Todas las probetas cúbicas empleadas han sido confeccionadas con un hormigón preparado con áridos y cemento Portland de buena calidad. Antes de la prueba a compresión cada probeta ha sido bloqueado entre los dos platos de la máquina de prueba y por tanto controlado con 10 golpes de esclerómetro sobre una cara lateral.

De las experiencias realizadas resulta que la curva de calibración no está en ningún modo condicionada de la dosificación del cemento, de la composición granulométrica, del diámetro de los áridos y de la relación agua/ cemento. Se han notado sin embargo diferencias en los siguientes casos:

- 1.- Productos en piedra artificial de pequeñas dimensiones o contruidos con hormigones de composiciones inusuales. Es aconsejable en estos casos efectuar una serie preliminar de pruebas para determinar la relación entre los valores de rebote y la calidad del material.
- 2.- Hormigones compuestos de agregados poco resistentes, ligeros o fisurables. En este caso la resistencia efectiva del hormigón es más baja de la correspondiente a la curva de calibración. En caso de dudas se deberá determinar experimentalmente la correlación entre los valores de rebote y la resistencia real.
- 3.- Hormigones confeccionados con piedras de superficie demasiado lisa inutilizables para hormigones a alta resistencia. Dado que en este caso el valor de rebote se refiere únicamente a la malta es difícil establecer la resistencia del hormigón.

- 4.- Se verifica el mismo fenómeno del punto 3 utilizando áridos sucios o arcillosos.
- 5.- Hormigones pobres de arena con baja relación agua/cemento, insuficientemente trabajados con la consiguiente formación de huecos invisibles exteriormente pero ciertamente con influencia negativa sobre los valores de rebote.
- 6.- Hormigones desencofrados recientemente o bien estacionados en agua. Antes de efectuar pruebas esclerométricas es deseable secar la superficie a controlar.
- 7.- Hormigones muy viejos y secos. Su superficie está siempre exageradamente dura y por tanto el esclerómetro da un valor superior a la realidad. En este caso, sería necesario eliminar con la muela la parte superficial en una profundidad de aprox. 10 mm. y efectuar las pruebas esclerométricas prestando atención a no golpear los áridos más gruesos.

PRUEBAS DE COMPARACION SOBRE PROBETAS CUBICAS.

Esta operación, cuando sea posible, permite comparar entre ellas:

- Los resultados obtenidos examinando la probeta cúbica con el esclerómetro.
 - Los resultados obtenidos llevando a rotura la probeta cúbica.
 - Los resultados obtenidos examinando el hormigón con el esclerómetro.
- Naturalmente probeta u hormigón manufacturado deben provenir de la misma lechada y ser examinados a los mismos días.

El control esclerométrico de la probeta cúbica se efectúa bloqueando la misma entre los platos de una maquina de compresión prestando 'atención de no superar una carga de 40 KN aprox. (4000 kgf)

Los golpes deben ser bien distribuidos sobre contrapuestas de la probeta. En condiciones normales los tres corresponden aproximadamente.

MANTENIMIENTO DEL ESCLEROMETRO

El instrumento no necesita ningún cuidado especial. Necesitará no obstante prestar atención a evitar incrustaciones en el percutor (11) para facilitar su deslizamiento. Tras un uso prolongado (aprox. 2000 golpes) es necesario una limpieza del instrumento procediendo de la siguiente manera: 1.- Ejercitar una ligera presión sobre el percutor (11) liberándolo del punto de bloqueo superior, dejando deslizar el mismo hasta el fondo de la carrera inferior. Desenroscar la tuerca (15) y quitar los

dos semianillos (14). Desenroscar la tapa (1) y quitar el muelle (2) y toda la parte móvil del instrumento (ATENCIÓN: para sacar esta última es necesario que el martillo (7) este suelto del enganche (17)). 2.- Ejercitar pequeños golpes con el martillo (7) sobre el percutor (11) separando los mismos del árbol de guía (8) y del muelle (12). Soltar el muelle (10) sólo a la extremidad del martillo (7) dejando sin embargo enganchada la otra extremidad con el manguito (13). 3.- Las partes móviles, árbol de guía (8) y las caras de percusión del martillo (7) y del percutor (11) deben ser cuidadosamente limpias. Cepillar enérgicamente con cepillo metálico en el agujero del percutor (11). 4.- Para volver a montar el aparato proceder en sentido inverso recordando montar el muelle (12) y la arandela de fieltro (16). El árbol de guía (8) se debe lubricar (ligemente) con aceite de vaselina o similar. 5.- El índice de lectura (6) y el árbol de guía (5) no deben ser engrasados por cuanto se modifica la característica de deslizamiento con la consiguiente desregulación del instrumento.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

Se la inspección visual se tiene:

4.1 RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN VISUAL

La inspección visual preliminar se lleva a cabo para determinar

La confortabilidad de los ambientes

La habitabilidad del espacio

La seguridad estructural de la obra.

Item a evaluar	RESULTADOS	OBSERVACIONES
Confort	Los bloques A y B son espaciosos, bien orientados de tal manera que son asoleados en la mañana y en la tarde, llenas de luz natural, ofreciendo una eficiencia energética que permite el ahorro de energía eléctrica.	
Habitabilidad	Las aulas son amplias, con paredes de ladrillos y revoque de yeso. Las ventanas son de vidrio doble, pero no son vidrios de seguridad. Los pisos de las aulas son de cerámica. Los pisos de los baños son llenos de humedad. Los baños no son adecuados para personas con capacidades diferentes. Las aulas son espaciosas	

Seguridad	No se evidencian daños estructurales en las paredes, o las losas ni tampoco en las vigas. Pero si se tienen microfisuras dentro de las piezas de hormigón.	
Funcionalidad	Las escaleras de acceso no son adecuadas para personas con capacidades diferentes, debido a que no se cuentan con rampas de acceso.	

Visualmente, se pueden apreciar fisuras y rajaduras en casi todos los pisos del bloque B.



Figura Nro 9. Fisuras en gradas Bloque B

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Figura Nro 10. Fisuras en columnas Bloque A

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Figura Nro 11. Microfisuras en Bloque B

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Estas rajaduras y fisuras tienen un ancho de 0,01 mm y no representan peligro para el comportamiento estructural del edificio, pero si en el futuro pueden ser la causa para la oxidación de las armaduras de refuerzo a causa de la humedad por lo que se recomienda reparar las fisuras con un mortero de cemento.

4.2 RESULTADOS DEL ENSAYO DE PACOMETRÍA

Con ese ensayo se obtiene información de:

- a) localización de armaduras en el hormigón endurecido
- b) espesor de recubrimientos
- c) diámetro de las armaduras

El recubrimiento actúa como una barrera física entre la armadura y el ambiente al que se encuentra expuesta la estructura. Dependiendo de sus características, el acceso de los agentes agresivos que provocan corrosión se producirá de manera gradual, dañando la estructura.

El tipo de daño depende del espesor del recubrimiento y su relación con el diámetro de la armadura. Así, los trabajos de inspección y de reparación requieren conocer exactamente la localización y principales características de la armadura:

- número de barras
- diámetro de las armaduras
- separación entre barras.

El método más habitual de medida del recubrimiento y de localización de armaduras es el empleo de pacómetros. Estos aparatos están basados en las diferentes propiedades electromagnéticas del acero y del hormigón que los rodea. Cuando un campo magnético alterno afecta a un circuito eléctrico, se induce un potencial que es proporcional a la tasa de cambio del flujo magnético a través del área encerrada por dicho circuito. Este principio de inducción electromagnética es el que permite a los pacómetros medir los cambios en el campo magnético producidos por la presencia de las armaduras.

Equipo

- Regla
- Flexómetro
- Pacómetro

Preparación del lugar de ensayo

El ensayo se lo puede realizar sobre los acabados, para luego quitar éstos, en lugares donde no se encuentre armadura, y sean preparados para posteriores ensayos (esclerometría y ultrasonido).

Procedimiento

Lo primero que se debe hacer es calibrar el instrumento, para ello se enciende el equipo, se alza su sensor (sonda) al aire, en este instante se presiona el botón de calibración. Este procedimiento se lo realiza cada vez que se enciende el instrumento en inmediaciones del área de estudio. Luego se procede a localizar la armadura realizando un barrido con el sensor del pacómetro en sentido perpendicular a la armadura principal, marcando los lugares donde el instrumento indique la menor profundidad de armadura, que son, en definitiva donde se encuentran los estribos. En forma posterior en lugares donde no se encuentre estribos se procede a ubicar con el mismo procedimiento descrito anteriormente la armadura principal. Una vez bosquejada la ubicación de las armaduras se procede a la lectura de diámetros con un implemento y función del instrumento. Cabe recalcar que se debe tener práctica para la lectura de diámetros, ya que la medida que da el pacómetro para una barra determinada es afectada por la presencia de las barras cercanas.

Cálculos

Se debe registrar en planilla la disposición de las armaduras (espaciamiento de estribos, cantidad de barras longitudinales, y diámetros). En cuanto a los diámetros éstos deben ser corregidos en función a la presencia de armadura adyacente (estribos y armadura longitudinal).

Se realizaron las pruebas de pacometría en el bloque A, obteneniéndose los siguientes resultados.

Columna medianera

DIMENSIÓN : 30 cm x 30 cm

Recubrimiento 3 cm

Barras longitudinales: diámetro de la barra 12 mm

Número de barras: 3 barras por cara.

Diámetro de los estribos: 06 mm

Separación de estribos: 15 cm



Figura Nro 12. Preparación de la superficie para el ensayo esclerométrico

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Figura Nro 13. Ensayo de pacometría

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.3 RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA

Se realizó un ensayo de esclerometría, obteniéndose los siguientes resultados en el bloque A:

Nº	Valor del rebote
1	35
2	30
3	31
4	33
5	29
6	30
7	35
8	34
9	33
Mediana	33
Desv. Estandar	2,1
Promedio	34

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Correlacionando con los valores establecidos por el esclerómetro, se tienen:

	Zm	Zmax	Zmin	
	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²	ERROR
22	110	160	60	50%
23	120	170	70	44%
24	130	180	80	40%
25	140	190	90	35%
26	150	200	100	31%
27	170	220	120	33%
28	180	230	130	28%
29	190	240	140	26%
30	210	270	150	32%
31	220	280	160	28%
32	230	280	180	20%
33	250	310	190	26%
34	260	320	200	23%
35	280	340	220	24%
36	290	450	130	55%
37	310	370	250	21%
38	320	380	260	19%
39	340	400	280	19%
40	350	410	290	17%
41	370	430	310	17%
42	380	440	320	15%
43	400	460	340	15%
44	420	490	350	18%
45	430	490	370	14%
46	450	520	380	16%
47	460	520	400	12%
48	480	540	420	13%
49	500	570	430	15%
50	510	570	450	11%
51	530	600	460	13%
52	550	620	480	13%
53	560	620	500	10%
54	580	650	510	12%
55	600	670	530	12%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Resultados

Resistencia del
concreto

		Zm	Zmax	Zmin	Error
R =	34	260	320	200	23%

La resistencia del concreto mínima del bloque A es de 200 kgf/cm².

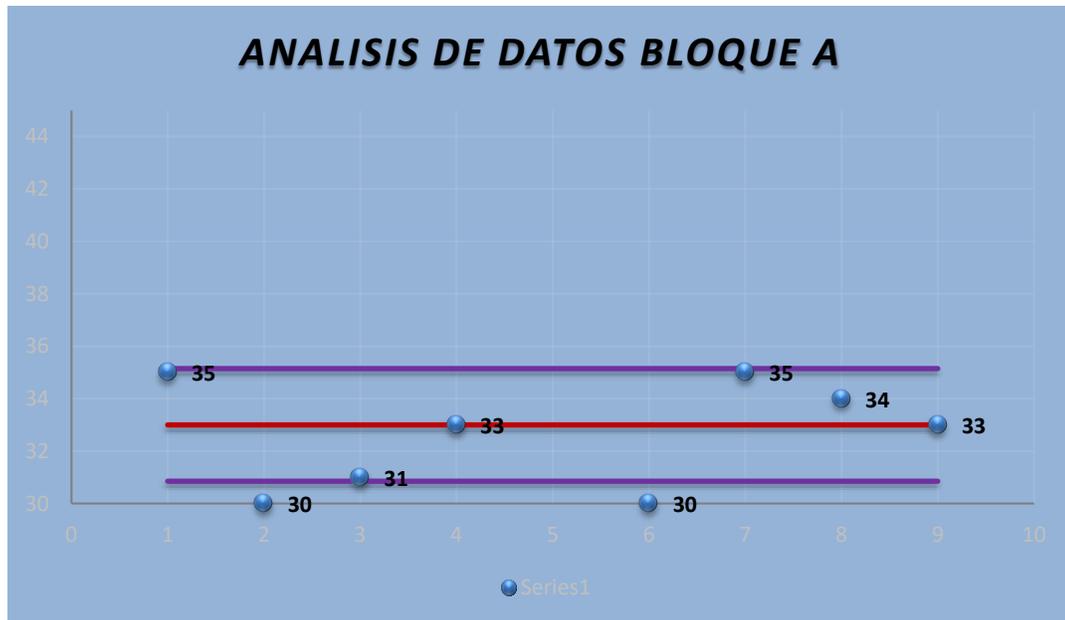


Figura Nro 14. Resultados del ensayo de esclerometría en el Bloque A

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Ensayo de esclerometría del bloque B:

Nº	Valor del rebote
1	33
2	35
3	32
4	32
5	35
6	38
7	36
8	30
9	28
Mediana	33
Desv. Estandar	2,9
Promedio	33

Correlacionando con los valores establecidos por el esclerómetro, se tienen:

	Zm	Zmax	Zmin	ERROR
	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²	
22	110	160	60	50%
23	120	170	70	44%
24	130	180	80	40%
25	140	190	90	35%
26	150	200	100	31%
27	170	220	120	33%
28	180	230	130	28%
29	190	240	140	26%
30	210	270	150	32%
31	220	280	160	28%
32	230	280	180	20%
33	250	310	190	26%
34	260	320	200	23%
35	280	340	220	24%
36	290	450	130	55%
37	310	370	250	21%
38	320	380	260	19%
39	340	400	280	19%
40	350	410	290	17%
41	370	430	310	17%
42	380	440	320	15%
43	400	460	340	15%
44	420	490	350	18%
45	430	490	370	14%
46	450	520	380	16%
47	460	520	400	12%
48	480	540	420	13%
49	500	570	430	15%
50	510	570	450	11%
51	530	600	460	13%
52	550	620	480	13%
53	560	620	500	10%
54	580	650	510	12%
55	600	670	530	12%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Resistencia del
concreto**

		Zm	Zmax	Zmin	Error
R =	33	250	310	190	26%

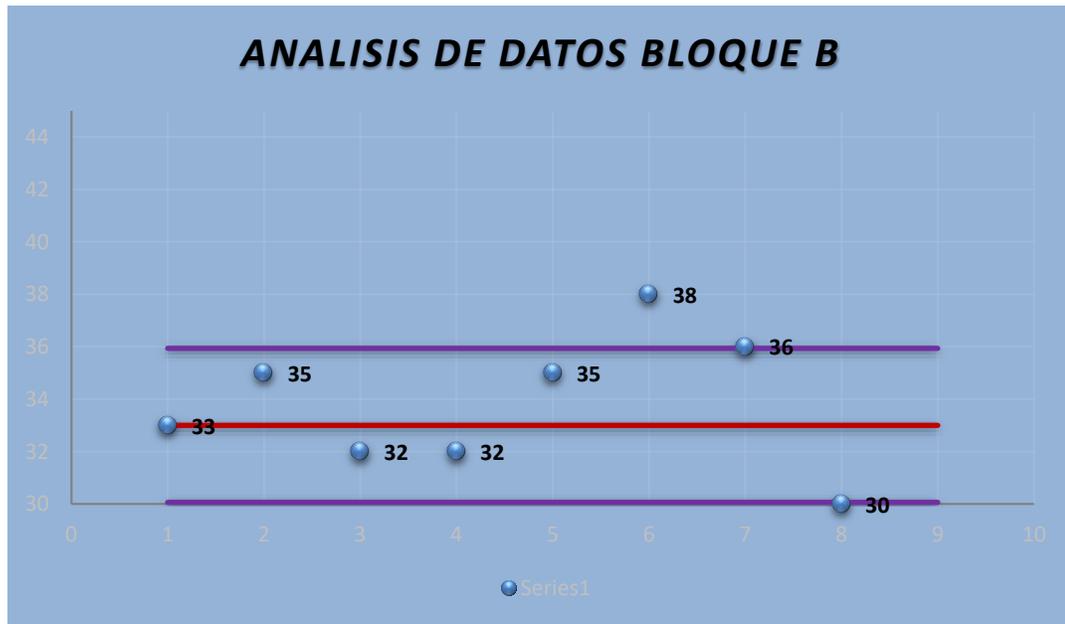


Figura Nro 15. Resultados del ensayo de Esclerometría Bloque B

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Figura Nro 16. Equipo de esclerometría

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Según los datos hallados por esclerometría, la resistencia promedio del concreto en el bloque A es de 260 kgf/cm², mientras que en el bloque B la resistencia promedio es de 250 kgf/cm².



