

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

TESIS

**Calibración del modelo numérico del edificio de la Facultad de Ingeniería y
Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante ensayos de identificación
modal y esclerometría**

Por:

Bach. Ludim Heliz Figueroa Granados

Asesor:

Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Lima, noviembre del 2019

DECLARACION JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Herson Duberly Pari Cusi, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “Calibración del modelo numérico del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante ensayos de identificación modal y esclerometría”, constituye la memoria que presenta el bachiller Ludim Heliz Figueroa Granados para aspirar al título profesional de Ingeniero Civil, la misma que ha sido realizada en la universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Ñaña, a los 17 días del mes de diciembre del 2019.


Ing. Herson Duberly Pari Cusi

**“Calibración del modelo numérico del edificio de la Facultad
de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana
Unión mediante ensayos de identificación modal y
esclerometría”**

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil

JURADO CALIFICADOR



Mg. Sergio Omar Valladares Castillo

Presidente



Ing. Roberto Roland Yoctún Ríos

Secretario



Ing. Ferrer Canaza Rojas Mg.

Vocal



Mg. Leonel Chahuares Paucar

Vocal



Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Asesor

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi padre Cornelio Figueroa Mercado y a mi madre Rufina Teofila Granados Maldonado y familia en general por que han sido la razón por la cual estoy concluyendo esta etapa de mi vida, que con su ayuda incondicional me apoyaron a lograr esta realización personal y esperamos honrar de esta manera su abnegación, esfuerzo y esa proyección de un ser profesional.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios, sin duda alguna sin Él no se hubiera logrado lo cometido porque, por medio de Él obtenemos la inteligencia para haberlo desarrollado ya que es la fuente de toda sabiduría. También agradecer al asesor Ing. Herson Duberly Pari Cusi y profesores en general por el ímpetu en cada clase, por el conocimiento compartido en esta casa del saber, por aquellos consejos y palabras de ánimo a no rendirnos y continuar con lo que una vez decidimos empezar, gracias por la orientación y apoyo continuo desde el primer momento. A mis compañeros, por hacer las mañanas y tardes más entretenidas, sobrellevando las vicisitudes presentadas en cada clase.

Índice general

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos.....	xiv
Símbolos Usados.....	xv
CAPÍTULO I	16
EL PROBLEMA	16
1.1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	16
1.2. OBJETIVOS.....	17
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.2.2. OBJETIVO ESPECIFICO	17
1.3. JUSTIFICACION	17
1.4. PRESUPOSICIÓN FILOSÓFICA.....	18
CAPÍTULO II	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1.ANTECEDENTES	19
2.1.1. Antecedente numero 01	19
2.1.2. Antecedente numero 02	19
2.2.MARCO CONCEPTUAL	20
2.2.1. PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS	20
2.2.1.1. Módulo de elasticidad	20
2.2.1.2. Resistencia a Compresión.....	21
2.2.2. DINÁMICA DE ESTRUCTURAS: ANÁLISIS MODAL	21
2.2.2.1. Clasificación de las vibraciones.....	22
2.2.2.2. Conceptos básicos. Sistemas con un grado de libertad (SDOF).....	22
Vibración libre.....	22
Vibración forzada.....	23
2.2.2.3. Frecuencias naturales, formas modales y factor de participación.....	23
2.2.3. PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES.....	24
2.2.4. SERIES DE FOURIER	24

2.2.5. Seismosignal 2016.....	28
2.2.6. ENSAYO EXPERIMENTALES DE IDENTIFICACION MODAL	28
2.2.7. PERIODOS NATURALES EN UNA ESTRUCTURA	30
2.2.8. PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS EN ELEMENTOS.....	30
El esclerómetro.....	30
2.2.9. SOFTWARE ETABS 2016.....	31
2.2.10. MODELO NUMERICO DE ESTRUCTURA DE EDIFICIOS	32
CAPÍTULO III.....	33
MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3. MATERIALES O METODOS.....	33
3.1. HIPÓTESIS Y VARIABLES	33
3.1.1. Investigación	33
3.1.2. Diseño	33
3.1.3. FORMULACIÓN DE LAS HIPÓTESIS.....	33
3.1.3.1. Hipótesis general	33
3.1.3.2. Hipótesis específicas.....	33
3.1.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	34
3.1.4.1. Variable general.....	34
3.1.4.2. Variables específicas	34
3.2. DESCRIPCION Y PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACION	34
3.2.1. Población y muestra instrumentos de recolección de datos.....	34
3.2.1.1. Población	34
3.2.2. Instrumentos de recolección de datos.....	35
3.3. PROCESAMIENTO DE INFORMACION.....	35
3.4. INFORMACION GENERAL DEL EDIFICIO.....	35
3.4.1. Características de los materiales según diseño	36
3.4.2. Normatividad	36
3.4.3. Planos de arquitectura del edificio FIA	37
3.4.4. Planos de estructuras del edificio FIA	39
3.5. ENSAYO DE IDENTIFICACIÓN MODAL	42
3.5.1. Instrumento	42
3.5.2. Localización del acelerómetro.....	42
3.5.3. Procedimiento de procesamiento de señales.....	43
3.5.4. Resultados de cada acelerómetro ubicado en la azotea del edificio	47

3.5.4.1. Acelerómetro 01	47
3.5.4.2. Acelerómetro 02	50
3.5.4.3. Acelerómetro 03	54
3.5.4.4. Acelerómetro 04	57
3.5.4.5. Acelerómetro 05	59
3.6. ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	63
3.6.1. Procedimiento.....	63
3.6.2. Secciones presenten en el edificio	65
3.6.3. Resultados de ensayo de esclerometría en el edificio	66
3.7. ANALISIS EN EL SOFTWARE ETABS	67
3.7.1. Modelamiento del Edificio.....	68
3.7.2. Definición y Asignación de patrones de carga	68
3.7.3. Cálculo del peso sísmico efectivo según la NTE E.030	71
3.7.4. Incorporación de las propiedades de materiales al ETABS.....	72
3.7.5. Obtención del modelo numérico calibrado en Etabs.....	73
Capítulo IV	74
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	74
4.1. Resultados de modelamiento en Etabs sin calibrar.....	74
4.2. Resultados de modelamiento en Etabs calibrado	76
4.3. Resultados de ensayo de identificación modal.....	78
CAPÍTULO V	81
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	81
5.1. CONCLUSIONES.....	81
5.1.1. Conclusión general.....	81
5.1.2. Conclusiones específicas	82
5.2. RECOMENDACIONES.....	82
6. REFERENCIAS	83
ANEXOS.....	86

Índice de tablas

Tabla 3. 1- Resumen de resultados obtenidos de los acelerómetros	62
Tabla 3. 2 - Cargas Mínimas repartidas equivalentes de la tabiquería	70
Tabla 4. 1- Periodos de vibración obtenidos en Etabs sin calibrar	75
Tabla 4. 2 - Proporciones de masas de participación modal en sentido x e y sin calibrar ..	75
Tabla 4. 3 - Periodos de vibración obtenidos en Etabs calibrado.....	76
Tabla 4. 4 - Proporciones de masas de participación modal en sentido x e y calibrado	77
Tabla 4. 5- Frecuencias y Periodos de vibración obtenidos con el acelerómetro.....	78
Tabla 4. 6 – Resumen de Periodos de vibración en x e y obtenidos con el acelerómetro...	79

Índice de figuras

Figura 2. 1- Módulo de elasticidad.....	21
Figura 2. 2 - Sistema Mecánico de 1gdl.	23
Figura 2. 3 – Programa SeismoSignal	28
Figura 2. 4 - Acelerómetros a utilizar (gdataconcepts.com.).....	29
Figura 2. 5 - Orientación del sensor	29
Figura 2. 6 - Esclerómetros de pistón y de péndulo en uso (Bungey y Millard, 1996).....	31
Figura 3. 1 - Vista frontal y posterior del edificio.....	36
Figura 3. 2 - Detalle en planta de sótano.	37
Figura 3. 3 - Detalle en planta del quinto nivel.	38
Figura 3. 4 – Elevación Lateral del edificio	39
Figura 3. 5 - Detalle de cimentación.....	40
Figura 3. 6 - Detalle de aligerado del quinto nivel.	41
Figura 3. 7 - Esquema de colocación de acelerómetros en la azotea.....	43
Figura 3. 8 - Selección del archivo en sentido “x”	44
Figura 3. 9 - Configuración del archivo en sentido “x”.....	44
Figura 3. 10 - Estado inicial antes de filtrar las señales en el software SeismoSignal.	45
Figura 3. 11 - Estado inicial después de filtrar las señales en el software SeismoSignal....	45
Figura 3. 12 - Aceleración y desplazamientos después de filtrar las señales en el software SeismoSignal.	46
Figura 3. 13 - Espectro de Fourier en el software SeismoSignal.	46
Figura 3. 14 - Frecuencia = 2.026 Hz, y un periodo de 0.493 en dirección “X” en el software SeismoSignal.	47
Figura 3. 15 - Colocación del Acelerómetro 01 y 02	47
Figura 3. 16 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 1, en la dirección X con frecuencia = 2.026 Hz, y un periodo de 0.493 a las 11.25 am.....	48
Figura 3. 17 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 1, en la dirección Y con frecuencia = 2.277 Hz, y un periodo de 0.439 a las 11.25 am.....	48
Figura 3. 18 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 1, en la dirección X con frecuencia = 1.764 Hz, y un periodo de 0.567 a las 11.45 am.....	49
Figura 3. 19 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 1, en la dirección Y con frecuencia = 2.350 Hz, y un periodo de 0.426 a las 11.45 am.....	49
Figura 3. 20 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 1, en la dirección X con frecuencia = 2.545 Hz, y un periodo de 0.393 a las 11.55 am.....	50
Figura 3. 21 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 1, en la dirección Y con frecuencia = 2.289Hz, y un periodo de 0.437 a las 11.55 am.....	50
Figura 3. 22 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 2, en la dirección X con frecuencia = 2.002Hz, y un periodo de 0.500 a las 11.25 am.....	51
Figura 3. 23 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 2, en la dirección Y con frecuencia = 2.661Hz, y un periodo de 0.376 a las 11.25 am.....	51

Figura 3. 24 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 2, en la dirección X con frecuencia = 1.868Hz, y un periodo de 0.535 a las 11.45 am.....	52
Figura 3. 25 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 2, en la dirección Y con frecuencia = 2.209Hz, y un periodo de 0.435 a las 11.45 am.....	52
Figura 3. 26 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 2, en la dirección del eje “X” con frecuencia = 1.965Hz, y un periodo de 0.509 a las 12.20 pm....	53
Figura 3. 27 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 2, en la dirección del eje “Y” con frecuencia = 2.661Hz, y un periodo de 0.376 a las 12.20 pm....	53
Figura 3. 28 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 2, en la dirección del eje “X” con frecuencia = 1.965Hz, y un periodo de 0.509 a las 12.26 pm....	54
Figura 3. 29 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 2, en la dirección del eje “Y” con frecuencia = 2.637Hz, y un periodo de 0.379 a las 12.26 pm....	54
Figura 3. 30 – Colocación del acelerómetro 03.....	55
Figura 3. 31 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 3, en la dirección X con frecuencia = 2.142, y un periodo de 0.467 a las 11.45 am.....	55
Figura 3. 32 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 3, en la dirección Y con frecuencia = 2.094Hz, y un periodo de 0.478 a las 11.45 am.	56
Figura 3. 33 – Equipo de ventilación del edificio.....	56
Figura 3. 34 - Colocación del acelerómetro 04	57
Figura 3. 35 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 4, en la dirección X con frecuencia =1.691Hz, y un periodo de 0.591 a las 11.25 am.	58
Figura 3. 36 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 4, en la dirección Y con frecuencia = 2.393Hz, y un periodo de 0.418 a las 11.25 am.	58
Figura 3. 37 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 4, en la dirección X con frecuencia = 2.289Hz, y un periodo de 0.437a las 11.45 am.....	59
Figura 3. 38 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 4, en la dirección Y con frecuencia = 2.246Hz, y un periodo de 0.445 a las 11.45 am.	59
Figura 3. 39 - Colocación del acelerómetro 05	60
Figura 3. 40 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 5, en la dirección X con frecuencia = 2.325Hz, y un periodo de 0.430 a las 11.25 am.	60
Figura 3. 41 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 5, en la dirección Y con frecuencia = 1.917Hz, y un periodo de 0.522 a las 11.25 am.	61
Figura 3. 42 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 5, en la dirección X con frecuencia = 1.337Hz, y un periodo de 0.748 a las 11.45 am.	61
Figura 3. 43 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 5, en la dirección Y con frecuencia = 2.429Hz, y un periodo de 0.412 a las 11.45 am.	62
Figura 3. 44 - Grafica para realizar el ensayo de esclerometría.	63
Figura 3. 45 – Modo de lectura de realizar el ensayo de esclerometría	64
Figura 3. 46 – Grafica para obtener la resistencia en kg/cm ²	65
Figura 3. 47 – Modelo numérico de la estructura del edificio en el Software Etabs.....	68
Figura 3. 48 - Patrones de Carga creados.	69
Figura 3. 49 - Entrada de Datos para el cálculo de P.....	72
Figura 3. 50 – Definición de material para todos los elementos estructurales del edificio. 72	

Figura 3. 51 - Definición de materiales por secciones.	73
Figura 3. 52 – Modelo numérico calibrado del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.....	74

Índice de anexos

Anexo A- Planos del Edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura	86
Anexo B- Ensayos de Esclerometría.....	100
Anexo C- Ficha Técnica del Acelerómetro X16-1d.....	155
Anexo D- Certificado De Calibración Del Esclerómetro.....	187

Símbolos Usados

- (t): Espesor efectivo mínimo de los muros portantes.
- (Em): Módulo de elasticidad de la albañilería.
- (Fi): Fuerza sísmica horizontal en el nivel “i”.
- (g): Aceleración de la gravedad.
- (n): Número de pisos del edificio.
- (P): Peso total de la edificación.
- (Pi): Peso del nivel “i”.
- (R): Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas.
- (S): Factor de amplificación del suelo.
- (T): Período fundamental de la estructura para el análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico.
- (U): Factor de uso o importancia.
- (v): Fuerza cortante en la base de la estructura.
- (z): Factor de zona.
- (Ro): Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.
- (I a): Factor de irregularidad en altura.
- (I p): Factor de irregularidad en planta.
- (CA): Concreto armado.
- (f^c): Resistencia especificada a la compresión del concreto.

Resumen

La presente investigación tuvo como finalidad de obtener un modelo numérico, calibrado mediante ensayos de identificación modal y esclerometría del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión. La respuesta dinámica de una edificación durante un sismo depende de la relación entre el período de vibración de las ondas sísmicas y su propio periodo natural de vibración del edificio, en la medida en que los dos períodos igualen sus valores y su relación se acerque a la unidad la edificación entra en resonancia, aumentando significativamente las deformaciones y aceleraciones de la edificación y en consecuencia los esfuerzos en sus elementos estructurales.

El conocimiento del valor del período fundamental de vibración de una estructura es necesario para determinar cuál será su respuesta ante los movimientos sísmicos que puedan presentarse en su localidad. Por la cual se analiza los diferentes períodos de vibraciones fundamentales en el sentido “x” e “y” de la estructura y la variación del período fundamental de acuerdo con las características de masa, rigidez y altura de la edificación. Para el edificio en estudio se realizó un ensayo experimental de identificación modal utilizando acelerómetros X16-1D procesándose la información obtenida en el programa SeismoSignal, obteniendo valores de periodos fundamentales en las 2 direcciones de; 0.519 en sentido “x” y 0.408 en el sentido “y”. A su vez se hizo el ensayo de esclerometría para obtener el módulo de elasticidad de los diferentes elementos estructurales, así como también se verifico y se aplicó la norma E-020, E-060 y E-030 que sirvieron para identificar las cargas presentes en la estructura y así mediante la ayuda de un software (ETABS), se obtuvo un modelo numérico. La calibración de este modelo con la información obtenida de campo nos proporciona un periodo fundamental de; 0.512 en sentido del eje “x” y 0.37 en el sentido del eje “y”. Del análisis de estos resultados se tiene que en el sentido del eje “x” hay un 1.34% de diferencia y en el sentido del eje “y” un 9.31%., esta diferencia coincide con el rango permitido de diferencias obtenidas por Muriá-Vila y González (Espinoza, 1999) al estudiar la vibración ambiental de 60 edificios en la Ciudad de México y modelar 13 de ellos, sus diferencias fueron inferiores al 17%. La medición en edificios construidos para contrastar los datos obtenidos con los valores teóricos utilizados en el diseño responde a la necesidad de llevar una verificación del comportamiento dinámico de

una estructura. Con esto se puede determinar si ha habido modificaciones importantes entre el diseño (correcta modelación) y la construcción.

Palabras clave: Calibración de modelos numéricos, identificación modal, ensayos no destructivos.

Abstract

The purpose of this research was to obtain a numerical model, calibrated by modal identification tests and sclerometry of the building of the Faculty of Engineering and Architecture of the Peruvian Union University. The dynamic response of a building during an earthquake depends on the relationship between the period of vibration of the seismic waves and its own natural period of vibration of the building, to the extent that the two periods equal their values and their relationship approaches the unit building enters resonance, significantly increasing the deformations and accelerations of the building and consequently the stresses in its structural elements.

The knowledge of the value of the fundamental period of vibration of a structure is necessary to determine what will be its response to the seismic movements that may occur in its locality. By which the different periods of fundamental vibrations are analyzed in the "x" and "y" direction of the structure and the variation of the fundamental period according to the characteristics of mass, stiffness and height of the building. For the building under study, an experimental modal identification test was carried out using X16-1D accelerometers, processing the information obtained in the SeismoSignal program, obtaining values of fundamental periods in the 2 directions of; 0.519 in the "x" direction and 0.408 in the "y" direction. At the same time, the sclerometry test was carried out to obtain the modulus of elasticity of the different structural elements, as well as the E-020, E-060 and E-030 standard that were used to identify the loads present in the structure and thus using a software (ETABS), a numerical model was obtained. The calibration of this model with the information obtained from the field provides us with a fundamental period of; 0.512 in the direction of the "x" axis and 0.37 in the direction of the "y" axis. The analysis of these results shows that in the sense of the "x" axis there is a 1.34% difference and in the sense of the "y" axis 9.31%., This difference coincides with the allowed range of differences obtained by Muriá-Vila and González (Espinoza, 1999) when studying the environmental vibration of 60 buildings in Mexico City and modeling 13 of them, their differences were less than 17%. The measurement in buildings constructed to contrast the data obtained with the theoretical values used in the design responds to the need to carry out a verification of the dynamic behavior of a structure. With this it can be determined if there have been important modifications between the design (correct modeling) and the construction.

Keywords: Calibration of numerical models, modal identification, non-destructive tests.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

Astorga y Rivero (2009) afirman que: Diversos estudios realizados por diferentes entidades del sector de la construcción, han concluido que los daños que surgen en las edificaciones se deben en mayor medida, a los defectos durante las **fases de diseño y construcción del proyecto.**

Actualmente los edificios que existen son diseñados mediante la norma del Reglamento Nacional de Edificaciones, pero muchas veces su comportamiento estructural del edificio es muy diferente a comparación como al que se diseña, por diversos motivos, pueden ser por su proceso constructivo o algunas consideraciones que no se tomó en cuenta en el diseño. Existen diversos métodos para conocer su verdadero comportamiento dinámico y mecánico de un edificio mediante ensayos, que generalmente que son destructivos, pero este hace que se debilite a la estructura. Es por esta razón para conocer dicho comportamiento de la edificación se necesita de un ensayo no destructivo, para no debilitar los elementos estructurales del edificio. A partir de esto nos planteamos las siguientes preguntas:

Problema General:

¿Es posible estimar el comportamiento dinámico de un edificio de concreto armado mediante un modelo numérico?

Problemas Específicos:

¿Es posible obtener las propiedades dinámicas del edificio de concreto armado mediante ensayos no destructivos?

¿Es posible determinar las propiedades mecánicas de los elementos estructurales de un edificio de concreto armado mediante ensayos no destructivos?

1.2.OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Obtener un modelo numérico, calibrado mediante ensayos de identificación modal y esclerometría con el uso de un software del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión.

1.2.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Determinar las propiedades dinámicas mediante ensayos de identificación modal de edificio de la facultad de Ingeniería y Arquitectura.
- Determinar la resistencia a la compresión de los elementos estructurales del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura mediante el ensayo de esclerometría.

1.3. JUSTIFICACION

(Hernández, 2009) menciona que en la práctica profesional el análisis y diseño de estructuras se basa en la modelación numérica de sistemas discretos de varios grados de libertad, fundados en los principios básicos de la mecánica. Es por este motivo por el cual se decidió realizar esta investigación fue precisamente el querer conocer más el tema en cuanto a las propiedades dinámicas reales del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante ensayos no destructivos, ya que en la actualidad generalmente se diseña un edificio, mas no sabemos si realmente dicha estructura del edificio se comporta tal como se diseñó al inicio del proyecto.

En la realidad el comportamiento real de los edificios es muy diferente al diseño que se dio, por diferentes motivos o circunstancias, esto se debe mayormente a su proceso constructivo, uso de materiales, entre otros. Por eso es muy indispensable saber las vibraciones, las frecuencias, su resistencia a compresión de la edificación y a partir de allí obtener un modelo idealizado calibrado mediante ensayos no destructivos, ya que los ensayos destructivos debilitan la estructura.