Figura Nro 17 Esclerómetro digital

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Figura Nro 18. Preparación de la superficie

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Figura Nro 19. Ensayo de martillo neumático

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Figura Nro 20. Esclerometría de columnas

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Figura Nro 21. Ensayo con martillo nemático en columnas

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.4 RESULTADOS DE LA EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO

Este ensayo se aplica para la obtención de núcleos cilíndricos de concreto a partir de estructuras existentes.

El ensayo permite la evaluación de la resistencia del concreto a partir de cilindros extraídos del elemento estructural ensayado.

La muestra se obtiene con taladros equipados con broca de punta de diamante.

Es importante hacer notar que el ensayo de pacometría determinó la ubicación de las barras longitudinales y transversales de la columna estudiada. Gracias a este ensayo se pudo determinar el diámetro de la broca para realizar el perforado y la toma de muestra.



Figura Nro 22. Preparación para la toma de testigos

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Figura Nro 23. Extracción de testigos

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Figura Nro 24. Muestra extraída con diamantina

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Posteriormente se lleva la muestra al laboratorio y se lo ensaya a compresión.



Figura Nro 25. Muestra en laboratorio

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Figura Nro 26. Ensayo de compresión de cilindros

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La rotura en laboratorio mostró una resistencia de 220 kgf/cm², lo cual indica que el hormigón tiene una buena resistencia.

A pesar que el hormigón superficialmente parece deteriorado, al tomar una probeta de muestra, se determinó que su resistencia a la compresión es elevada,

comparada con el ensayo de esclerometría, el cual determinó una resistencia de 200 kgf/cm².

4.5 RESULTADOS DE LA MODELACIÓN ESTRUCTURAL

MODELACIÓN ESTRUCTURAL

CARGAS PERMANENTES Y SOBRECARGAS DE USO

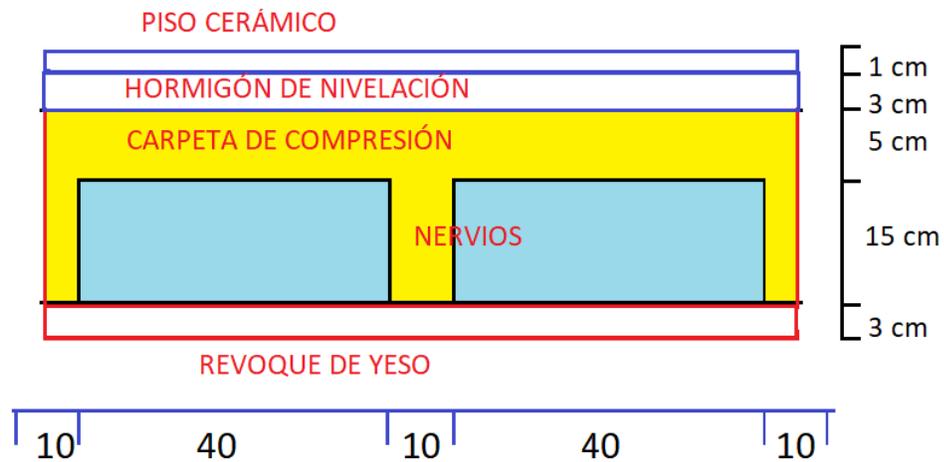


Figura Nro 27. Análisis de pesos propios

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Elemento	Altura [m]	Peso Específico [kgf/m ³]	Peso=Altura*Peso específico [kgf/m ²]
Piso cerámico	0,01	2000	20
Hormigón de nivelación	0,03	2200	66
Carpeta de compresión	0,05	2500	125
Revoque de yeso	0,03	1000	30
Nervios			75
		Peso total	316

PESO PROPIO TOTAL

$$q_{pp} = 316 \frac{kgf}{m^2}$$

Se toma en cuenta una

$$q_{pp} = 350 \frac{kgf}{m^2}$$

SOBRECARGA DE USO: Aulas

$$q_{sc} = 300 \frac{kgf}{m^2}$$

1.- VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA

CYPECAD Versión: 2015

Número de licencia: 50190

2.- DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA

Proyecto: BLOQUE A

Clave: BLOQUE A

3.- NORMAS CONSIDERADAS

Hormigón: CBH 87

Aceros conformados: AISI

Aceros laminados y armados: AISC ASD 89

4.- ACCIONES CONSIDERADAS

4.1.- Gravitatorias

Planta	S.C.U (t/m ²)	Cargas muertas (t/m ²)
Forjado 2	0.35	0.30
Forjado 1	0.35	0.30
Cimentación	0.00	0.00

4.2.- Viento

Sin acción de viento

4.3.- Sismo

Sin acción de sismo

4.4.- Hipótesis de carga

Automáticas	Peso propio Cargas muertas Sobrecarga de uso
-------------	--

5.- ESTADOS LÍMITE

E.L.U. de rotura. Hormigón	CBH 87
E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	Control de la ejecución: Normal Daños previsibles: B. Daños de tipo medio Exposición al viento: Normal
Tensiones sobre el terreno Desplazamientos	Acciones características

6.- SITUACIONES DE PROYECTO

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

$$\sum_{i=1}^n \gamma_G G_{ki} + \gamma_P P_k + \sum_{i=1}^n \gamma_{Q_i} Q_{ki}$$

- Donde:

G_k Acción permanente

P_k Acción de pretensado

Q_k Acción variable

γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

γ_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado

γ_{Q_1}

γ_{Q_1} Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

γ_{Q_i} Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

6.1.- Coeficientes parciales de seguridad (γ) y coeficientes de combinación (ψ)

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Hormigón: CBH 87

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: CBH 87

Situación 1		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	1.600
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600

Situación 2		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.925	1.440
Sobrecarga (Q)	0.000	1.440

Tensiones sobre el terreno

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000

Desplazamientos

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000

6.2.- Combinaciones

- Nombres de las hipótesis

PP Peso propio

CM Cargas muertas

Qa Sobrecarga de uso

- E.L.U. de rotura. Hormigón
- E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones

Comb.	PP	CM	Qa
1	0.900	0.900	
2	1.600	1.600	
3	0.900	0.900	1.600
4	1.600	1.600	1.600

- Tensiones sobre el terreno
- Desplazamientos

Comb.	PP	CM	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.000	1.000	1.000

7.- DATOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS Y PLANTAS

Grupo	Nombre del grupo	Planta	Nombre planta	Altura	Cota
2	Forjado 2	2	Forjado 2	3.20	6.90
1	Forjado 1	1	Forjado 1	3.70	3.70
0	Cimentación				0.00

8.- DATOS GEOMÉTRICOS DE PILARES, PANTALLAS Y MUROS

8.1.- Pilares

GI: grupo inicial

GF: grupo final

Ang: ángulo del pilar en grados sexagesimales

Datos de los pilares

Referencia	Coord(P.Fijo)	GI- GF	Vinculación exterior	Ang.	Punto fijo	Canto de apoyo
P1	(0.00, 0.00)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
P2	(6.20, 0.00)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
P3	(0.00, 6.20)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
P4	(0.00, 11.95)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P5	(6.20, 6.20)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P6	(6.20, 11.95)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.60
P7	(12.15, 11.95)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
P9	(13.35, 11.95)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.30
P10	(18.15, 11.95)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.30
P11	(23.95, 11.95)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.30
P12	(29.75, 11.95)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P13	(35.55, 11.95)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P14	(41.35, 11.95)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.30
P15	(41.35, 16.60)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P16	(41.35, 22.40)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P17	(41.35, 28.20)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P18	(41.35, 34.00)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
P19	(41.35, 39.80)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.30
P20	(35.55, 39.80)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
P21	(29.75, 39.80)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P22	(23.95, 39.80)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35

P23	(23.95, 34.00)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.60
P24	(29.75, 34.00)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.60
P25	(35.55, 34.00)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.65
P26	(35.55, 28.20)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.60
P27	(29.75, 28.20)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P28	(23.95, 28.20)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P29	(23.95, 22.40)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P30	(29.75, 22.40)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Mitad inferior	0.60
P31	(35.55, 22.40)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.60
P32	(23.95, 16.60)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P33	(29.75, 16.60)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P34	(35.55, 16.60)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.60
P35	(0.00, 39.80)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.30
P36	(6.20, 39.80)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
P37	(12.15, 39.80)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P39	(18.15, 39.80)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.30
P40	(19.35, 39.80)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.30
P41	(18.15, 34.00)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
P42	(12.15, 34.00)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.60
P43	(6.20, 34.00)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.65
P44	(0.00, 34.00)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
P45	(0.00, 28.20)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
P46	(6.20, 28.20)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.60
P47	(12.15, 28.20)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P48	(18.15, 28.20)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45
P49	(19.35, 34.00)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
P50	(19.35, 28.20)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P51	(19.35, 22.40)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P52	(18.15, 22.40)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
P53	(12.15, 22.40)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.60
P54	(6.20, 22.40)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.60
P55	(0.00, 22.40)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
P56	(19.35, 16.60)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P57	(18.15, 16.60)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45

P58	(12.15, 16.60)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P59	(6.20, 16.60)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Mitad inferior	0.55
P60	(0.00, 16.60)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P61	(0.00, -6.05)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P62	(6.20, -6.05)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P63	(12.15, 6.20)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.30
P64	(19.35, 11.95)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.30
P65	(13.35, 6.20)	0-2	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.30

9.- DIMENSIONES, COEFICIENTES DE EMPOTRAMIENTO Y COEFICIENTES DE PANDEO PARA CADA PLANTA

Pilar	Planta	Dimensiones (cm)	Coeficiente de empotramiento		Coeficiente de pandeo		Coeficiente de rigidez axil
			Cabeza	Pie	X	Y	
Para todos los pilares	2	25x25	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00
	1	25x25	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00

10.- LOSAS Y ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN

-Tensión admisible en situaciones persistentes: 1.50 kp/cm²

-Tensión admisible en situaciones accidentales: 1.50 kp/cm²

11.- MATERIALES UTILIZADOS

11.1.- Hormigones

Elemento	Hormigón	f_{ck} (kp/cm ²)	γ_c	Tamaño máximo del árido (mm)
Todos	H-20 , Control Normal	204	1.50	20

11.2.- Aceros por elemento y posición

11.2.1.- Aceros en barras

Elemento	Acero	f_{yk} (kp/cm ²)	γ_s
Todos	AH-400 , Control Normal	4077	1.15

11.2.2.- Aceros en perfiles

Tipo de acero para perfiles	Acero	Límite elástico (kp/cm ²)	Módulo de elasticidad (kp/cm ²)
Acero conformado	A-36	2548	2089704
Acero laminado	ASTM A 36 36 ksi	2548	2100000

Comprobación de las Zapatas

Comprobación	Valores	Estado
Ángulo máximo talud: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 30 grados Calculado: 18.4349 grados	Cumple
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 1.5 kp/cm ² Calculado: 0.428 kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes:	Máximo: 1.875 kp/cm ² Calculado: 0.995 kp/cm ²	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los</i>		

valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 635.8 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 56.0 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 0.34 t·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 0.70 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 1.06 t	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 2.22 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
-Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 407.74 t/m ² Calculado: 15.57 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
-P65:	Mínimo: 15 cm Calculado: 23 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.001	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0014	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0014	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 8.1.7.1 de la norma CBH 87</i>	Calculado: 0.0014	
-Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0004	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0007	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:	Mínimo: 10 mm	
-Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple

<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
Separación máxima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 30 cm	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 19 cm	
-Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 27 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 27 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 27 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 27 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 8 cm	
-Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

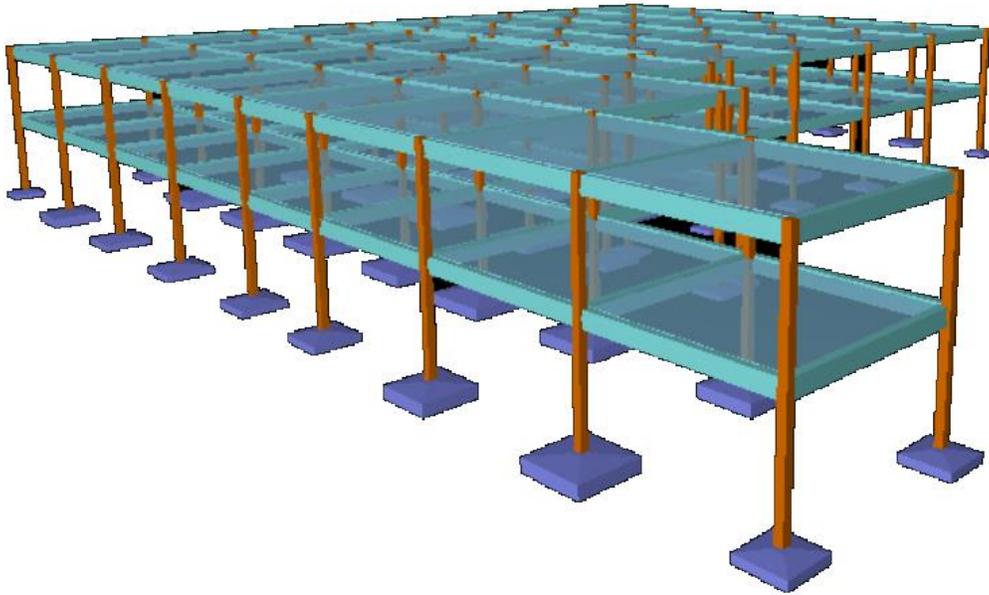


Figura Nro 28. Modelación Bloque A

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Modelación estructural del bloque A