1.4. PRESUPOSICIÓN FILOSÓFICA

Nuestros planes referentes a la construcción y muebles de nuestras instituciones deben subordinarse a nuestra comunión constante y humilde con Dios. Los que están encargados de la construcción de un sanatorio deben representar la verdad trabajando con el espíritu y el amor de Dios (Testimonios Selectos Tomo 5, Pág. 347, E. White). Este mensaje transmite que todo cristiano que está estrechamente relacionado a la construcción debe hacerlo con amor, en comunión constante y humilde con Dios.

Necesariamente en este mundo en que vivimos se necesita que cada uno de nosotros al realizar proyectos referentes a las construcciones realizados por la Ingeniería Civil, debemos hacerlo con la certeza que este se comporte de un modo en que asegure la vida del habitante, mostrando los principios que Dios nos enseña en su Santa Biblia.

Finalmente, el profesional de Ingeniería Civil instruido en principios y valores cristianos brindará sus servicios en la construcción basados en la filosofía cristiana; mostrando misericordia, amor y paciencia para su desarrollo personal.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedente numero 01

Autor: Losa Miranda, Gonzalo

Año: 2015

Título: Tecnologías de sensorización e identificación modal. Aplicación a la determinación del amortiguamiento estructural.

Losa (2015), en su tesis se enfoca en conocer las características dinámicas de las estructuras puesto que se ha convertido en un aspecto importante tras su construcción, y resulta muy complicado contar con modelos numéricos fiables que incluyan las propiedades dinámicas. Los análisis modales tratan de extraer, tras *sensorizar* dichas estructuras, sus frecuencias, amortiguamientos y formas modales. Las estructuras de nueva construcción, especialmente las pasarelas peatonales, cuentan con diseños esbeltos pero con escasa capacidad amortiguadora. Puesto que los usuarios poseen una gran sensibilidad a las vibraciones sufridas por las pasarelas, resulta de gran importancia aumentar su factor de amortiguamiento modal, tratando de mantener sus espectaculares diseños.

Este *Trabajo Fin de Grado* trata de mostrar las diversas metodologías de Análisis Modal, centrándose especialmente en el Análisis Modal Operacional (OMA), que ha experimentado grandes avances en los últimos años. Además, se evalúa cuantitativamente uno de los métodos empleados en pasarelas de nueva construcción para aumentar el factor de amortiguamiento modal: la imprimación de varias capas de caucho sobre la plataforma.

2.1.2. Antecedente numero 02

Autor: Aguilar; Rafael; Karim; Martel Carol; Briceño Carolina; Boroscheck; Ruben

Año: 2014

Título: Ensayos Experimentales de identificación modal para la Protección Sísmica del Patrimonio Histórico de Tierra.

Aguilar et al. (2014). se enfoca de a las experiencias recientes de los terremotos, como el de Chile 2010 y el de Bam en Irán 2003, muestran la fragilidad del patrimonio histórico. Su destrucción y desaparición implica la pérdida efectiva de la memoria de los pueblos y de monumentos arquitectónicos y arqueológicos que muchas veces constituyen la esencia más importante de la sociedad. En este artículo, se estudian dos construcciones históricas con sistemas estructurales predominantemente de tierra ubicadas en la ciudad del Cusco, sierra sur del Perú. Se presenta, inicialmente, una visión general del proceso de toma de acción para la protección del patrimonio histórico localizado en zonas sísmicas. A continuación, se presenta el caso de estudio de un sector del sitio arqueológico pre-inca de Chokepukio construido alrededor del año 1300 D.C. A seguir se presenta el estudio de una de las construcciones en tierra más emblemáticas de la región, la iglesia de San Pedro Apóstol de Andahuaylillas, construida a finales del siglo XVI. En cada caso se presenta la historia, detalles de materiales y sistemas estructurales, resultados de los ensayos experimentales de identificación modal, así como los pormenores de la calibración de los modelos analíticos. Los resultados evidencian que una forma de mejorar el entendimiento de la respuesta estructural de las construcciones patrimoniales es a través de ensayos no destructivos y no invasivos en el sitio ya que sus resultados complementan a los estudios numéricos de modelación y de estimación de la vulnerabilidad. En particular, los ensayos de identificación modal, muestran ser una herramienta poderosa para el estudio del patrimonio arquitectónico y arqueológico.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS

2.2.1.1. Módulo de elasticidad

Rodrigo (2011) define que el Módulo de Elasticidad del concreto o Modulo de Young es considerado uno de los más importantes parámetros en el diseño y construcción de estructuras de concreto reforzado. El Módulo de Elasticidad se calcula a 15100 por la f'_c y en el caso del concreto el valor aumenta con el tiempo dependiendo de la resistencia, por lo que es dependiente del concreto en particular.

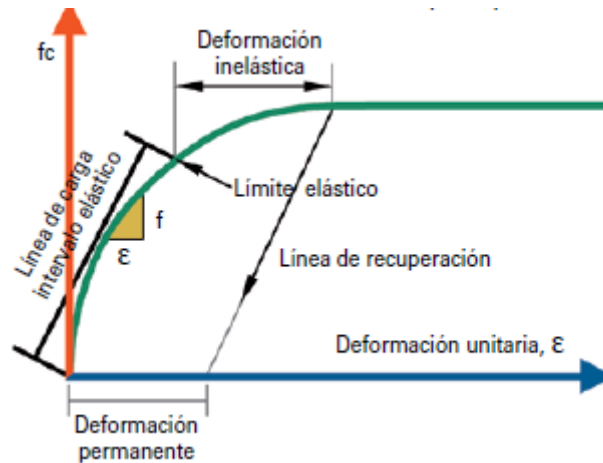


Figura 2. 1- Módulo de elasticidad

2.2.1.2. Resistencia a Compresión

Según ACI 214 (2019), menciona que la resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada (f'_c) para una estructura determinada.

2.2.2. DINÁMICA DE ESTRUCTURAS: ANÁLISIS MODAL

Losa (2015), define que el estudio experimental de las vibraciones en estructuras ha contribuido a comprender y controlar los numerosos fenómenos que pueden darse en las construcciones. Desde que se tiene noción de la existencia de las vibraciones, las observaciones experimentales han ido encaminadas a cubrir dos necesidades básicas: por un lado, determinar la naturaleza y el alcance de las respuestas de las estructuras a distintos niveles vibratorios y, por otro, verificar algunos modelos teóricos y sus predicciones. En muchos casos, la elección de un análisis modal es consecuencia de la búsqueda de *un modelo matemático* de la estructura, pero hoy en día, la aplicación de los análisis modales cubre un amplio campo de objetivos como:

- La validación, corrección o actualización de modelos analíticos de vibración;

- La identificación y evaluación de los fenómenos vibratorios;
- El desarrollo de modelos dinámicos experimentales;
- El cálculo, modificación y detección de errores en el diseño de estructuras;
- Tecnologías de sensorización e identificación modal. Aplicación a la determinación del amortiguamiento estructural.
- El establecer criterios y especificaciones para el diseño, comprobación y certificación de estructuras.

Uno de los requerimientos más notables que exige el análisis modal es un minucioso conocimiento de tres áreas (Ewins, 1992:5):

- Teoría básica de vibraciones;
- Precisión en la medida de las vibraciones;
- Análisis realista y detallado de los datos.

2.2.2.1. Clasificación de las vibraciones

Losa (2015), menciona que las vibraciones se consideran libres si no existen fuerzas exteriores que actúen sobre el sistema a lo largo del tiempo. Las vibraciones son forzadas si existen acciones o excitaciones externas que se aplican directamente sobre el sistema a lo largo del tiempo.

Ambos tipos de vibraciones pueden subdividirse según existan o no elementos que incluyan fuerzas resistentes que mermen el movimiento libre del sistema. Por tanto, puede decirse que, las vibraciones tanto libres como forzadas pueden ser:

- **Con amortiguamiento:** existen elementos en el sistema que aplican fuerzas o momentos disipativos que amortiguan el movimiento vibratorio.
- **Sin amortiguamiento:** no existen resistencias al movimiento del sistema.

Aunque la teoría básica de vibraciones presenta estos cuatro tipos de vibraciones, los conocimientos requeridos para abordar este trabajo pasan tan sólo por analizar las vibraciones libres y forzadas con amortiguamiento, por lo que los conceptos de los próximos epígrafes están destinados a dar una imagen detallada de este tipo de vibraciones.

2.2.2.2. Conceptos básicos. Sistemas con un grado de libertad (SDOF)

Vibración libre

Todas las propiedades dinámicas de los sistemas mecánicos están distribuidas en el espacio como la masa, la rigidez o el amortiguamiento, responsables de la inercia,

la elasticidad y las fuerzas disipativas respectivamente. Resulta imposible, por tanto, tratar de describir detalladamente todas las características de un sistema. Por ello se recurre a la discretización de un sistema con un grado de libertad, como el mostrado en la figura.

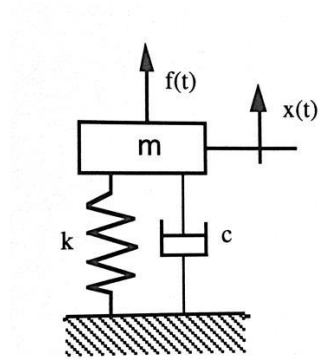


Figura 2. 2 - Sistema Mecánico de 1gdl.

Se trata de un sistema cuyas propiedades están representadas por:

- Una masa m , constante y rígida que proporciona inercia al sistema.
- Un muelle ideal sin masa, con una constante de rigidez k que proporciona elasticidad.
- Un amortiguador viscoso ideal sin masa, con coeficiente de amortiguamiento constante c .

Vibración forzada

El problema de la vibración forzada parte de la figura 2.2, pero en la que $f(t)$ es distinta de 0, tomando como función de excitación.

2.2.2.3. Frecuencias naturales, formas modales y factor de participación

Como anteriormente se ha indicado para sistemas con un grado de libertad, cuando una estructura está sometida a una fuerza en un instante y posteriormente se le deja vibrar libremente, ésta comienza a oscilar alrededor del punto de equilibrio.

Para poder explicar los tres conceptos que integran este epígrafe, aplicados a los modelos de múltiples grados de libertad, se comienza analizando el caso más sencillo: vibración libre sin amortiguar. Posteriormente, se verá la vibración libre

con amortiguamiento viscoso y finalmente, la forzada con amortiguamiento viscoso.

2.2.3. PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES

Losa (2015), menciona que el procesamiento digital de las señales es una herramienta clave a la hora de realizar un análisis modal de un sistema concreto. El conjunto de las señales puede clasificarse, en general, en estacionarias y no estacionarias. Puesto que la finalidad del análisis de las señales es tratar de obtener la máxima información de ellas, resulta óptimo contar con la capacidad de estudiarlas en sus distintos dominios. Para extraer su contenido en frecuencias, resulta más sencillo analizar las señales en el dominio de las frecuencias. Se debe tener en cuenta que los registros se realizan en el dominio del tiempo, y por tanto, debemos acudir a la transformada (e inversa) de Fourier, ya que se trata de una herramienta que nos permite transformar de manera sencilla una señal en el tiempo a una señal en frecuencia y viceversa.

2.2.4. SERIES DE FOURIER

Herlindo R., (2014). Menciona que el ingeniero, Joseph Fourier, a principios del siglo XIX se encargó de recopilar información para convencer al mundo científico, de que una función periódica de periodo T puede ser representada como una suma trigonométrica de senos y cosenos del mismo periodo T, esta es la idea básica de las series de Fourier.

Las series de Fourier permiten representar una señal en función del tiempo, como superposición de señales más simples sinusoides de varias frecuencias múltiplos de la frecuencia fundamental $1 / T$. El espectro de frecuencia es una medida de la distribución de amplitudes o de las fases de cada frecuencia. El proceso que cuantifica las diversas intensidades de cada frecuencia se conoce como análisis espectral.

A continuación, se muestran formas más comunes para su representación:

- Está representada en su forma real por:

$$S_N(t) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n=1}^N \left(a_n \cos \frac{2\pi nt}{T} + b_n \operatorname{sen} \frac{2\pi nt}{T} \right)$$

- En su forma compleja por:

$$S_N(t) = \sum_{n=-N}^N c_n e^{j \frac{2\pi nt}{T}}$$

- A partir de una función armónico sinusoidal:

$$S_N(t) = C_0 + \sum_{n=1}^N \left(C_n \cos \frac{2\pi nt}{T} - \phi_n \right)$$

donde:

$$C_0 = \frac{1}{2}a_0 = c_0$$

$$C_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} = 2|c_n|$$

$$\phi_n = \tan^{-1} \left(\frac{b_n}{a_n} \right)$$

Las representaciones mostradas anteriormente son equivalentes, su utilización depende del tipo de aplicación. Para el caso de funciones no periódicas estas son expresadas por medio de integrales y se le conoce como la transformada de Fourier.

Transformada de Fourier

Las series de Fourier permiten involucrar funciones periódicas, sin embargo, ahora se busca extender este análisis cuando las funciones no son periódicas para asociarles un espectro en frecuencias. Sea $x(t)$ una señal integrable y $F(f)$ será su transformada de Fourier, Ec.2.1.

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} F(f) e^{j2\pi ft} df ; F(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(s) e^{-j2\pi fs} ds \quad (\text{Ec. 2.1})$$

La serie de Fourier juega un papel importante en el procesamiento de una señal, haciendo posible representar una señal de aceleración $x(t)$, con periodo T. La transformada de Fourier de dicha señal se representa mediante la siguiente expresión:

$$x(f) = \int_{-\infty}^T x(t) e^{i2\pi ft} dt \quad (\text{Ec. 2.2})$$

La transformada de Fourier es una función compleja, por lo que aplicando la identidad de Euler a la Ec.2.2 esta puede escribirse como:

$$x(t) = \int_0^T x(t) \cos(2\pi ft) dt + i \int_0^T x(t) \text{sen}(2\pi ft) dt \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Para expresar una señal $x(t)$ en el dominio de la frecuencia, una de las formas consiste en calcular su función de densidad espectral, también conocida como espectro de potencia G_{XX} , la cual es una función que representa la distribución de potencia de la señal con respecto de la frecuencia, y se define de la siguiente manera:

$$S_{XX}(f) = x^*(f) \cdot x(f) \quad (\text{Ec. 2.4})$$

donde:

$x^*(f)$, es el conjugado de la transformada de Fourier de la señal.

$x(f)$, es la transformada de Fourier de la señal de aceleración.

Debido a que dicha función es simétrica, la información de las frecuencias negativas y positivas de la función de densidad espectral es la misma. Esto hace que sea más conveniente realizar el análisis de un solo lado del espectro, como se expresa a continuación:

$$G_{XX}(f) = 2S_{XX}(f) \quad (\text{Ec. 2.5})$$

donde la función $G_{XX}(f)$ se define como:

$$G_{XX}(f) = \begin{cases} 2S_{XX}(f) & \text{si } f > 0 \\ S_{XX}(f) & \text{si } f = 0 \\ 0 & \text{si } f < 0 \end{cases}$$

Tomando dos registros o señales de aceleración correspondientes a dos puntos instrumentados de la estructura, $x(t)$ y $y(t)$, sus transformadas de Fourier estarán representadas por:

$$X(f) = \int_0^T x(t) e^{-i2\pi ft} dt \quad (\text{Ec. 2.6})$$

$$Y(f) = \int_0^T y(t) e^{-i2\pi ft} dt \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Transformada discreta de Fourier DFT

En mediciones de sistemas estructurales, la señal $x(t)$ se obtiene a través de un convertidor analógico-digital, por lo que la representación de la transformada de Fourier se realiza en forma discreta, en un periodo de tiempo. La discretización de

una señal continua se hace a través de una operación llamada muestreo. Si se considera una frecuencia de muestreo f_s , con un número de muestras “n” en tiempo y frecuencia, la resolución $\Delta f = f_s / n$ y el intervalo $\Delta t = 1 / f_s$.

El equivalente a la transformada de Fourier para señales continuas es la transformada de Fourier discreta (DFT), la cual puede expresar a través de las relaciones:

$$F_k = \sum_{i=0}^{n-1} x_i e^{-\frac{j2\pi ik}{n}} \Delta t \quad x_i = \sum_{k=0}^{n-1} F_k e^{\frac{j2\pi ik}{n}} \Delta f \quad (Ec. 2.8)$$

La transformada de Fourier discreta, permite evaluar una representación espectral (en frecuencias) discreta de una señal discreta por medio de una ventana de tiempo finita. Este análisis es relativamente sencillo y además eficaz en aplicaciones de eliminación del ruido que contamina una señal y en otros tipos de filtrados (pasa-bajos, pasa-altos, pasa-banda, etc.), Medina, (2010).

Al multiplicar la Ec.2.8 por Δf , F_k entonces, representa una amplitud de densidad espectral. Esta amplitud es la forma final de lo que se conoce como transformada discreta de Fourier, DFT, de la forma:

$$F_k = \sum_{i=0}^{n-1} x_i e^{-\frac{j2\pi ik}{n}} \quad x_i = \sum_{k=0}^{n-1} F_k e^{\frac{j2\pi ik}{n}} \quad (Ec. 2.9)$$

Para $k=0,1, 2, \dots, n-1$ para $i=0,1,2, \dots, n-1$

Transformada rápida de Fourier o FFT

La transformada rápida de Fourier es un algoritmo originalmente presentado por Cooley y Tukey, (1965), el cual permite calcular la transformada de Fourier discreta (DFT) y su inversa. Su aplicación permite el tratamiento digital de funciones y filtrado digital entre otras.

La implantación directa de la Ec.2.9 presentada en el apartado anterior, requiere aproximadamente n^2 operaciones complejas. Sin embargo, cuando el tamaño de la secuencia es $n = 2^m$, para $m=1,2,3$, entonces el cómputo de la DFT puede mejorar en aproximadamente $n \log_2(n)$ operaciones. En procesamiento digital se conoce a este caso particular como la transformada rápida de Fourier o FFT. La señal se muestrea de tal manera que produce una cantidad específica de números binarios que representan el segmento de la función de entrada.

Estos números se transforman a través de la FFT en valores complejos en el dominio de frecuencias. Cada punto de frecuencia, $A(f)$ se calcula con el promedio de las amplitudes A_i de acuerdo con la Ec.2.10.

$$A(f) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i^2(f)} \quad (\text{Ec. 2.10})$$

2.2.5. SeismoSignal 2016

SeismoSignal 2016 es un programa que constituye un paquete simple pero eficiente para el procesamiento de datos de movimiento fuerte. Entre otras cosas, permite la derivación de espectros de respuesta inelásticos de ductilidad elástica y constante, cálculo de espectros de amplitud de Fourier, filtrado de contenido de registro de alta y baja frecuencia y estimación de otros parámetros sismológicos importantes, como la intensidad de Arias y la significativa y efectiva duraciones, tal como lo muestra en la figura 2.3.

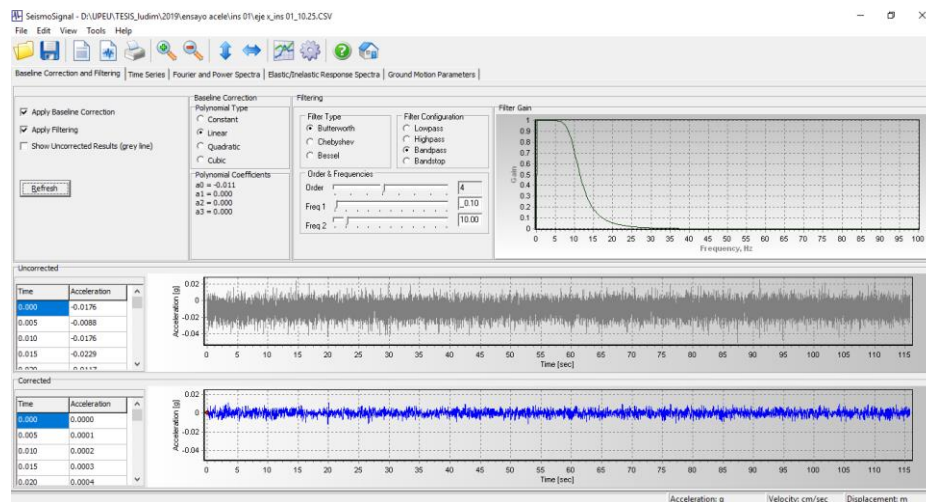


Figura 2. 3 – Programa SeismoSignal

2.2.6. ENSAYO EXPERIMENTALES DE IDENTIFICACION MODAL

Consiste en ensayos experimentales de identificación modal en un edificio empleando sensores que para este caso será el acelerómetro X16-1D, como se muestra en la figura 2.4.



Figura 2. 4 - Acelerómetros a utilizar (gcdataconcepts.com.)

Los datos grabados en los archivos se deben convertir para determinar la aceleración en unidades "g", divida las columnas Ax, Ay, Az por 2048 para determinar g unidades. Además, la orientación de lectura de este sensor es tal como se muestra en la figura 2.5.

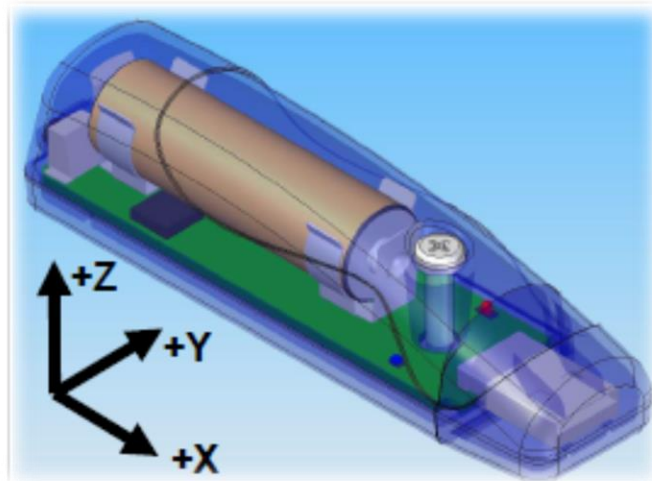


Figura 2. 5 - Orientación del sensor

Según el manual del esclerómetro X16-1D menciona que la micro resolución es más adecuada para aplicaciones que requieren una sincronización precisa, como el análisis de vibración, y se recomienda para frecuencias de muestreo superiores a 200 Hz. La precisión de tiempo estándar (predeterminada) de 1 milisegundo es adecuada para la mayoría de las aplicaciones generales, como la supervisión del movimiento humano. Este se debe tener en cuenta al momento de programarlo tal como lo muestra en el siguiente ejemplo.