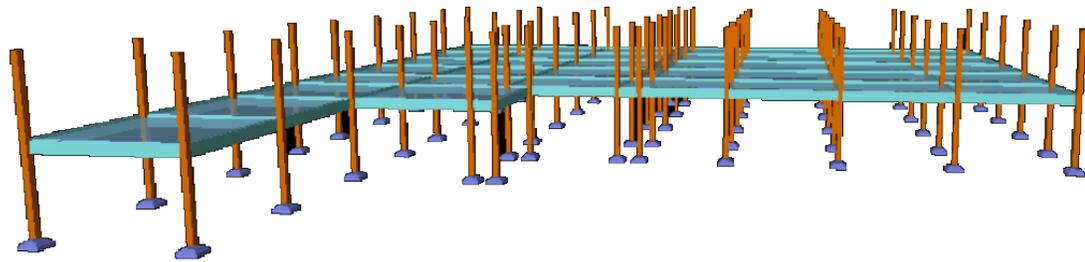


Figura Nro 29. Modelación Bloque A . columnas

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Ubicación de columnas

Resultados

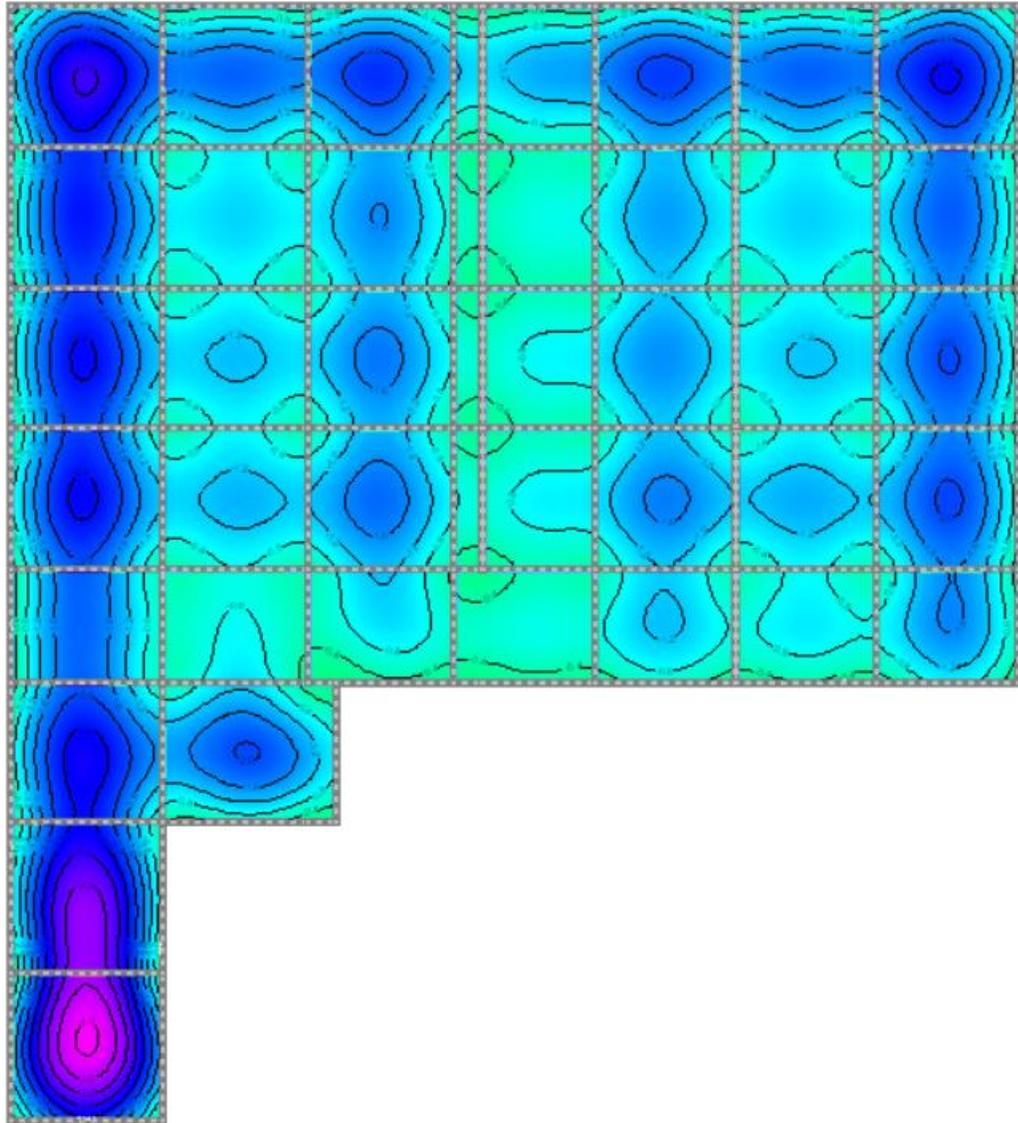


Figura Nro 30. Deformaciones

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

DEFORMACIONES EJE Z

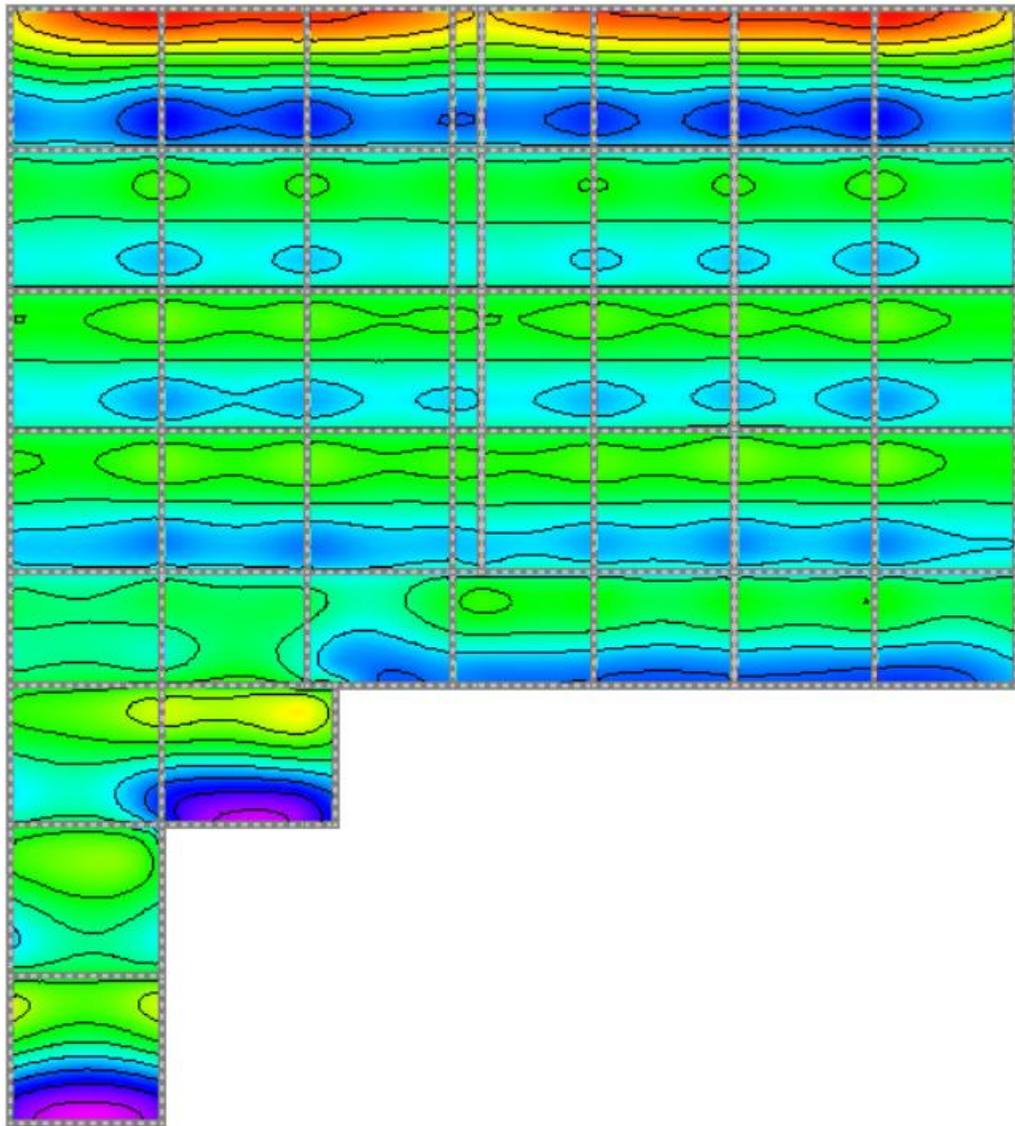


Figura Nro 31. Flechas en losas

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

ÁNGULOS DE GIRO EJE X

ESTUDIO ESTRUCTURAL DEL BLOQUE A Y B
DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO”

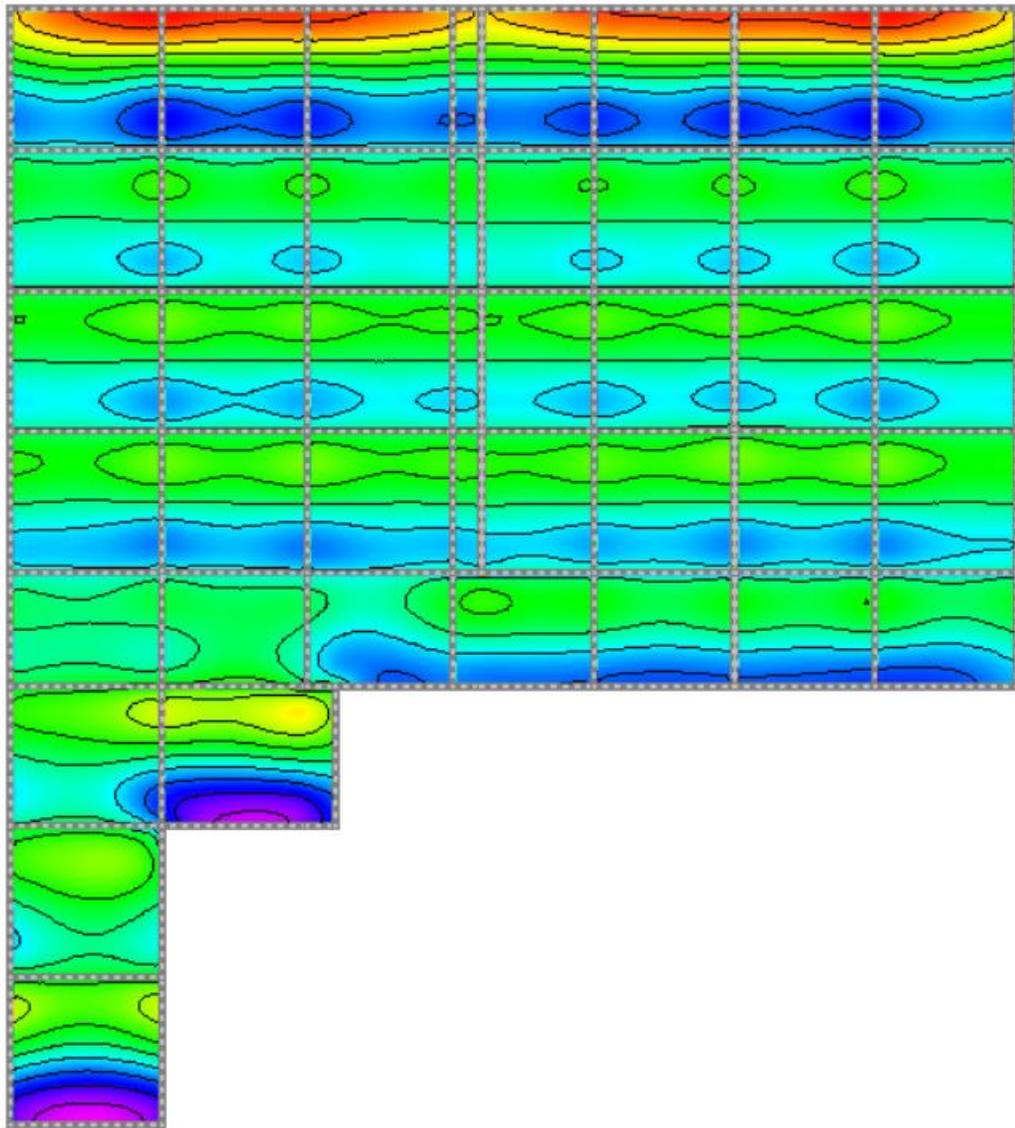


Figura Nro 32. angulos de giros

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

ANGULOS DE GIRO EJE Y

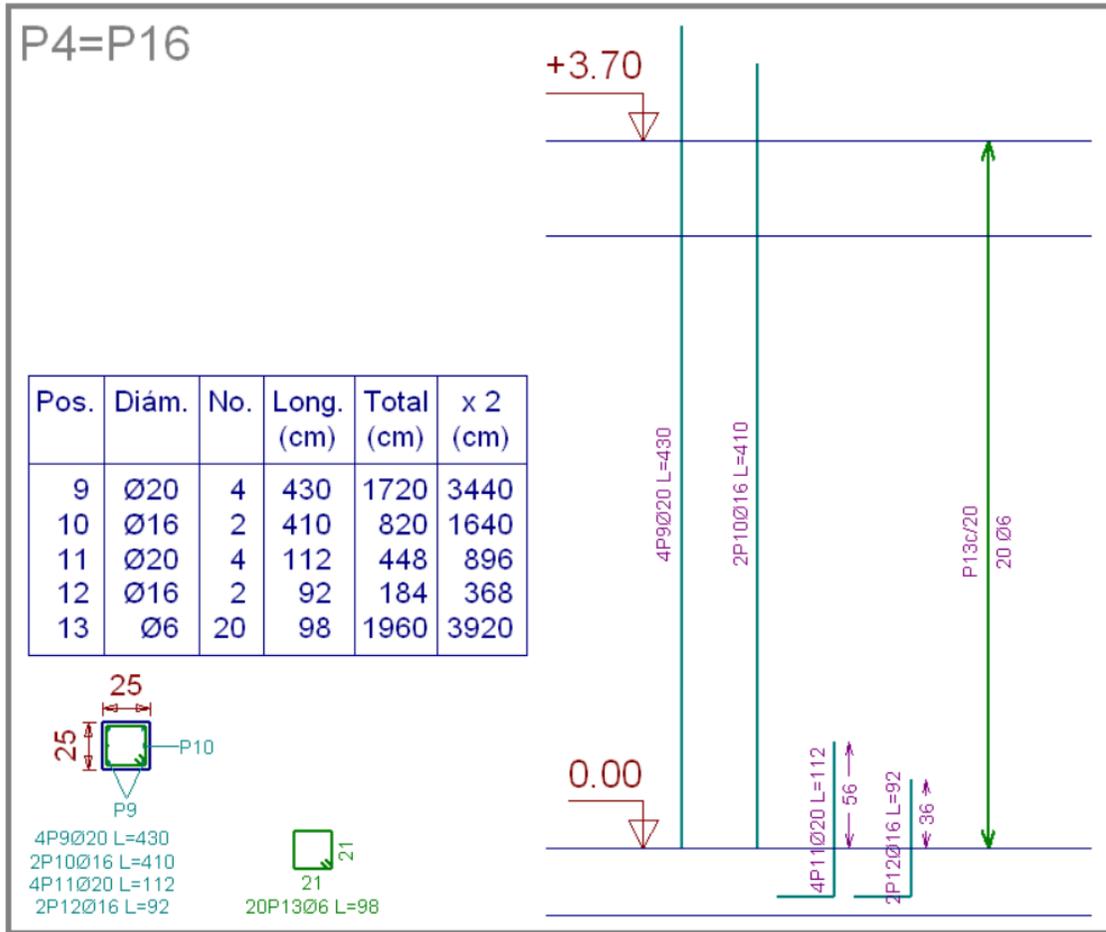


Figura Nro 33. Columnas

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

DESPIECE DE PILARES

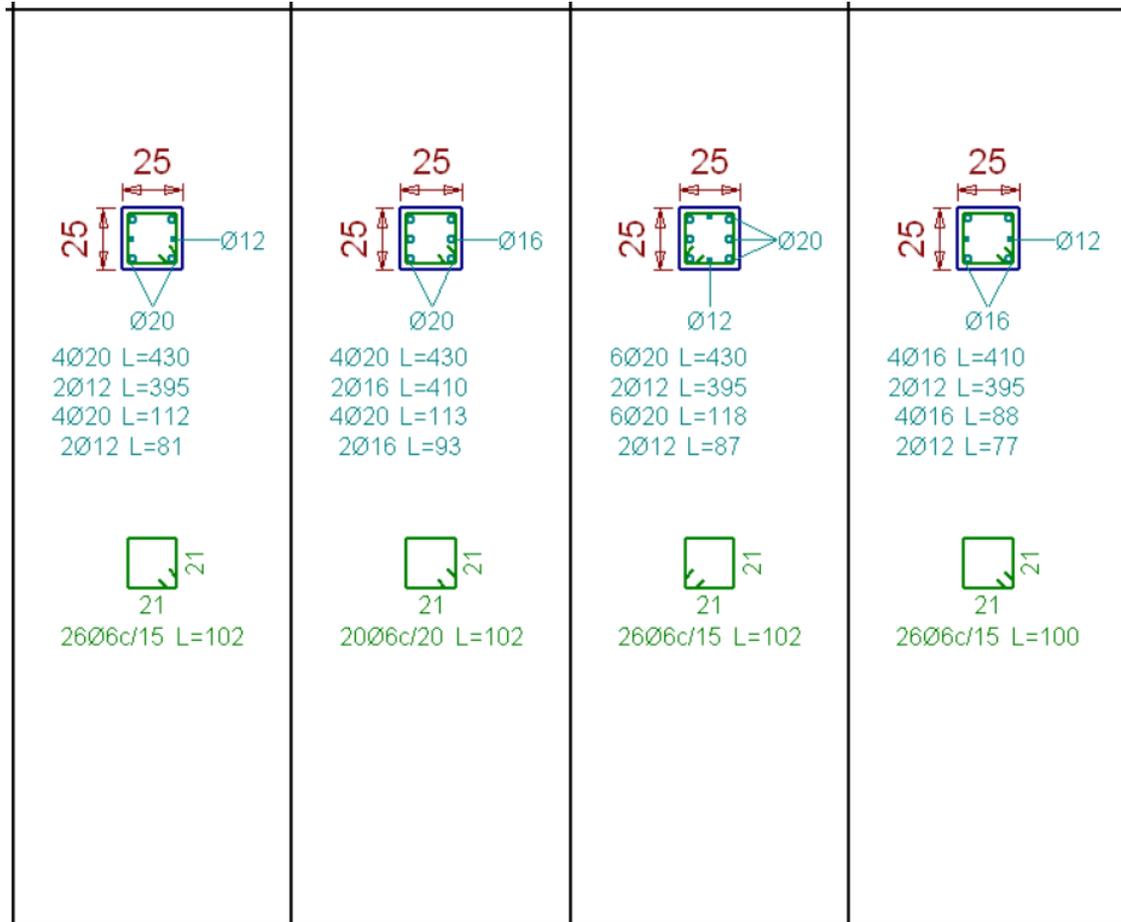


Figura Nro 34. Armado de columnas

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

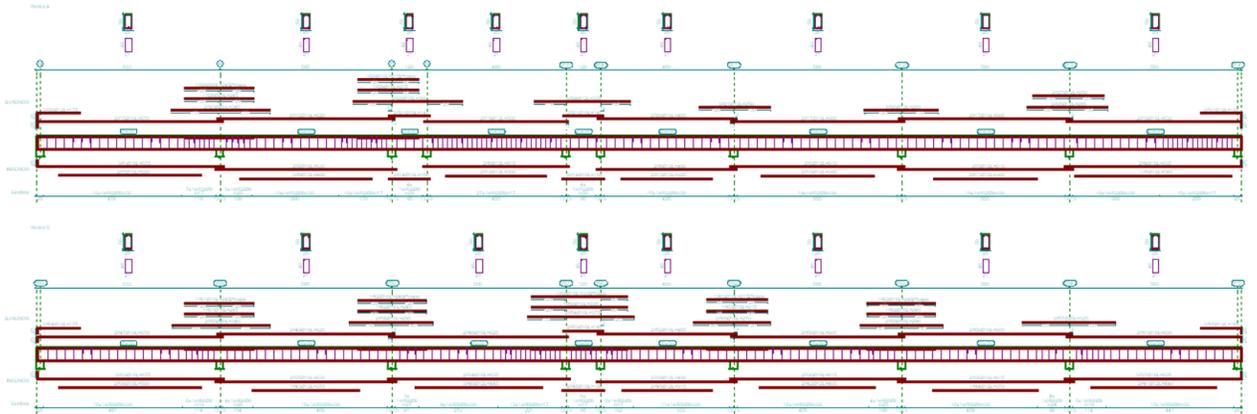


Figura Nro 35. Armado de vigas

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

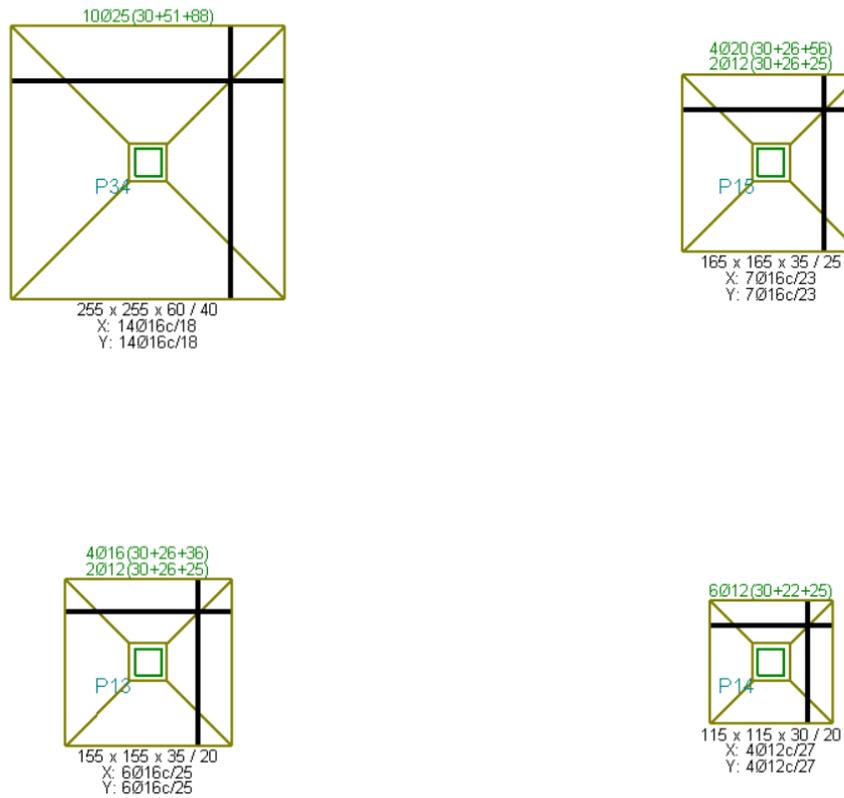
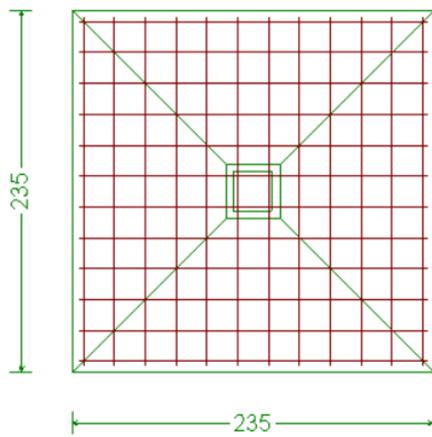
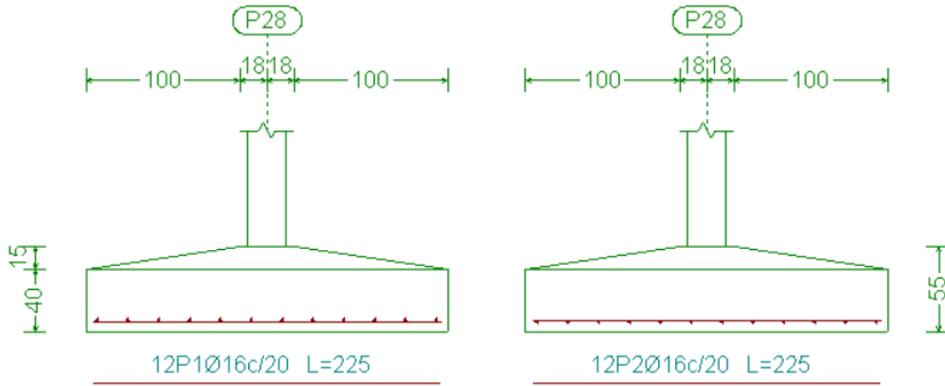


Figura Nro 36. Tipos de zapatas

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

P28



P28

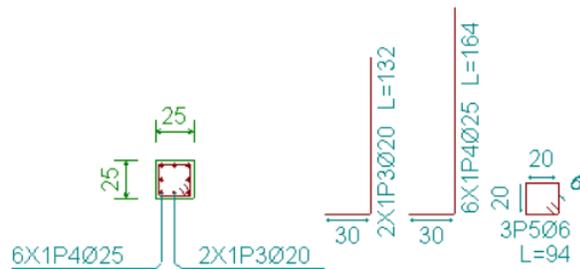


Figura Nro 37. Zapatas

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

CUADRO DE ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN				
Referencias	Dimensiones (cm)	Canto (cm)	Armado inf. X	Armado inf. Y
P1 y P52	205x205	50 / 40	15Ø12c/13	15Ø12c/13
P2	195x195	50 / 40	8Ø16c/24	8Ø16c/24
P3 y P44	185x185	50 / 40	11Ø12c/16	11Ø12c/16
P4 y P22	165x165	35 / 25	7Ø16c/24	7Ø16c/24
P5	245x245	55 / 40	8Ø20c/29	8Ø20c/29
P6, P24, P31 y P46	265x265	60 / 40	10Ø20c/27	10Ø20c/27
P7	185x185	40 / 25	9Ø16c/21	9Ø16c/21
P9	125x125	30 / 20	6Ø12c/21	6Ø12c/21
P10	115x115	30 / 20	5Ø12c/24	5Ø12c/24
P11 y P39	145x145	30 / 20	6Ø16c/25	6Ø16c/25
P12	145x145	35 / 20	5Ø16c/29	5Ø16c/29
P13	155x155	35 / 20	6Ø16c/25	6Ø16c/25
P14	115x115	30 / 20	4Ø12c/27	4Ø12c/27
P15	165x165	35 / 25	7Ø16c/23	7Ø16c/23
P16 y P21	165x165	35 / 25	13Ø12c/12.5	13Ø12c/12.5
P17 y P60	165x165	35 / 25	12Ø12c/13	12Ø12c/13
P18	175x175	40 / 25	13Ø12c/13	13Ø12c/13
P19	125x125	30 / 20	6Ø12c/22	6Ø12c/22
P20	175x175	50 / 40	10Ø12c/17	10Ø12c/17
P23	255x255	60 / 40	8Ø20c/30	8Ø20c/30
P25	275x275	65 / 40	10Ø20c/27	10Ø20c/27
P26, P34 y P53	255x255	60 / 40	14Ø16c/18	14Ø16c/18
P27	245x245	55 / 40	13Ø16c/19	13Ø16c/19
P28	235x235	55 / 40	12Ø16c/20	12Ø16c/20
P29	245x245	55 / 35	8Ø20c/29	8Ø20c/29
P30	255x255	60 / 35	9Ø20c/29	9Ø20c/29
P32	235x235	55 / 35	8Ø20c/30	8Ø20c/30
P33	245x245	55 / 35	24Ø12c/10	24Ø12c/10
P35	125x125	30 / 20	6Ø12c/20	6Ø12c/20
P36 y P55	175x175	40 / 25	13Ø12c/12.5	13Ø12c/12.5
P37	165x165	35 / 25	7Ø16c/22	7Ø16c/22
P40	115x115	30 / 20	5Ø12c/25	5Ø12c/25

Figura Nro 38. Resumen de zapatas

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En este caso, para la columna P43, la dimensión debe ser de 0,35 m x 0,50 m.

MODELACIÓN ESTRUCTURAL DEL BLOQUE B

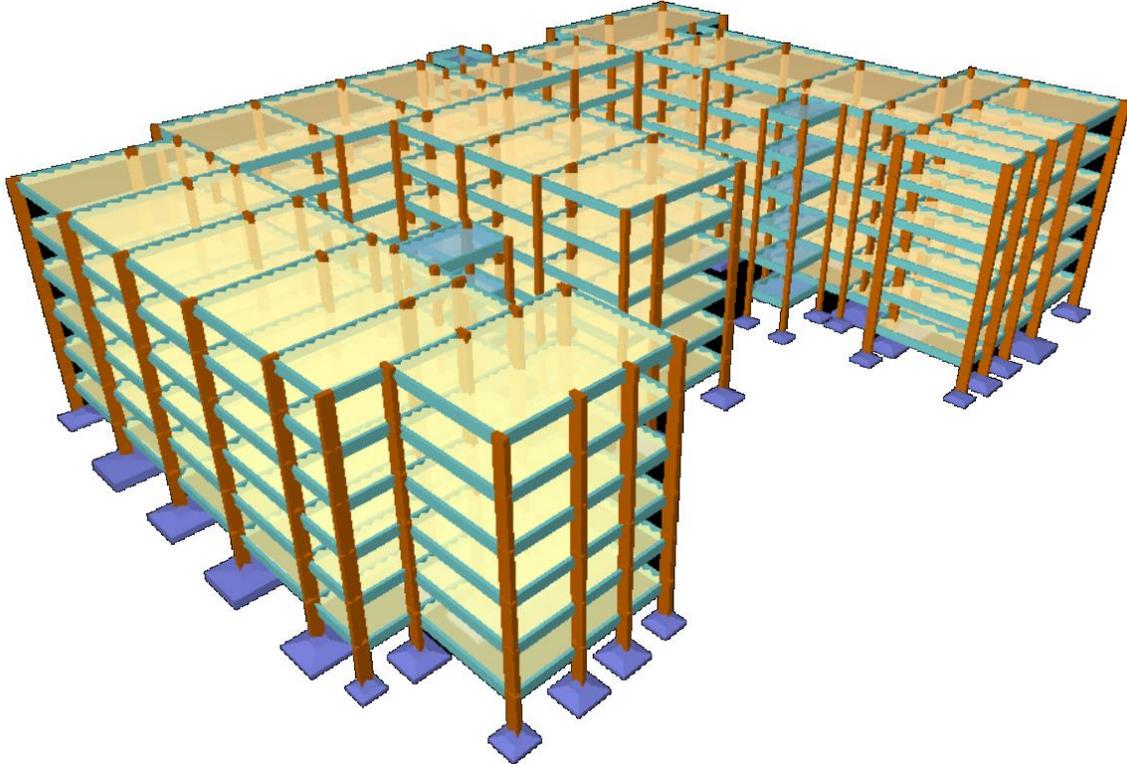


Figura Nro 41. Modelación del Bloque B

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

1.- VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA

CYPECAD Versión: 2015

Número de licencia: 50190

2.- DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA

Proyecto: UPEA

Clave: BLOQUE B1 Y B2

3.- NORMAS CONSIDERADAS

Hormigón: CBH 87

Aceros conformados: AISI

Aceros laminados y armados: AISC LRFD 86

4.- ACCIONES CONSIDERADAS

4.1.- Gravitatorias

Planta	S.C.U (t/m ²)	Cargas muertas (t/m ²)
Forjado 6	0.35	0.30
Forjado 5	0.35	0.30
Forjado 4	0.35	0.30
Forjado 3	0.35	0.30
Forjado 2	0.35	0.30
Forjado 1	0.35	0.30
Cimentación	0.00	0.00

4.2.- Viento

Sin acción de viento

4.3.- Sismo

Sin acción de sismo

4.4.- Hipótesis de carga

Automáticas	Peso propio Cargas muertas Sobrecarga de uso
-------------	--

5.- ESTADOS LÍMITE

E.L.U. de rotura. Hormigón E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	CBH 87 Control de la ejecución: Normal Daños previsibles: B. Daños de tipo medio Exposición al viento: Normal
Tensiones sobre el terreno Desplazamientos	Acciones características

6.- SITUACIONES DE PROYECTO

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

$$\sum_{i=1}^n \gamma_{G_i} G_{k_i} + \gamma_P P_k + \sum_{i=1}^n \gamma_{Q_i} Q_{k_i}$$

- Donde:

- G_k Acción permanente
 P_k Acción de pretensado
 Q_k Acción variable
 γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
 γ_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

6.1.- Coeficientes parciales de seguridad (γ) y coeficientes de combinación (ψ)

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Hormigón: CBH 87

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: CBH 87

Situación 1		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	1.600
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600

Situación 2		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.925	1.440
Sobrecarga (Q)	0.000	1.440

Tensiones sobre el terreno

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000

Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
----------------	-------	-------

Desplazamientos

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000

6.2.- Combinaciones

- **Nombres de las hipótesis**

PP Peso propio

CM Cargas muertas

Qa Sobrecarga de uso

- **E.L.U. de rotura. Hormigón**
- **E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones**