El registrador debe estar encendido con el botón de encendido / apagado. Entrará en modo de espera (el LED azul parpadea) mientras espera la hora de inicio. El

registrador comenzará a grabar a las 10:30 am y se apagará a las 2:00 pm. El registrador grabará constantemente a 200Hz y creará 51 archivos de datos en las 3.5 horas. La resolución micro se activa para proporcionar la mejor precisión de tiempo a la frecuencia de muestreo de 200 Hz.

```
; Example X16-1D Config file
; set to 200Hz
samplerate = 200
; activate precision timing
microres
; record constantly
deadband = 0
deadbandtimeout = 0
; set file length
samplesperfile = 100000
; set logger to turn on with clock
starttime = 30 10
stoptime = 00 14
; LEDs on
statusindicators = normal
```

2.2.7. PERIODOS NATURALES EN UNA ESTRUCTURA

El tiempo requerido para completar un ciclo de vibración libre en una estructura, es lo que se conoce como periodo natural o fundamental de vibración, y es una propiedad única de cada estructura, que depende de la masa y la rigidez de la estructura. Chopra, (1995). Dicha propiedad es afectada por factores tales como la regularidad de la estructura, el número de pisos y claros, las dimensiones de las secciones, el nivel de carga, etc. Su valor varía desde 0.1 s, para sistemas simples, hasta varios segundos para sistemas de varios niveles. Su obtención puede determinarse mediante el análisis de señales registradas, y su identificación generalmente dependerá de la configuración estructural y de las acciones prevaletes durante la medición.

2.2.8. PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS EN ELEMENTOS

El esclerómetro.

Este aparato resulta útil para determinar la fuerza resistente a compresión en superficies de concreto de una forma rápida y sin el inconveniente de provocar daño a

los elementos. Su funcionamiento consiste en un mecanismo por el cual un perno de metal colocado en el extremo se coloca normal a la superficie de concreto, entonces, dentro del dispositivo, cierto peso (martillo) se acelera por un resorte y golpea al perno del metal contra el concreto, produciéndose un efecto cinético debida a la energía de impacto, siendo despedido el perno hacia atrás (rebote). Esta energía es medida registrando la distancia que el peso recorre, en contra del resorte cuando se produce el rebote, proporcionando un índice que, mediante correlación, permite estimar la resistencia del concreto. (Velázquez Mendez,2018).

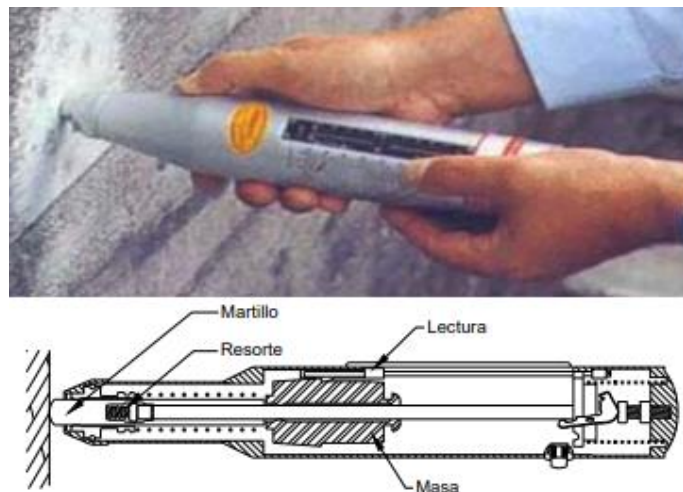


Figura 2. 6 - Esclerómetros de pistón y de péndulo en uso (Bungey y Millard, 1996).

2.2.9. SOFTWARE ETABS 2016

ETABS 2016 es ideal para el análisis y diseño de edificios y naves industriales. ETABS 2016 es la solución, si se está diseñando un simple pórtico 2D o realizando un análisis dinámico de un edificio de gran altura que utiliza amortiguadores.

Su nombre son las abreviatura en ingles de -Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems (Análisis Tridimensional Extendido de Edificaciones).

Al igual que el SAP2000, puede realizar análisis de estructuras complejas, pero tiene muchas opciones extras que simplifican el diseño de edificaciones, como, por ejemplo:

- Cálculo automático de coordenadas de centros de masas (X_m , Y_m).
- Cálculo automático de coordenadas de centros de rigideces (X_t , Y_t).
- Cálculo automático de fuerzas sísmicas, sus excentricidades y aplicación en el centro de masas.
- Cálculo automático de masas del edificio a partir de los casos de carga elegidos.

- División automática de elementos (Auto-Mesh), así se pueden definir elementos que se cruzan, y el programa los divide automáticamente en su análisis interno, o se puede dar el comando de que divida los elementos en el mismo modelo.
- Plantillas predefinidas de sistemas de losas planas, losas en una dirección, losas reticulares o con nervaduras y casetones, cubiertas, etc.

2.2.10. MODELO NUMERICO DE ESTRUCTURA DE EDIFICIOS

(Salinas et al., 2002), menciona que la modelización numérica de edificios históricos representa, actualmente, una herramienta prácticamente imprescindible para entender su comportamiento estructural, más si de lo que se trata es de asumir un estudio para su conservación y/o rehabilitación. Actualmente, la mayoría de los programas informáticos de simulación numérica de edificios arquitectónicos se dividen en tres partes: El Preproceso, el cual prepara toda la información necesaria (geometría, condiciones de borde, cargas, etc.); el Análisis, donde se desarrollan todos los cálculos y el Postproceso donde se analizan y toman decisiones en base a los resultados obtenidos en los pasos anteriores.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3. MATERIALES O METODOS

3.1. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1.1. Investigación

La presente investigación es de tipo CUANTITATIVO, correspondiente a un diseño no experimental debido a que se realizará toma de datos a un edificio a partir de ensayos y modelamientos numéricos.

3.1.2. Diseño

El diseño de investigación que se realizará será no experimental donde se buscará obtener valores a partir de ensayos de identificación modal y luego a partir de esos datos obtenidos obtener un modelo idealizado y de acuerdo con las observaciones, se llegará a una conclusión con respecto al comportamiento verdadero de dicha estructura del edificio.

3.1.3. FORMULACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

3.1.3.1. Hipótesis general

Un modelo numérico calibrado mediante ensayo de identificación modal permite obtener de manera confiable el comportamiento dinámico de un edificio de concreto armado.

3.1.3.2. Hipótesis específicas

- Mediante los ensayos no destructivos nos permiten obtener las propiedades dinámicas de un edificio de concreto armado.
- Mediante los ensayos no destructivos nos permiten determinar las propiedades mecánicas de los elementos estructurales de un edificio de concreto armado.

3.1.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

3.1.4.1. Variable general

VI: carga viva

VI: carga muerta

VI: Resistencia a compresión

VD: Periodo fundamental de vibración

3.1.4.2. Variables específicas

VI: Modulo de elasticidad

VI: Sección transversal de los elementos estructurales

VD: Masa del edificio

VD: Rigidez del edificio

Variable independiente

Saber las propiedades dinámicas del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión.

Variable dependiente

Saber el comportamiento verdadero del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión.

3.2. DESCRIPCIÓN Y PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Población y muestra instrumentos de recolección de datos

3.2.1.1. Población

La población para la presente investigación es finita ya que se analizará el comportamiento dinámico del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión., de los cuales se obtendrá un modelo idealizado en la presente investigación.

3.2.2. Instrumentos de recolección de datos

- Datos obtenidos directamente del ensayo experimental de identificación modal.
- Datos obtenidos de los resultados en SeismoSignal.
- Datos obtenidos de los ensayos de esclerometría.
- Datos obtenidos directamente del software ETABS.
- Investigaciones relacionadas al tema.
- Tesis
- Monografías.
- Publicaciones (revistas, artículos, ponencias, etc.)
- Información de Internet.
- Planos, fotografías.

3.3. PROCESAMIENTO DE INFORMACION

Los datos fueron procesados en:

Primera etapa: Elaboración de la compatibilidad de los planos arquitectónicos y estructurales para el edificio de la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión.

Segunda etapa: Procesamiento de datos generado a partir del ensayo experimental de identificación modal.

Tercera etapa: Procesamiento de datos generado a partir del ensayo de esclerometría.

Cuarta etapa: Ejecución del modelamiento numérico del edificio en el SOFTWARE ETABS.

Quinta etapa: Calibración del periodo de vibración del edificio de la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión.

3.4. INFORMACION GENERAL DEL EDIFICIO

- ✓ **Ubicación del edificio:** Lurigancho - Chosica - Lima.
- ✓ **Uso:** Oficinas.
- ✓ **N° de pisos:** 05 Pisos + sótano.
- ✓ **Sistema de techado:** Losa aligerada en sentidos x e y, además losa de doble sentido.
- ✓ **Altura de piso a techo:** 3.55 m.



Figura 3. 1 - Vista frontal y posterior del edificio.

3.4.1. Características de los materiales según diseño

✓ **Concreto:**

Resistencia Nominal a compresión Vigas, placas y columnas $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Resistencia Nominal a compresión Zapatas = $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Peso específico de concreto = 2400 kg/m^3 .

Módulo de elasticidad de concreto = $15100 \cdot \sqrt{f'c}$.

Módulo de Poisson = $\sigma=0.20$.

✓ **Acero de Refuerzo:**

Corrugado, grado 60, esfuerzo de fluencia (f_y) = $4200 \text{ kg/cm}^2 = 4.2 \text{ ton/m}^2$.

3.4.2. Normatividad

En su proceso del análisis y diseño se usaron las normas comprendidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.)