Comb.	PP	CM	Qa
1	0.900	0.900	
2	1.600	1.600	
3	0.900	0.900	1.600
4	1.600	1.600	1.600

- **Tensiones sobre el terreno**
- **Desplazamientos**

Comb.	PP	CM	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.000	1.000	1.000

7.- DATOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS Y PLANTAS

Grupo	Nombre del grupo	Planta	Nombre planta	Altura	Cota
6	Forjado 6	6	Forjado 6	2.70	16.20

5	Forjado 5	5	Forjado 5	2.70	13.50
4	Forjado 4	4	Forjado 4	2.70	10.80
3	Forjado 3	3	Forjado 3	2.70	8.10
2	Forjado 2	2	Forjado 2	2.70	5.40
1	Forjado 1	1	Forjado 1	2.70	2.70
0	Cimentación				0.00

8.- DATOS GEOMÉTRICOS DE PILARES, PANTALLAS Y MUROS

8.1.- Pilares

GI: grupo inicial

GF: grupo final

Ang: ángulo del pilar en grados sexagesimales

Datos de los pilares

Referencia	Coord(P.Fijo)	GI-GF	Vinculación exterior	Ang	Punto fijo	Canto de apoyo
P1	(0.00, 0.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
P2	(7.20, 0.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.75
P3	(14.05, 0.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.70
P4	(21.05, 0.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.70
P5	(28.05, 0.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.65
P6	(32.05, 0.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.30
P7	(0.00, 7.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.60
P8	(7.20, 7.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.85
P9	(14.05, 7.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.80
P10	(21.05, 7.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.80

P11	(32.05, 7.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.60
P12	(39.05, 7.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
P13	(39.05, 3.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
P14	(32.05, 3.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P15	(32.05, 10.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
P16	(39.05, 10.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45
P17	(39.05, 13.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P18	(32.05, 13.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
P19	(28.05, 7.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.70
P20	(0.12, 45.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45
P22	(21.05, 10.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45
P23	(14.05, 10.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45
P24	(7.20, 10.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P27	(-3.00, 10.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
P28	(-3.00, 17.25)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.70
P29	(4.20, 17.25)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.85
P32	(-3.00, 24.25)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.70
P35	(4.20, 24.25)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.85
P36	(7.20, 38.10)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
P37	(-3.00, 38.10)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.30

P38	(-3.00, 45.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P39	(4.20, 38.10)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.75
P40	(4.20, 45.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P41	(-3.00, 52.50)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.75
P42	(4.20, 52.50)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45
P43	(-3.00, 59.70)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P44	(4.20, 59.70)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45
P45	(7.20, 17.25)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P46	(7.20, 21.45)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
P47	(14.05, 21.45)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
P48	(21.05, 21.45)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
P49	(28.05, 21.45)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.30
P50	(28.05, 24.25)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P51	(21.05, 24.25)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.85
P52	(14.05, 24.25)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.85
P53	(7.20, 45.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.60
P54	(7.20, 24.25)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.70
P55	(28.05, 31.47)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
P56	(21.05, 31.47)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.70
P57	(14.05, 31.47)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.70

P58	(7.20, 31.47)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.65
P60	(7.20, 55.50)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
P61	(14.05, 55.50)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.70
P62	(21.05, 55.50)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.70
P63	(28.05, 55.50)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.75
P64	(28.05, 59.70)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P66	(4.20, 10.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P67	(0.00, 10.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P68	(7.20, 48.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.80
P69	(14.05, 48.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.75
P70	(21.05, 48.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.85
P71	(28.05, 48.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.75
P73	(14.05, 45.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45
P74	(21.05, 45.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45
P75	(28.05, 45.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
P76	(32.25, 59.70)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.65
P77	(39.45, 59.70)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
P79	(28.05, 10.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45
P83	(22.95, 14.70)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
P84	(26.20, 14.70)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35

P85	(-3.00, 31.47)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
P86	(4.20, 31.47)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.70
P87	(4.20, 55.50)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P88	(39.45, 52.50)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.70
P89	(39.45, 48.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
P90	(39.45, 45.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.50
P91	(39.45, 42.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P92	(32.25, 52.50)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.80
P93	(32.25, 48.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P94	(32.25, 45.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.55
P95	(32.25, 42.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P107	(-4.00, 33.15)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P108	(-4.00, 36.42)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P109	(0.12, 38.10)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.00
P111	(0.12, 31.47)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.00
P112	(0.12, 33.15)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.45
P113	(0.12, 36.42)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
P114	(22.95, 45.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
P115	(26.20, 45.30)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
P116	(26.20, 40.65)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35

P117	(22.95, 40.65)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.35
P118	(22.95, 10.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
P119	(26.20, 10.00)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.40
P120	(7.20, 52.50)	0-6	Con vinculación exterior	0.0	Centro	0.75

9.- DIMENSIONES, COEFICIENTES DE EMPOTRAMIENTO Y COEFICIENTES DE PANDEO PARA CADA PLANTA

Pilar	Planta	Dimensiones (cm)	Coeficiente de empotramiento		Coeficiente de pandeo		Coeficiente de rigidez axil
			Cabeza	Pie	X	Y	
P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P19, P50, P51, P52, P54, P55, P56, P57, P58, P36, P53, P60, P61, P62, P63, P68, P69, P70, P71, P79, P87	6	30x70	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00
	5	30x70	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	4	30x70	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	3	30x70	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	2	30x70	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P27, P28, P29, P32, P35, P37, P38, P39, P40, P41, P42, P43, P44, P76, P77, P85,	6	70x30	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00
	5	70x30	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	4	70x30	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	3	70x30	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	2	70x30	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
1	70x30	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	

P86, P88, P89, P90, P91, P92, P93, P94, P95							
P22, P23, P24, P45, P46, P47, P48, P49, P64, P73, P74, P75, P66, P67	6	40x40	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00
	5	40x40	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	4	40x40	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	3	40x40	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	2	40x40	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	1	40x40	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
P83, P84, P107, P108, P109, P111, P112, P113, P114, P115, P116, P117, P118, P119, P120	6	35x35	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00
	5	35x35	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	4	35x35	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	3	35x35	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	2	35x35	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	1	35x35	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
P20	6	30x30	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00
	5	30x30	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	4	30x30	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	3	30x30	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	2	30x30	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
	1	30x30	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00

10.- LISTADO DE PAÑOS

Tipos de forjados considerados

Nombre	Descripción
VIGUETA	FORJADO DE VIGUETAS IN SITU Canto de bovedilla: 20 cm Espesor capa compresión: 5 cm Intereje: 55 cm Ancho del nervio: 5 cm Ancho de la base: 10 cm Bovedilla: BOVEDILLA Peso propio: 0.284 t/m ²

11.- LOSAS Y ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN

-Tensión admisible en situaciones persistentes: 2.00 kp/cm²

-Tensión admisible en situaciones accidentales: 2.00 kp/cm²

12.- MATERIALES UTILIZADOS

12.1.- Hormigones

Elemento	Hormigón	f_{ck} (kp/cm ²)	γ_c	Tamaño máximo del árido (mm)
Todos	H-20 , Control Normal	204	1.50	20

12.2.- Aceros por elemento y posición

12.2.1.- Aceros en barras

Elemento	Acero	f_{yk} (kp/cm ²)	γ_s
Todos	AH-400 , Control Normal	4077	1.15

12.2.2.- Aceros en perfiles

Tipo de acero para perfiles	Acero	Límite elástico (kp/cm ²)	Módulo de elasticidad (kp/cm ²)
Acero conformado	A-36	2548	2089704
Acero laminado	ASTM A 36 36 ksi	2548	2100000

Combinaciones

- **Nombres de las hipótesis**

PP Peso propio

CM Cargas muertas

Qa Sobrecarga de uso

- **Categoría de uso**

1. General

- **E.L.U. de rotura. Hormigón**

CBH 87

Control de la ejecución: Normal

Daños previsibles: B. Daños de tipo medio

Exposición al viento: Normal

- **E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones**

CBH 87

Control de la ejecución: Normal

Daños previsibles: B. Daños de tipo medio

Exposición al viento: Normal

Comb.	PP	CM	Qa
1	0.900	0.900	
2	1.600	1.600	
3	0.900	0.900	1.600
4	1.600	1.600	1.600

- **Acero conformado**

Acciones características

- **Tensiones sobre el terreno**

Acciones características

- **Desplazamientos**

Acciones características

Comb.	PP	CM	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.000	1.000	1.000

- **E.L.U. de rotura. Acero laminado**

AISC LRFD

Comb.	PP	CM	Qa
1	1.400	1.400	
2	1.200	1.200	
3	1.200	1.200	1.600

- **E.L.U. de rotura. Madera**

CTE

Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m

1. Coeficientes para situaciones persistentes o transitorias

Comb.	PP	CM	Qa
1	0.800	0.800	
2	1.350	1.350	
3	0.800	0.800	1.500
4	1.350	1.350	1.500

2. Coeficientes para situaciones accidentales de incendio

Comb.	PP	CM	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.000	1.000	0.500

- E.L.U. de rotura. Aluminio

EC

Nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m

Comb.	PP	CM	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.350	1.350	
3	1.000	1.000	1.500
4	1.350	1.350	1.500

CIMENTACIONES

Referencias	Geometría	Armado
P1	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 210.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 50.0 cm	X: 7Ø20c/28 Y: 7Ø20c/28
P2	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 320.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 60.0 cm Canto pedestal: 75.0 cm	X: 25Ø16c/12.5 Y: 25Ø16c/12.5
P3	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 290.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 40.0 cm Canto pedestal: 70.0 cm	X: 23Ø16c/12.5 Y: 23Ø16c/12.5
P4	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 310.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 55.0 cm	X: 10Ø25c/30 Y: 10Ø25c/30

	Canto pedestal: 70.0 cm	
P5	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 270.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 25.0 cm Canto pedestal: 65.0 cm	X: 13Ø20c/21 Y: 13Ø20c/21
P6	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 140.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 30.0 cm	X: 8Ø12c/18 Y: 8Ø12c/18
P7	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 240.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 25.0 cm Canto pedestal: 60.0 cm	X: 16Ø16c/15 Y: 16Ø16c/15
P8	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 360.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 60.0 cm Canto pedestal: 85.0 cm	X: 35Ø16c/10 Y: 35Ø16c/10
P9	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 340.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 60.0 cm Canto pedestal: 80.0 cm	X: 30Ø16c/11 Y: 30Ø16c/11
P10	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 350.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 60.0 cm Canto pedestal: 80.0 cm	X: 34Ø16c/10 Y: 34Ø16c/10
P11	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 260.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 25.0 cm Canto pedestal: 60.0 cm	X: 12Ø20c/21 Y: 12Ø20c/21
P12	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 210.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 50.0 cm	X: 12Ø16c/17 Y: 12Ø16c/17
P13	Zapata cuadrada piramidal	X: 14Ø12c/12

	Ancho: 170.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 40.0 cm	Y: 14Ø12c/12
P14	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 220.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 25.0 cm Canto pedestal: 55.0 cm	X: 8Ø20c/27 Y: 8Ø20c/27
P15	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 220.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 50.0 cm	X: 9Ø20c/24 Y: 9Ø20c/24
P16	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 200.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 45.0 cm	X: 19Ø12c/10 Y: 19Ø12c/10
P17	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 160.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 35.0 cm	X: 13Ø12c/12 Y: 13Ø12c/12
P18	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 160.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 25.0 cm Canto pedestal: 40.0 cm	X: 6Ø16c/25 Y: 6Ø16c/25
P19	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 300.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 40.0 cm Canto pedestal: 70.0 cm	X: 10Ø25c/29 Y: 10Ø25c/29
P20	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 160.0 cm Ancho pedestal: 40.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 45.0 cm	X: 6Ø16c/25 Y: 6Ø16c/25
P22	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 180.0 cm Ancho pedestal: 50.0 cm	X: 14Ø12c/12.5 Y: 14Ø12c/12.5

	Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 45.0 cm	
P23	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 190.0 cm Ancho pedestal: 50.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 45.0 cm	X: 9Ø16c/20 Y: 9Ø16c/20
P24	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 220.0 cm Ancho pedestal: 50.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 55.0 cm	X: 13Ø16c/17 Y: 13Ø16c/17
P27, P85	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 160.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 25.0 cm Canto pedestal: 40.0 cm	X: 7Ø16c/24 Y: 7Ø16c/24
P28	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 310.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 60.0 cm Canto pedestal: 70.0 cm	X: 10Ø25c/30 Y: 10Ø25c/30
P29	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 370.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 60.0 cm Canto pedestal: 85.0 cm	X: 23Ø20c/16 Y: 23Ø20c/16
P32	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 310.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 60.0 cm Canto pedestal: 70.0 cm	X: 10Ø25c/30 Y: 10Ø25c/30
P35	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 360.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 60.0 cm Canto pedestal: 85.0 cm	X: 22Ø20c/16 Y: 22Ø20c/16
P36, P55	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 210.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 50.0 cm	X: 8Ø20c/27 Y: 8Ø20c/27

P37	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 140.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 30.0 cm	X: 5Ø12c/30 Y: 5Ø12c/30
P38	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 220.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 25.0 cm Canto pedestal: 55.0 cm	X: 14Ø16c/15 Y: 14Ø16c/15
P39	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 310.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 35.0 cm Canto pedestal: 75.0 cm	X: 17Ø20c/18 Y: 17Ø20c/18
P40	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 220.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 25.0 cm Canto pedestal: 55.0 cm	X: 8Ø20c/26 Y: 8Ø20c/26
P41	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 320.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 55.0 cm Canto pedestal: 75.0 cm	X: 11Ø25c/29 Y: 11Ø25c/29
P42, P44	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 180.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 25.0 cm Canto pedestal: 45.0 cm	X: 8Ø16c/22 Y: 8Ø16c/22
P43	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 220.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 25.0 cm Canto pedestal: 55.0 cm	X: 13Ø16c/16 Y: 13Ø16c/16
P45, P66	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 210.0 cm Ancho pedestal: 50.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 55.0 cm	X: 7Ø20c/30 Y: 7Ø20c/30
P46	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 160.0 cm	X: 6Ø16c/25 Y: 6Ø16c/25

	Ancho pedestal: 50.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 40.0 cm	
P47	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 190.0 cm Ancho pedestal: 50.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 50.0 cm	X: 15Ø12c/12 Y: 15Ø12c/12
P48	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 190.0 cm Ancho pedestal: 50.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 50.0 cm	X: 9Ø16c/21 Y: 9Ø16c/21
P49	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 130.0 cm Ancho pedestal: 50.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 30.0 cm	X: 8Ø12c/16 Y: 8Ø12c/16
P50, P87	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 240.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 55.0 cm	X: 11Ø20c/22 Y: 11Ø20c/22
P51, P70	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 360.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 60.0 cm Canto pedestal: 85.0 cm	X: 14Ø25c/26 Y: 14Ø25c/26
P52	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 360.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 60.0 cm Canto pedestal: 85.0 cm	X: 14Ø25c/26 Y: 14Ø25c/26
P53	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 250.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 25.0 cm Canto pedestal: 60.0 cm	X: 11Ø20c/22 Y: 11Ø20c/22
P54	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 290.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 25.0 cm	X: 23Ø16c/12.5 Y: 23Ø16c/12.5

	Canto pedestal: 70.0 cm	
P56	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 310.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 60.0 cm Canto pedestal: 70.0 cm	X: 10Ø25c/30 Y: 10Ø25c/30
P57	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 310.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 60.0 cm Canto pedestal: 70.0 cm	X: 24Ø16c/12.5 Y: 24Ø16c/12.5
P58	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 270.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 25.0 cm Canto pedestal: 65.0 cm	X: 13Ø20c/21 Y: 13Ø20c/21
P60	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 180.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 40.0 cm	X: 16Ø12c/11 Y: 16Ø12c/11
P61	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 310.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 60.0 cm Canto pedestal: 70.0 cm	X: 10Ø25c/30 Y: 10Ø25c/30
P62	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 310.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 60.0 cm Canto pedestal: 70.0 cm	X: 25Ø16c/12 Y: 25Ø16c/12
P63	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 310.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 40.0 cm Canto pedestal: 75.0 cm	X: 11Ø25c/29 Y: 11Ø25c/29
P64	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 140.0 cm Ancho pedestal: 50.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 35.0 cm	X: 5Ø16c/29 Y: 5Ø16c/29
P67	Zapata cuadrada piramidal	X: 8Ø20c/27