- ✓ Oficinas Norma A.080
- ✓ Metrado de cargas Norma E.020
- ✓ Diseño sismorresistente Norma E.030
- ✓ Concreto Armado Norma E.060

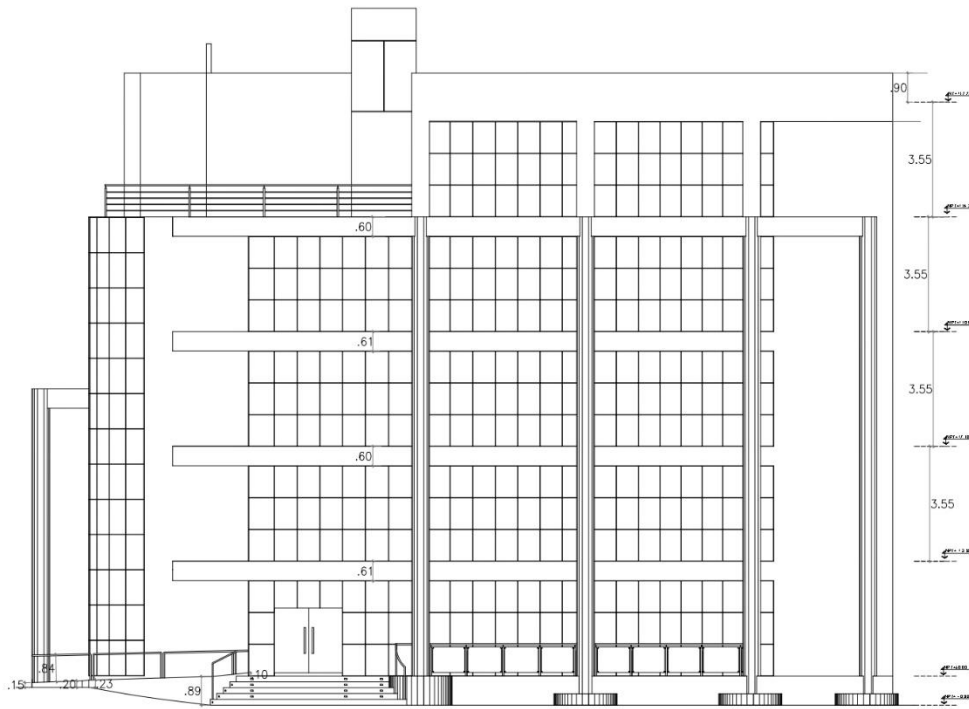


Figura 3. 4 – Elevación Lateral del edificio

En el anexo “A” se muestra los planos de arquitectura de todos los niveles.

3.4.4. Planos de estructuras del edificio FIA

A continuación, se muestra los planos de la cimentación y el último nivel en el cual se tomará las muestras con el ensayo de identificación modal. En el anexo “A” se muestra los planos de estructuras de cada nivel.

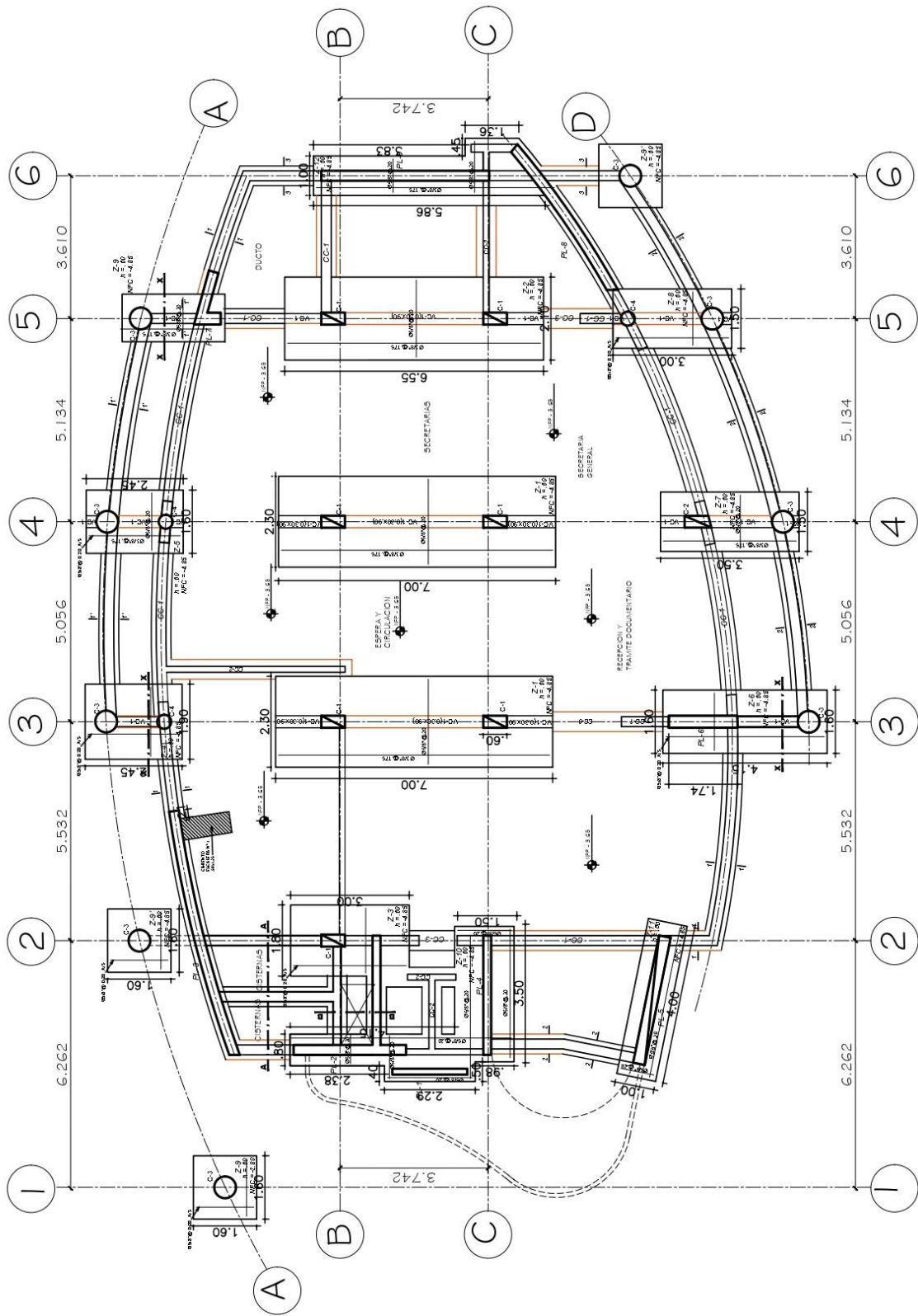


Figura 3.5 - Detalle de cimentación.

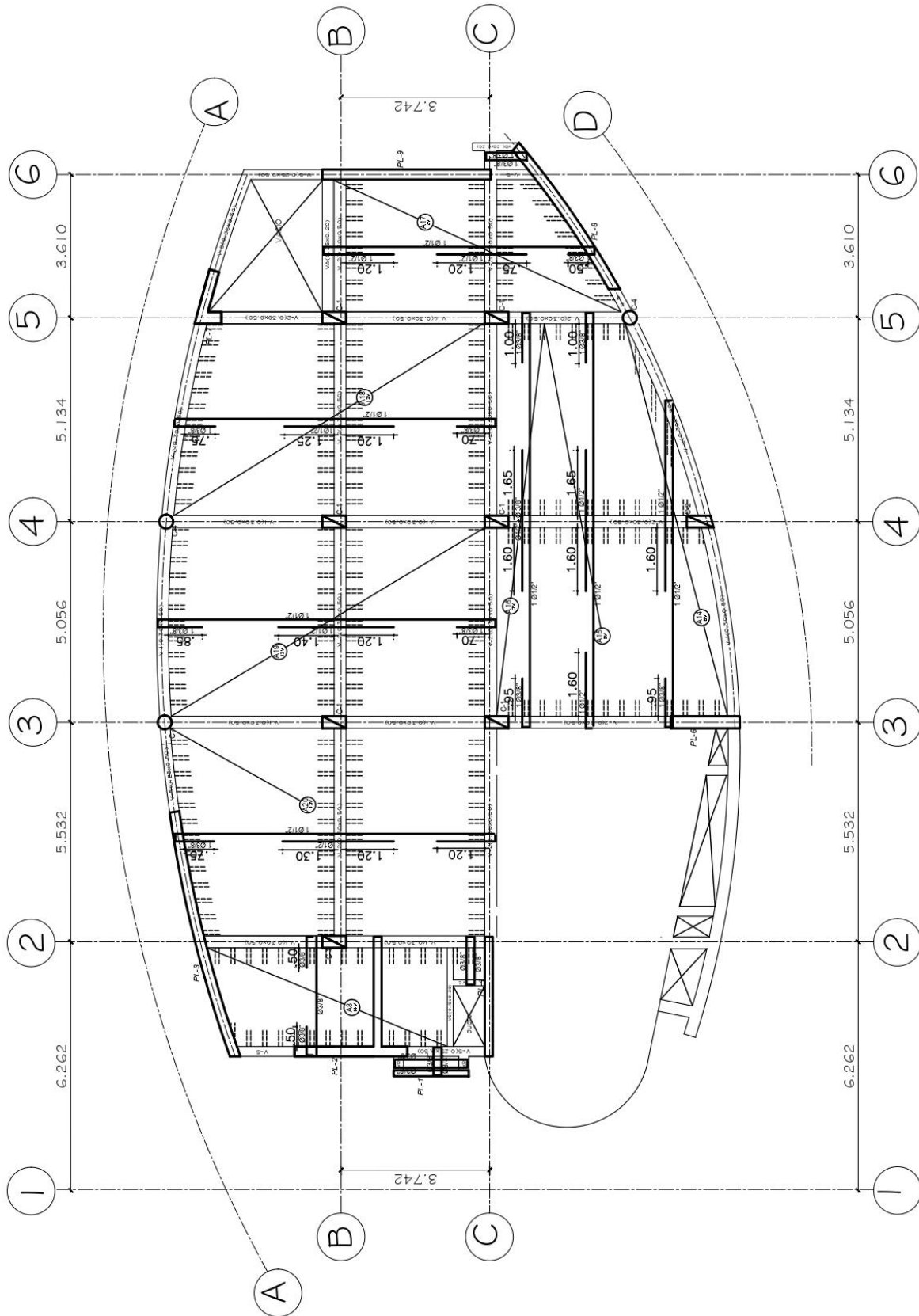


Figura 3. 6 - Detalle de aligerado del quinto nivel.

En el anexo “A” se muestra los planos de estructuras completos.

3.5. ENSAYO DE IDENTIFICACIÓN MODAL

Para el desarrollo de esta tesis, se tomó información del estudio de vibración realizado en el edificio de la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión.

Como ya se mencionó, la vibración fundamental se sitúa en frecuencias que van entre 1 a 3 Hz. y es la fuente de excitación utilizada en este trabajo para determinar el periodo fundamental de vibración del edificio.

3.5.1. Instrumento

Se trabajó con el equipo registrador de datos X16-1D, este es un registrador de datos de acelerómetro de grabación automática compacto y de bajo costo. Los datos del sensor del acelerómetro digital de 3 ejes se marcan con un reloj en tiempo real y se almacenan en una tarjeta microSD en un formato de texto simple. Cuando se conecta mediante un USB a una computadora personal, el X16-1D aparece como un dispositivo de almacenamiento masivo estándar que contiene los archivos de datos delimitados por comas y el archivo de configuración del usuario. El X16-1D se alimenta de una batería alcalina tipo AA reemplazable (o LR6).

Para instalar los acelerómetros se deben utilizar áreas lo más retiradas posibles de equipos mecánicos o de personas ya que cualquier movimiento del acelerómetro con respecto al edificio altera tanto el contenido energético como el espectro de frecuencias de la señal, y por lo tanto puede distorsionar los resultados.

3.5.2. Localización del acelerómetro.

El equipo se colocó en la azotea, fueron 05 acelerómetros donde todos recolectan datos en un determinado rango de tiempo tal como muestra la figura 3.7.

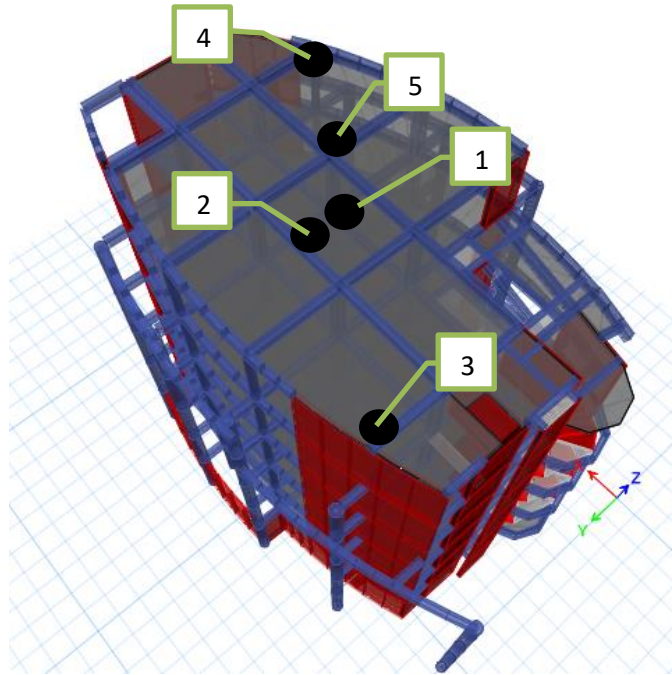


Figura 3. 7 - Esquema de colocación de acelerómetros en la azotea

3.5.3. Procedimiento de procesamiento de señales

En este trabajo de investigación el análisis espectral descrito con anterioridad se realizó utilizando un software SeismoSignal para el procesamiento de las señales de aceleración vs. Tiempo.

El sistema utilizado se basa en un procedimiento numérico para el análisis e interpretación de señales registradas, y permite calcular las propiedades dinámicas necesarias para estimar el comportamiento dinámico de las estructuras en estudio, bajo sus condiciones actuales, para finalmente calibrar los modelos numéricos con los periodos obtenidos de este análisis.

A continuación, se muestra los procedimientos para el acelerómetro nro. 01 en el sentido “x”, la cual será el mismo para todos los acelerómetros X16-1D.

1. Los datos grabados en los archivos en las columnas A_x , A_y , A_z se dividió por 2048 para determinar en “g” unidades.
2. Se tomo los datos convertidos del eje “x” que es para este caso y con el software SeismoSignal se procedió a realizar el procesamiento de señales como lo muestra la figura nro. 3.8.

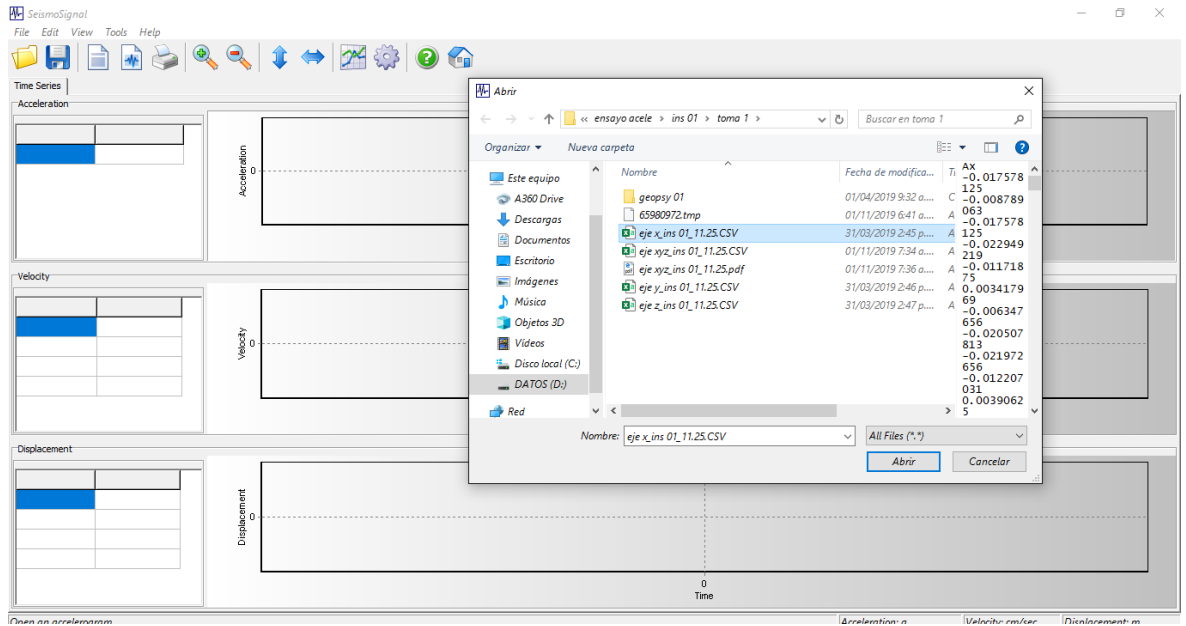


Figura 3. 8 - Selección del archivo en sentido “x”

3. Se procedió a configurar según los datos tomados del acelerómetro tal como lo muestra e la figura nro. 3.9.

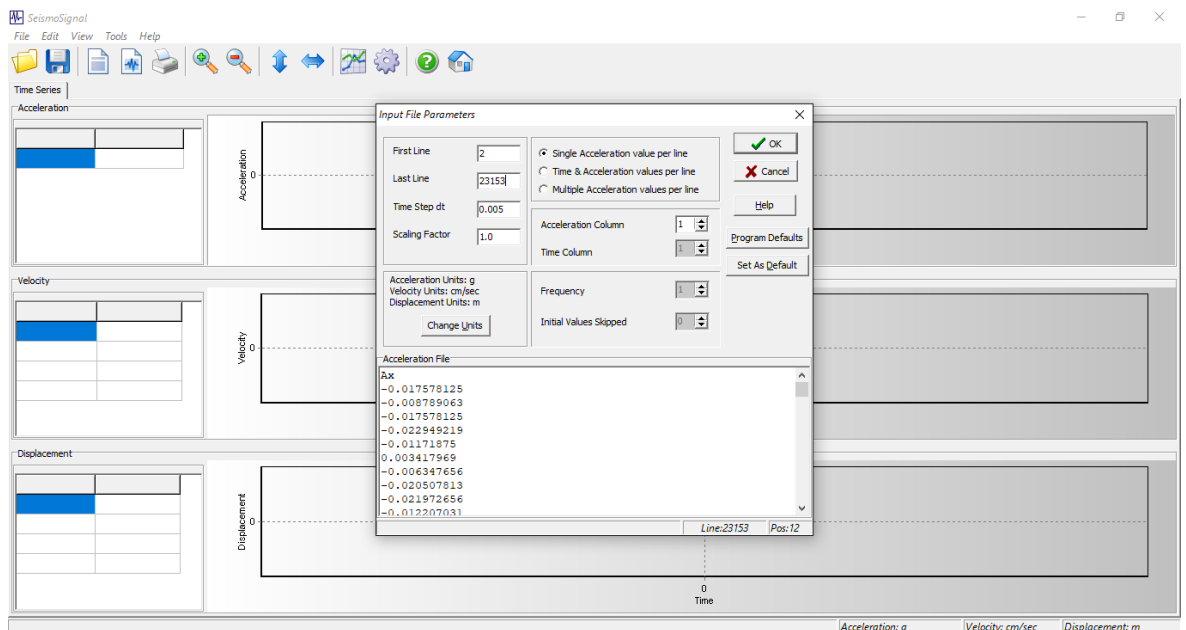


Figura 3. 9 - Configuración del archivo en sentido “x”

4. Una vez los datos del acelerómetro en software Seismo Signal tal como muestra en la figura nro. 3.10, se procede a filtrar estos datos tal como lo muestra en la figura nro. 3.11.

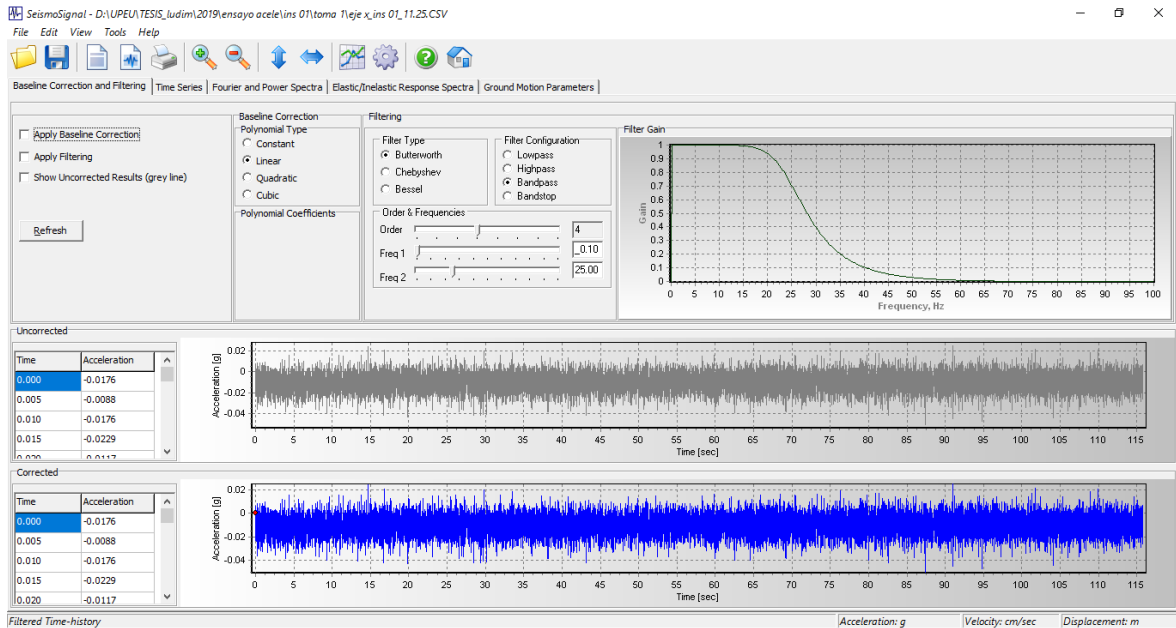


Figura 3. 10 - Estado inicial antes de filtrar las señales en el software SeismoSignal.