	Ancho: 220.0 cm Ancho pedestal: 50.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 55.0 cm	Y: 8Ø20c/27
P68	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 350.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 60.0 cm Canto pedestal: 80.0 cm	X: 21Ø20c/16 Y: 21Ø20c/16
P69	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 330.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 55.0 cm Canto pedestal: 75.0 cm	X: 12Ø25c/27 Y: 12Ø25c/27
P71	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 320.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 40.0 cm Canto pedestal: 75.0 cm	X: 18Ø20c/17 Y: 18Ø20c/17
P73	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 180.0 cm Ancho pedestal: 50.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 45.0 cm	X: 14Ø12c/12 Y: 14Ø12c/12
P74	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 180.0 cm Ancho pedestal: 50.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 45.0 cm	X: 9Ø16c/20 Y: 9Ø16c/20
P75	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 160.0 cm Ancho pedestal: 50.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 40.0 cm	X: 7Ø16c/24 Y: 7Ø16c/24
P76	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 260.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 25.0 cm Canto pedestal: 65.0 cm	X: 12Ø20c/22 Y: 12Ø20c/22
P77	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 210.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm	X: 8Ø20c/26 Y: 8Ø20c/26

	Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 50.0 cm	
P79	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 190.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 45.0 cm	X: 9Ø16c/20 Y: 9Ø16c/20
P83, P119	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 145.0 cm Ancho pedestal: 45.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 40.0 cm	X: 5Ø16c/28 Y: 5Ø16c/28
P84	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 145.0 cm Ancho pedestal: 45.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 35.0 cm	X: 6Ø16c/24 Y: 6Ø16c/24
P86	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 280.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 25.0 cm Canto pedestal: 70.0 cm	X: 21Ø16c/13 Y: 21Ø16c/13
P88	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 300.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 40.0 cm Canto pedestal: 70.0 cm	X: 10Ø25c/30 Y: 10Ø25c/30
P89	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 200.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 25.0 cm Canto pedestal: 50.0 cm	X: 10Ø16c/19 Y: 10Ø16c/19
P90	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 210.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 50.0 cm	X: 11Ø16c/18 Y: 11Ø16c/18
P91	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 150.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 35.0 cm	X: 6Ø16c/24 Y: 6Ø16c/24

P92	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 340.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 65.0 cm Canto pedestal: 80.0 cm	X: 12Ø25c/27 Y: 12Ø25c/27
P93	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 240.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 55.0 cm	X: 10Ø20c/23 Y: 10Ø20c/23
P94	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 230.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 25.0 cm Canto pedestal: 55.0 cm	X: 14Ø16c/16 Y: 14Ø16c/16
P95	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 160.0 cm Ancho pedestal: 80.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 35.0 cm	X: 12Ø12c/13 Y: 12Ø12c/13
P107	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 135.0 cm Ancho pedestal: 45.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 35.0 cm	X: 5Ø16c/29 Y: 5Ø16c/29
P108	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 145.0 cm Ancho pedestal: 45.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 35.0 cm	X: 9Ø12c/15 Y: 9Ø12c/15
P112	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 165.0 cm Ancho pedestal: 45.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 45.0 cm	X: 11Ø12c/14 Y: 11Ø12c/14
P113	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 165.0 cm Ancho pedestal: 45.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 40.0 cm	X: 13Ø12c/12.5 Y: 13Ø12c/12.5
P114	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 155.0 cm	X: 6Ø16c/25 Y: 6Ø16c/25

	Ancho pedestal: 45.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 40.0 cm	
P115	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 155.0 cm Ancho pedestal: 45.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 40.0 cm	X: 6Ø16c/26 Y: 6Ø16c/26
P116	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 145.0 cm Ancho pedestal: 45.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 35.0 cm	X: 6Ø16c/26 Y: 6Ø16c/26
P117	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 145.0 cm Ancho pedestal: 45.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 35.0 cm	X: 6Ø16c/25 Y: 6Ø16c/25
P118	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 155.0 cm Ancho pedestal: 45.0 cm Canto borde: 20.0 cm Canto pedestal: 40.0 cm	X: 6Ø16c/27 Y: 6Ø16c/27
P120	Zapata cuadrada piramidal Ancho: 265.0 cm Ancho pedestal: 45.0 cm Canto borde: 65.0 cm Canto pedestal: 75.0 cm	X: 9Ø20c/29 Y: 9Ø20c/29

UBICACIÓN DE LAS ZAPATAS

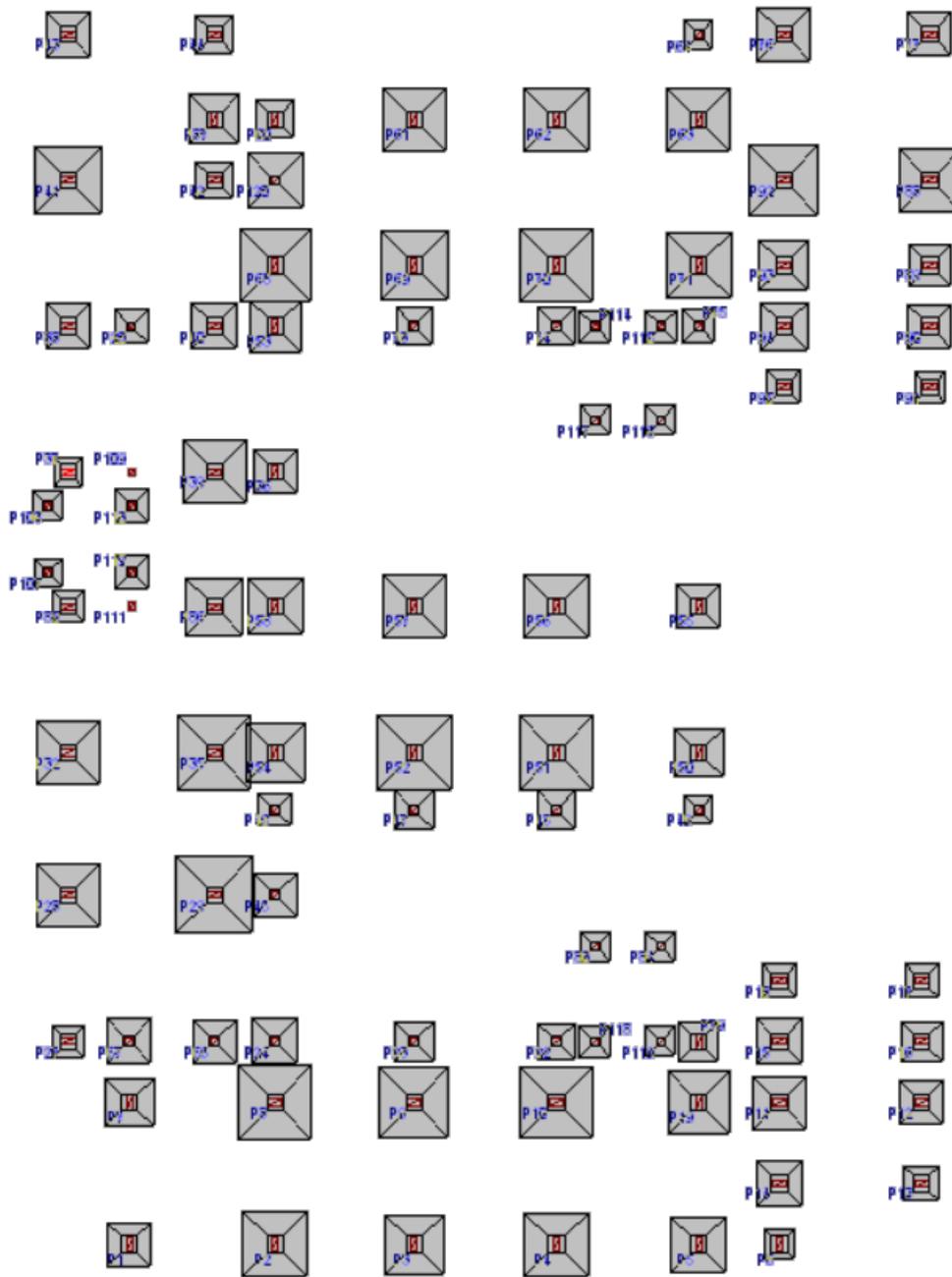


Figura Nro 42. Detalle de ubicación de zapatas

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

ADICIONANDO UN PISO MAS

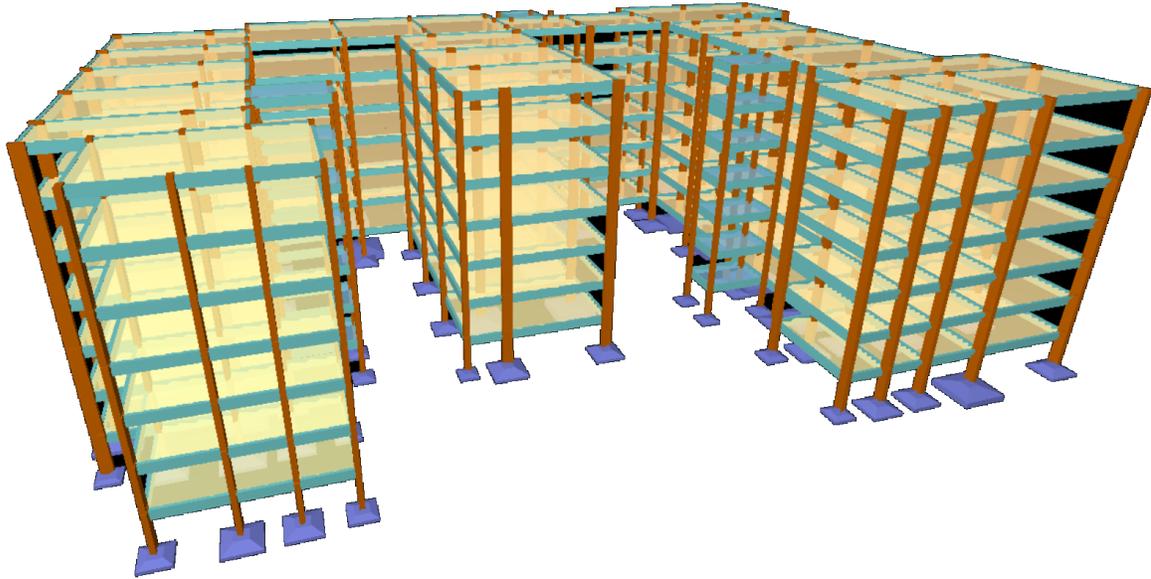


Figura Nro 43. Modelación con un piso adicional

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con la adición de un piso más, las fundaciones crecen de manera excepcional, con lo cual se concluye que no es posible realizar mayores ampliaciones en los bloques A y B de la Universidad Pública de El Alto.

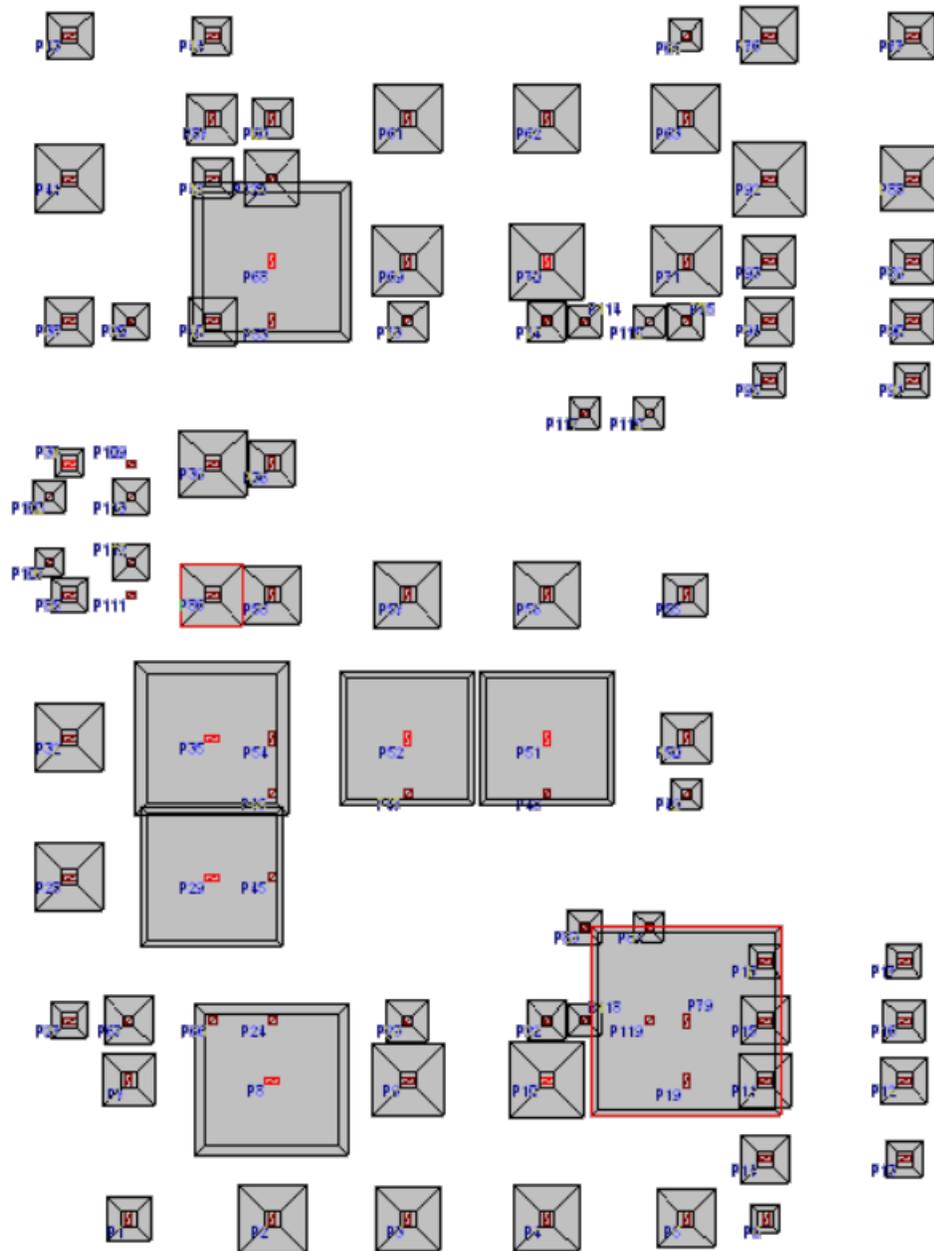


Figura Nro 44. Varaiación de las fundaciones requeridas.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

CAPÍTULO V CONCLUSIONES

Se determinaron las resistencias de trabajo reales de las estructuras de los Bloques A y B por medio de ensayos no destructivos.

Se realizó la inspección visual de las estructuras. La inspección visual es importante para analizar las fisuras, rajaduras y posibles asentamientos y/o corrimientos en los elementos estructurales. En todos los pisos de los bloques A y B se evidencian fisuras de espesor máximo 0,01 mm. Estas se deben a los fenómenos de fluencia y retracción propios del hormigón y no representan peligro para la estructura. Pero si es necesario realizar un mantenimiento preventivo en el futuro para evitar la oxidación de las armaduras a causa de la humedad.

El ensayo de pacometría determina el número de barras de acero, el diámetro y la separación entre armaduras longitudinales y transversales. Por medio de este ensayo pudimos determinar los diámetros de las barras de acero corrugado presentes en los elementos estructurales. También se determinó la separación de estas barras.

Este ensayo es muy importante porque determina, además de la posición y características técnicas de la armadura, la posición donde va a realizarse la toma de muestras para no cortar armaduras de acero en el proceso.

El ensayo de esclerometría determina la resistencia promedio de un elemento estructural, en tiempo real, sin la necesidad de utilizar métodos destructivos.

Se llevaron a cabo las pruebas de esclerometría, determinando una resistencia promedio de 250 kgf/cm² para el bloque A y una resistencia de 260 kgf/cm² para el bloque B.

La toma de núcleos es un método de extracción de núcleos de concreto destructivo porque corta un cilindro de concreto del elemento estructural.

Se realizó la toma de muestras del bloque A, procediendo posteriormente al relleno y compactado de hormigón para no dañar la estructura.

Este cilindro se llevó a laboratorio y se procedió con el ensayo de compresión céntrica, obteniendo la resistencia del concreto.

La muestra de concreto a ser ensayada debe permanecer 5 días sumergido en agua, antes del ensayo.

Con el ensayo de laboratorio, se determinó una resistencia característica de 200 kgf/cm². Siendo esta resistencia baja en comparación con las pruebas del esclerómetro.

Se procedió a la modelación estructural del bloque A y posteriormente del bloque B, estableciendo sobrecargas de diseño, el peso propio, con la geometría que se midió en la obra.

Según la modelación estructural del edificio BLOQUE A, se obtuvieron dimensiones de 25 x 25 cm, menores a las dimensiones que tiene actualmente.

Al aumentar un piso más a la estructura del bloque A, algunas columnas aumentan grandemente las dimensiones, las cuales son mayores a las que tiene actualmente.

En consecuencia, se concluye que el bloque A de la Universidad Pública de El Alto, NO es apto para ninguna ampliación futura, debido a que sus columnas no tienen las dimensiones suficientes para soportar las cargas de un piso adicional.

De igual manera, se realizó la modelación estructural del Bloque B de la Universidad Pública de El Alto, verificando que, con las dimensiones actuales, la estructura trabaja de manera adecuada.

Pero una vez que se adicionó un piso más, se evidenció que las fundaciones crecen, así como las columnas, las cuales ya no cumplen con el requisito de estabilidad estructural, corriendo el riesgo de sufrir colapso.

Por lo tanto, en el Bloque B de la Universidad Pública de El Alto, NO se puede adicionar un piso más.

Se evidencia que la estructura no tiene resistencia sísmica, porque uno de los requisitos para el diseño sísmico es tener zunchos helicoidales en las columnas. Las estructuras del bloque A y B de la Universidad Pública de El Alto solo cuentan con estribos cerrados, amarrados con alambre de construcción.

Otro aspecto importante, es que es estribo sísmico, según lo recomienda la ACI 318-14 debe ser de un diámetro mínimo de 10 mm. Los estribos en la Universidad Pública de El Alto son de 6 mm.

El aspecto más importante dentro de la resistencia al sismo es el uso de diafragmas que proporcionan resistencia sísmica, tal como lo recomienda la ACI 318-14. Estos diafragmas son las losas llenas. Pero en la Universidad Pública de El Alto, en los Bloques A y B se cuentan con losas alivianadas, por lo cual no proporcionan resistencia al sismo.

Finalmente, el espectro sísmico hallado en la memoria de cálculo, no corresponde a ninguna región boliviana, ya que no se cuenta en Bolivia con espectros sísmicos, por lo cual el diseño sísmico realizado es puramente teórico, no contando con datos científicos que lo respalden.

Por todos los resultados de la investigación, se rechaza la hipótesis de que “La estructura actual de los bloques A y B puede soportar más pisos”. Habiéndose comprobado que las estructuras están trabajando al límite de su capacidad y que aumentar un piso adicional sería poner en riesgo la estabilidad estructural.

CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio minucioso de deformaciones de la estructura, el cual se encuentra fuera de los objetivos del presente trabajo.

Se deben continuar realizando pruebas no destructivas del hormigón para evaluar la capacidad real de vigas, losas, columnas y zapatas.

Se recomienda no incrementar los pesos a las estructuras actuales, debido a que están trabajando al máximo de su capacidad.

Se recomienda seguir las normas Bolivianas de diseño y supervisión de los trabajos realizados, debido a que se tienen múltiples falencias que no permiten evaluar adecuadamente a una estructura, tales como la falta de planos Asbuild, falta de planos estructurales, etc.

BIBLIOGRAFÍA

GUIDEBOOK ON NON-DESTRUCTIVE TESTING OF CONCRETE STRUCTURES
IAEA, VIENNA, 2002 IAEA-TCS-17 ISSN 1018-5518

Andrés Torres Acosta 1997, “DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO CON CRITERIOS DE DURABILIDAD”, México, Publicación Técnica No. 181.

Angélica del Valle Moreno 1997, “EL FENÓMENO DE LA CORROSIÓN EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO”, México, Publicación Técnica No 182.

Red DURAR 2000, “MANUAL DE INSPECCIÓN, EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE CORROSIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO”, España, Comité editorial: Gladis Trocónis de Rincón, Aleida de Carruyo.

ACI 318, 2006, Costa Rica: Comité ACI y ICCYC. Ing. Carlos Alberto Civello, “CORROSIÓN EN ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO”, Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón

Irma Ocampo, “AUMENTO DE LA VIDA ÚTIL DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO CORROÍDAS, MEDIANTE REALCALINIZACIÓN”, México

Geocisa, CONTECVET, 2002, “MANUAL DE EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS AFECTADAS POR CORROSIÓN DE LA ARMADURA”, Madrid

ANEXOS

EQUIPO DE TRABAJO



Figura Nro 45. Equipo de investigadores

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

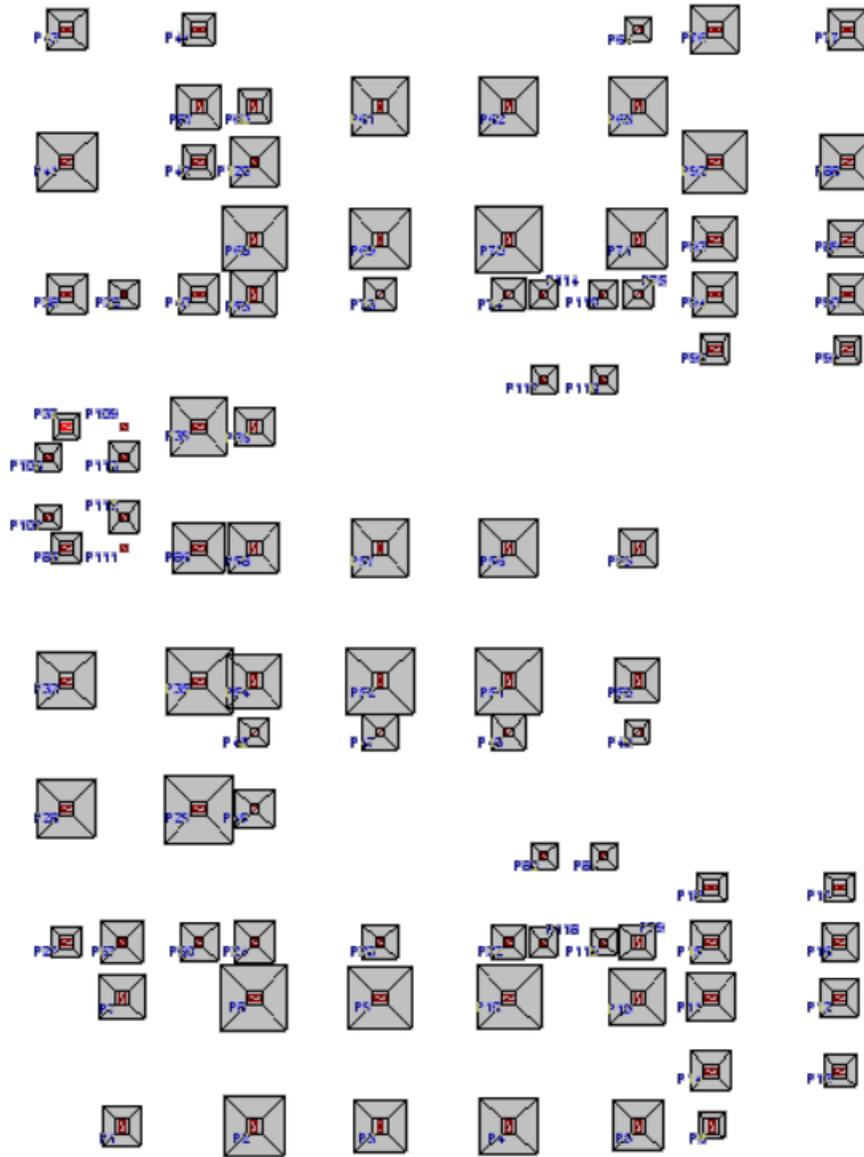


Figura Nro 46. Modelación con 5 plantas

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

DETALLE DE ARMADURAS DE VIGA

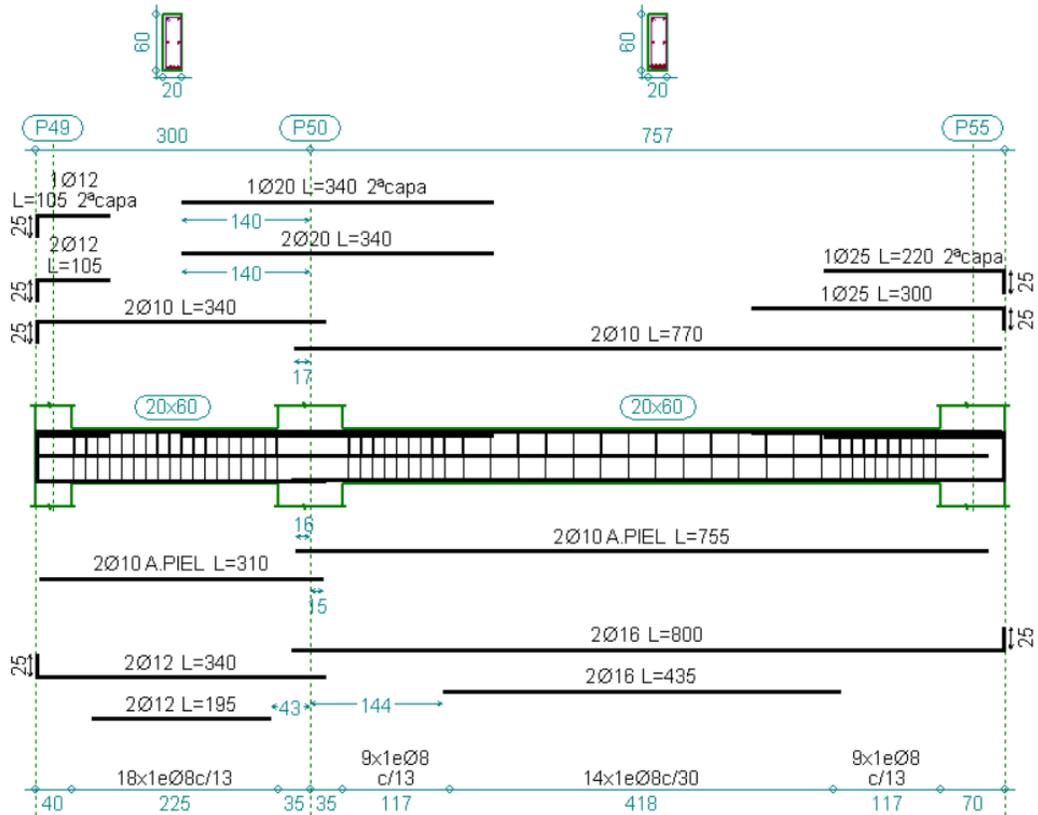


Figura Nro 47. Detalle de vigas (5 plantas)

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

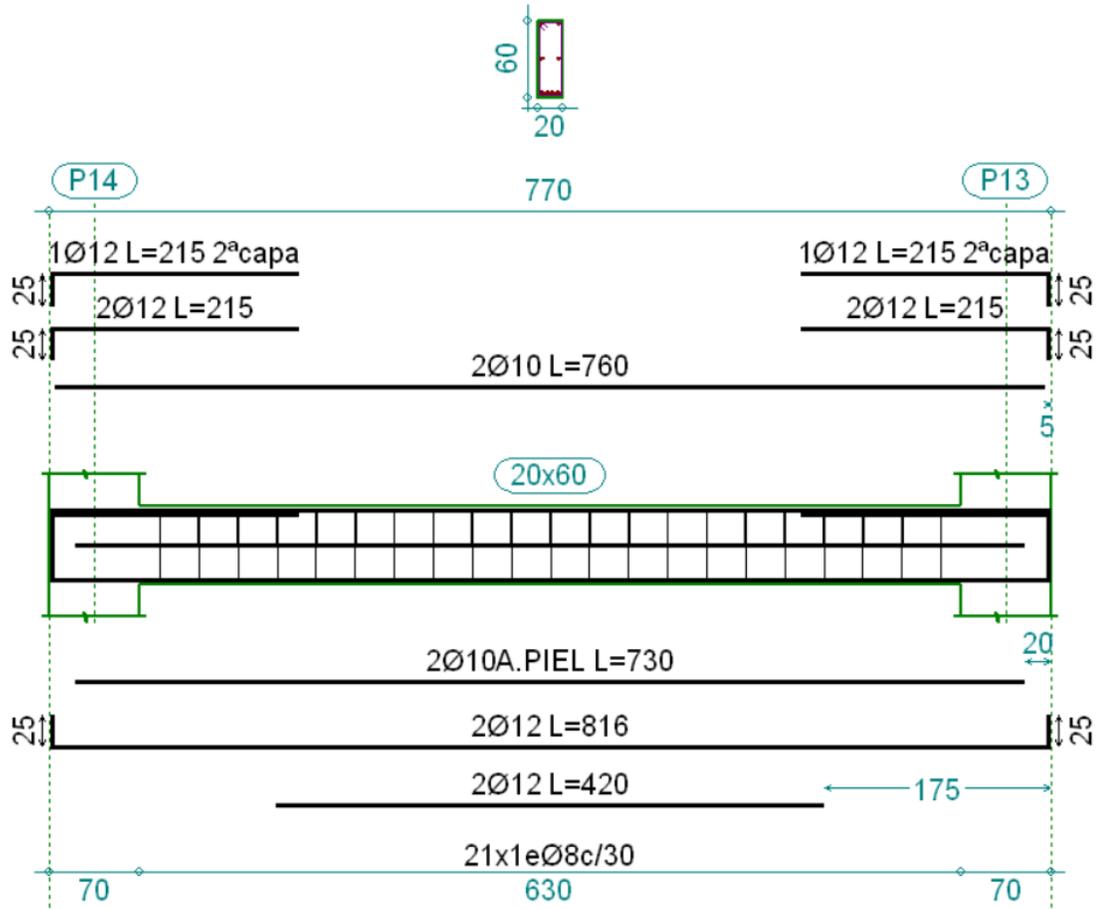


Figura Nro 48. Vigas modeladas (5 plantas)