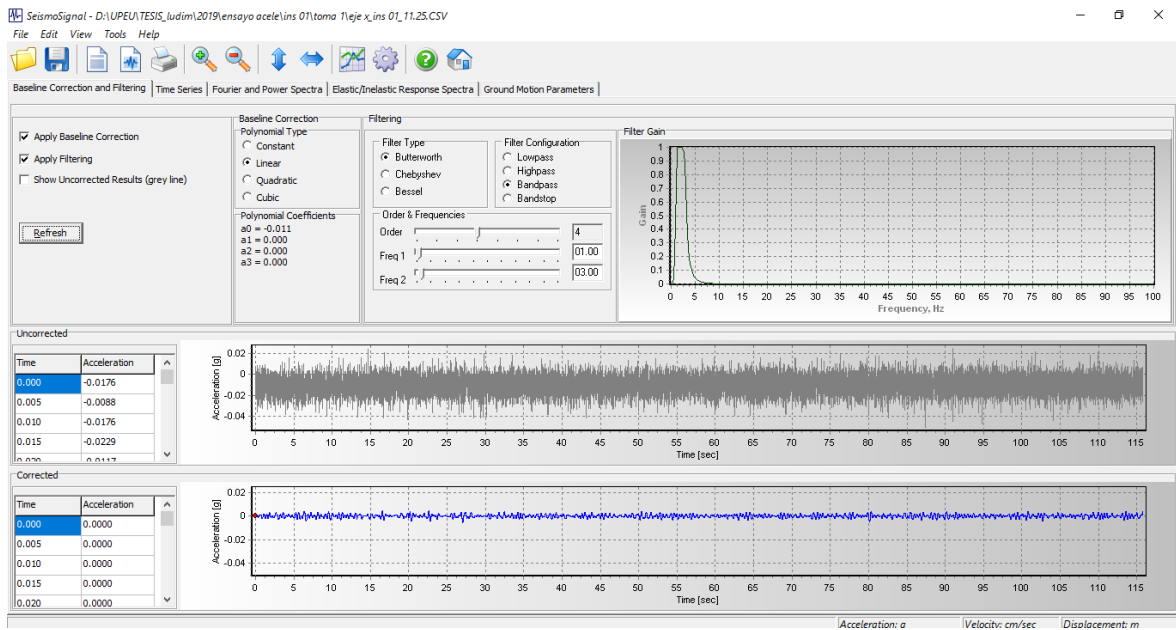


Figura 3. 11 - Estado inicial después de filtrar las señales en el software SeismoSignal.

5. Se procede a verificar si los desplazamientos tengan sentido con respecto a los datos obtenidos, tal como muestra en la figura nro. 3.12.

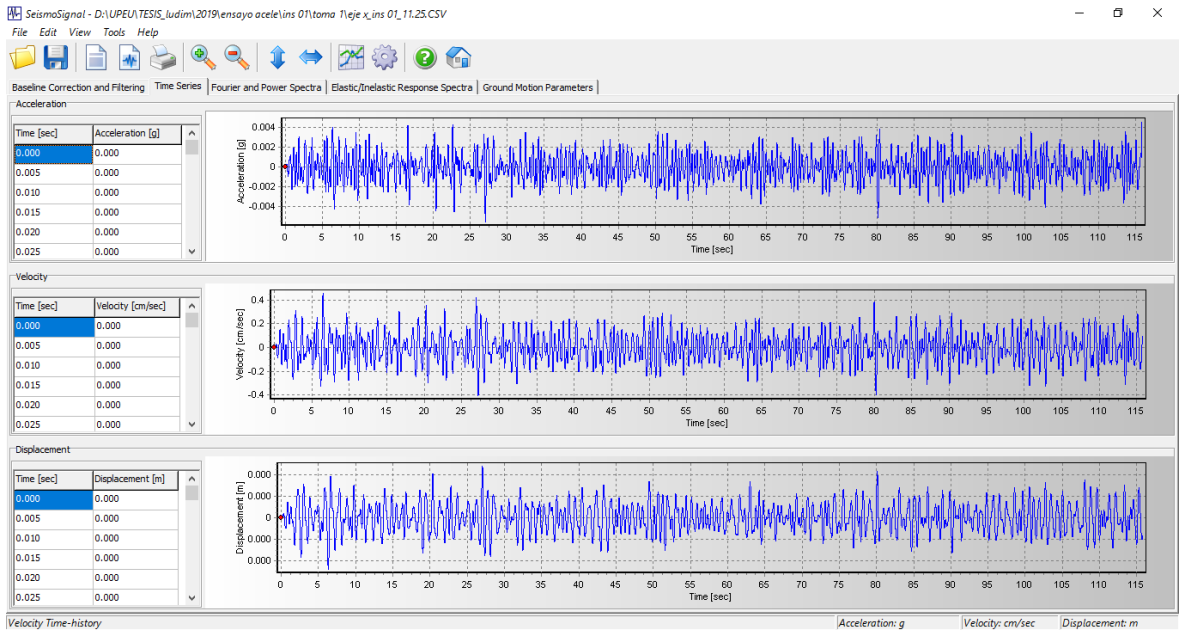


Figura 3. 12 - Aceleración y desplazamientos después de filtrar las señales en el software SeismoSignal.

6. finalmente se muestra en el programa en el espectro de Fourier realizado por dicho software en la cual se nos muestra las frecuencias con respecto al tiempo tal como se muestra en la figura nro. 3.13 y la figura nro. 3.14.

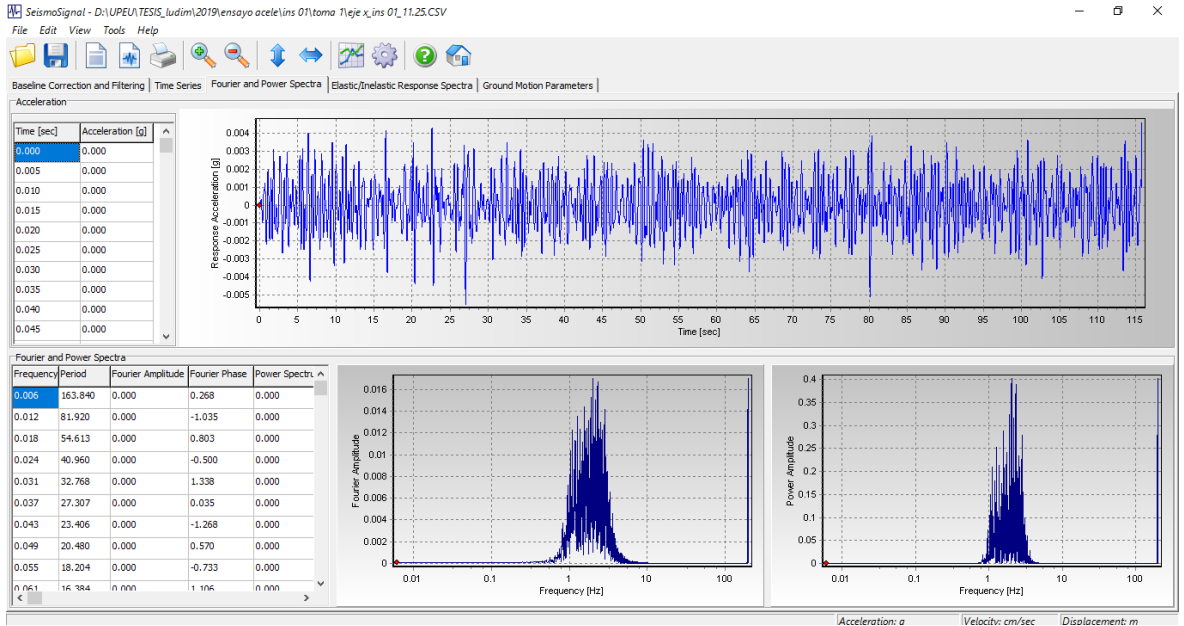


Figura 3. 13 - Espectro de Fourier en el software SeismoSignal.

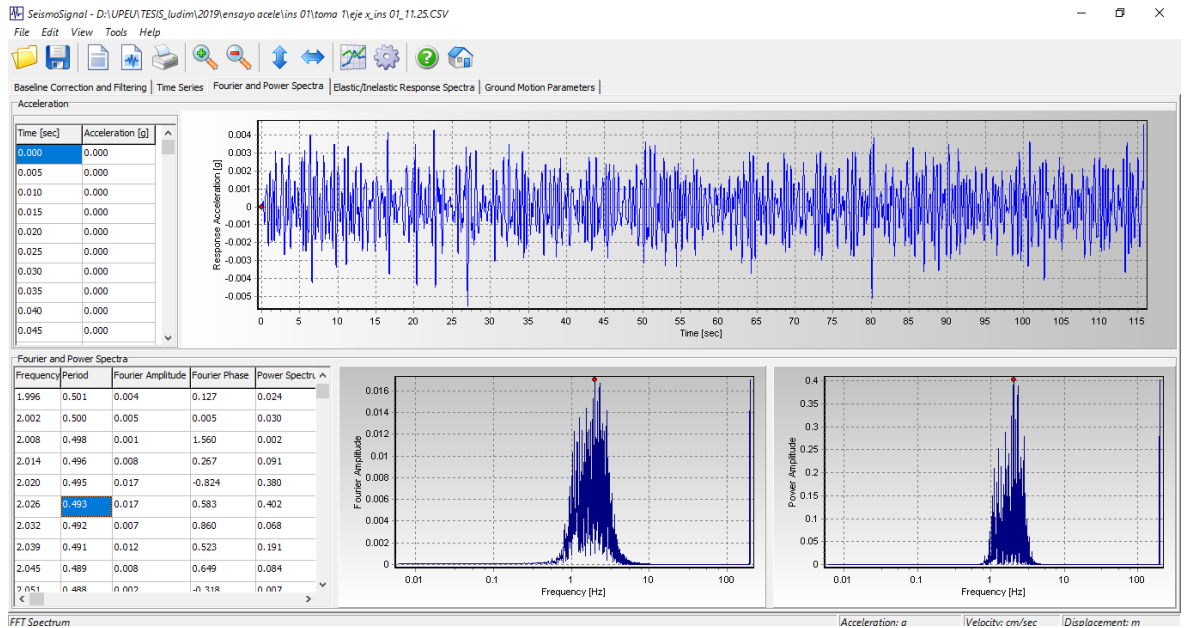


Figura 3. 14 - Frecuencia = 2.026 Hz, y un periodo de 0.493 en dirección “X” en el software SeismoSignal.

3.5.4. Resultados de cada acelerómetro ubicado en la azotea del edificio

3.5.4.1. Acelerómetro 01

Este acelerómetro se ubicó en el centro de masa de la losa del ultimo nivel y en el sentido según las referencias del modelamiento de Etabs, tal como se muestra en las figuras 2.5 y 3.15.



Figura 3. 15 - Colocación del Acelerómetro 01 y 02

Según los procesamientos de señales que nos arroja el programa de seismosignal, donde realiza la transformada de Fourier nos resulta las siguientes