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

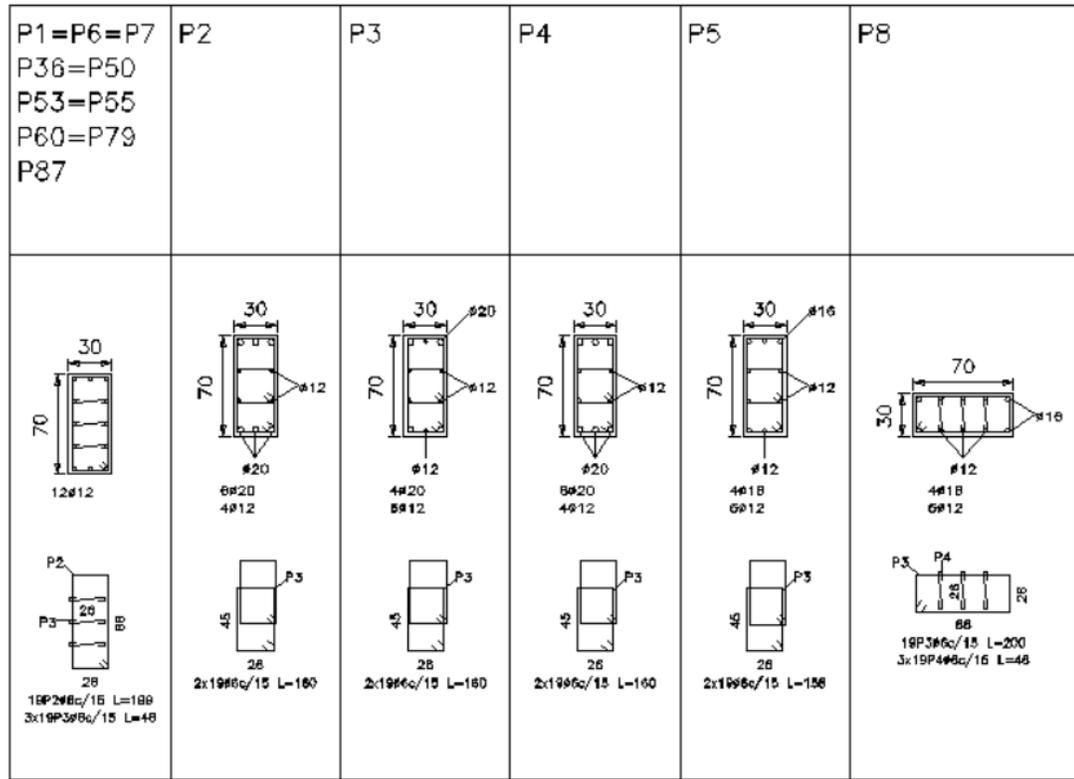


Figura Nro 50. Columnas del piso 5

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

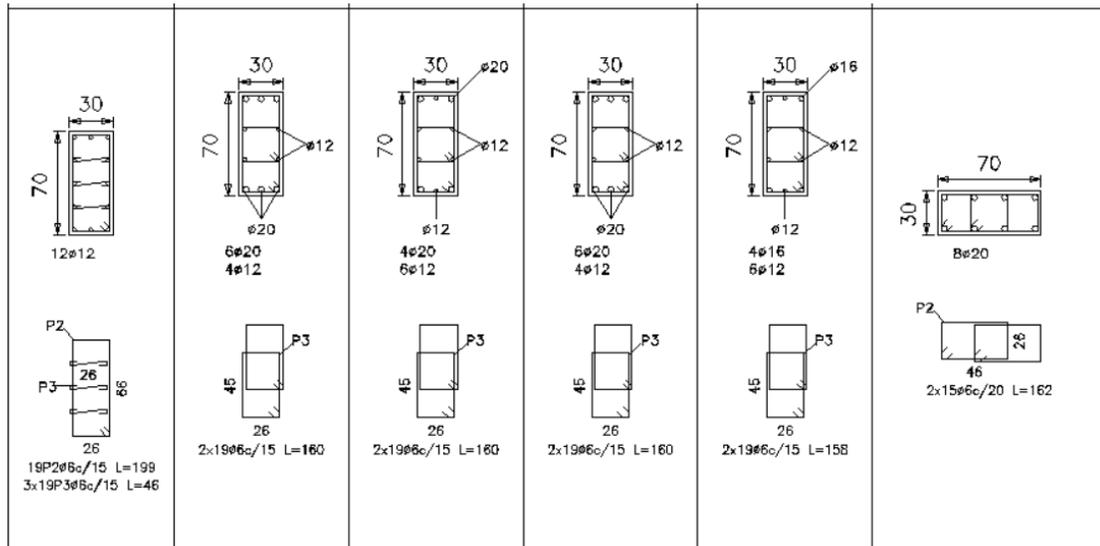


Figura Nro 51. Columnas del piso 4

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

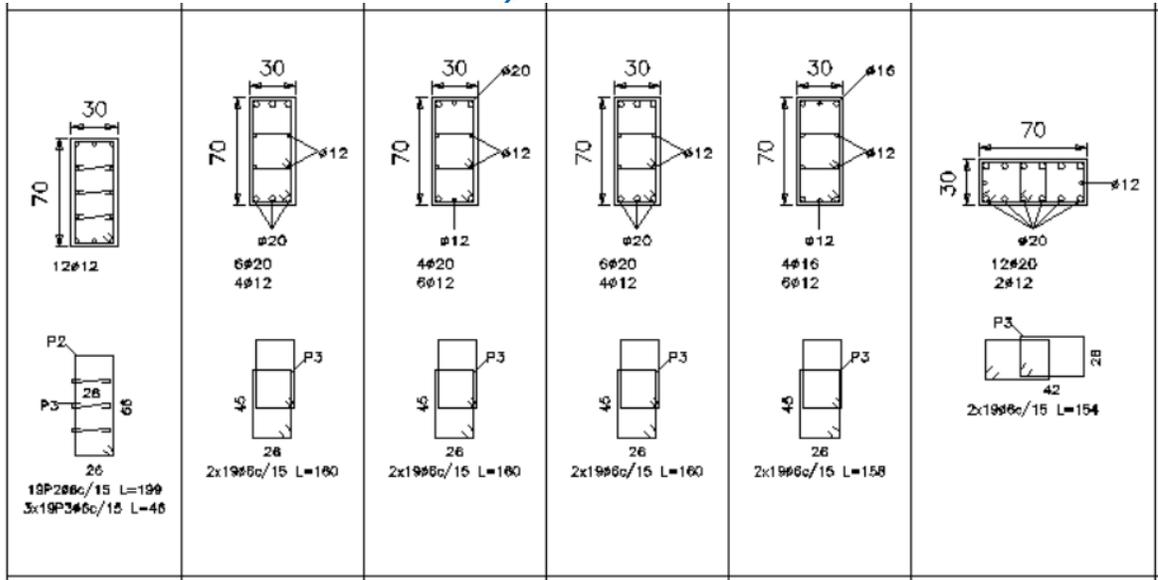


Figura Nro 52. Columnas del piso 3

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

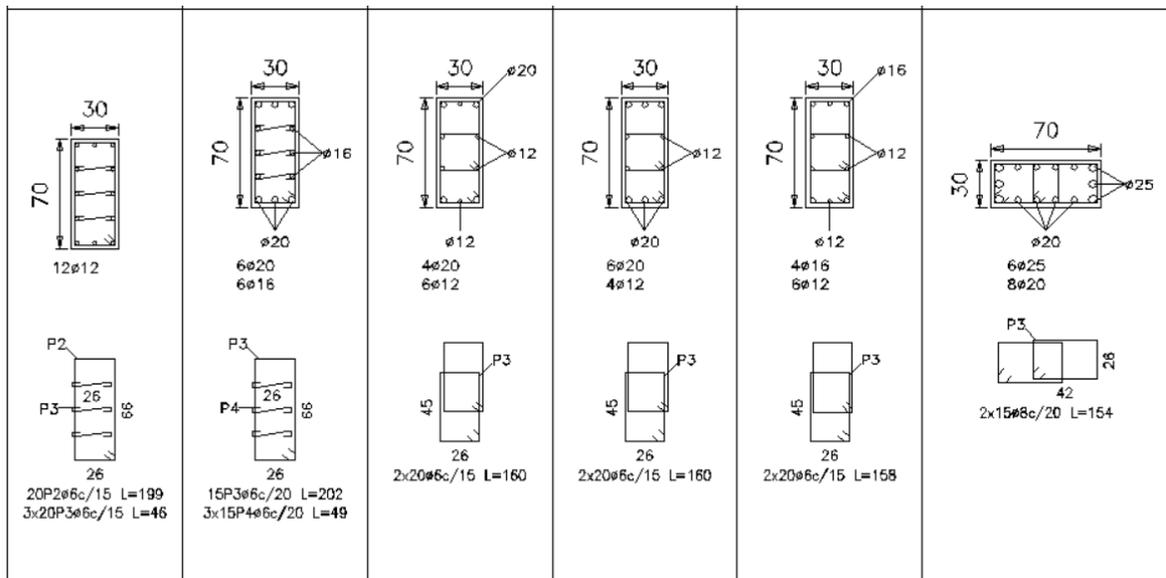


Figura Nro 53. Columnas del piso 2

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

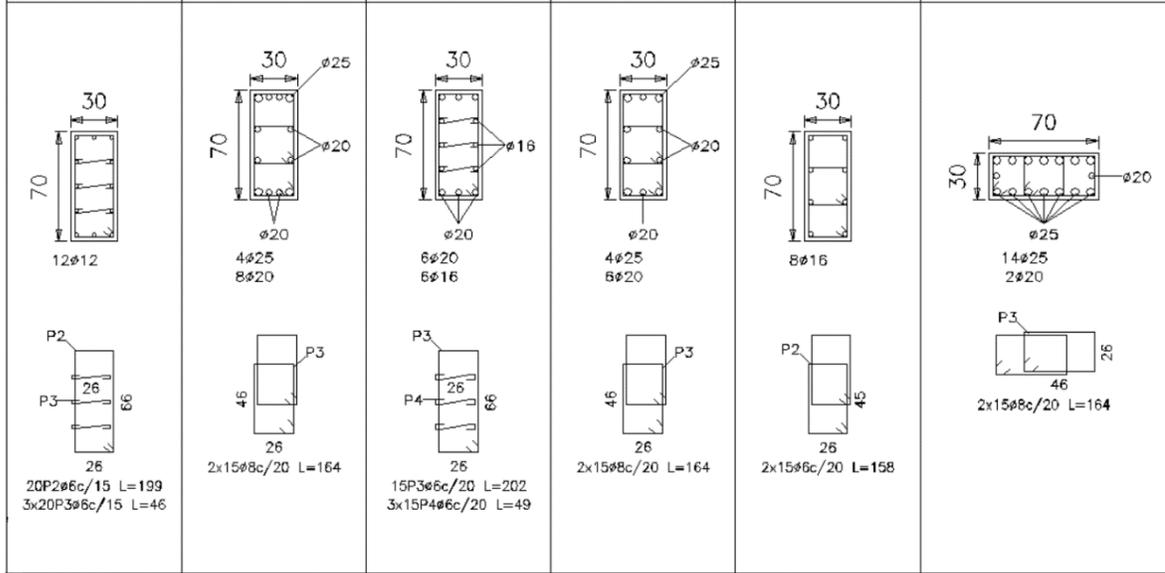


Figura Nro 54. Columnas del piso 1

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

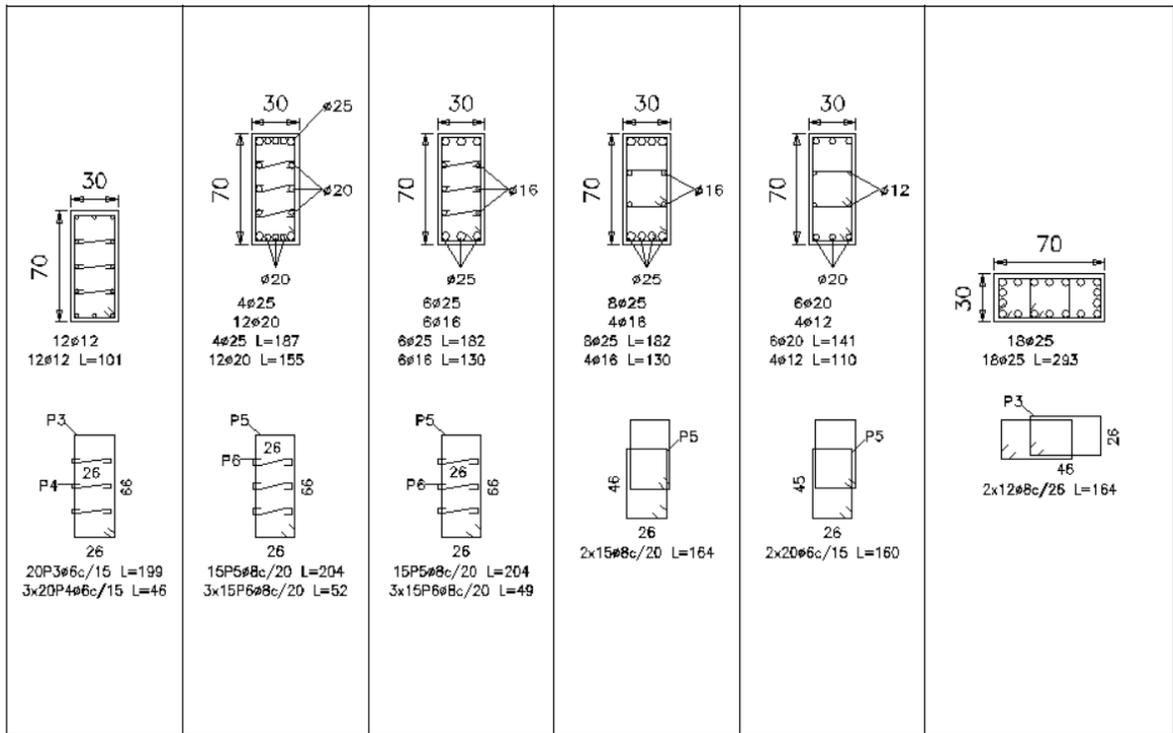


Figura Nro 55. Columnas de la planta baja

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

P1

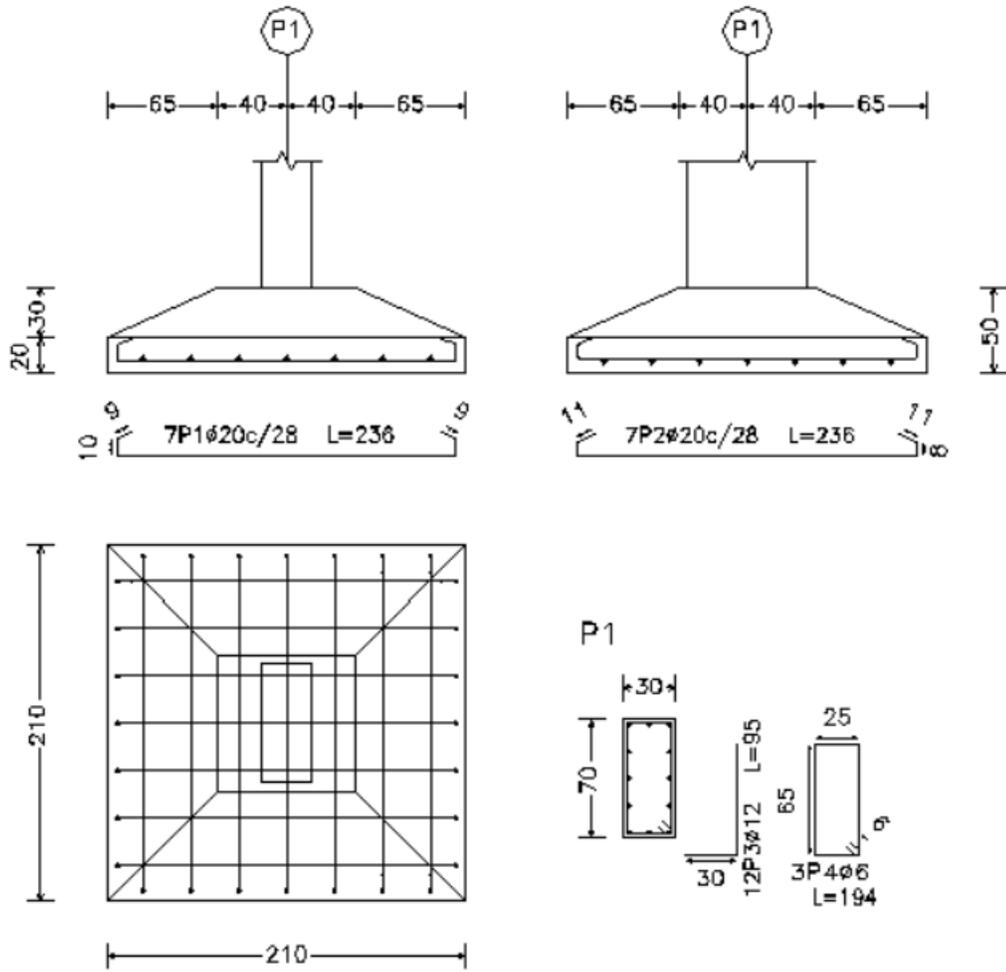


Figura Nro 56. Zapatas modeladas

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA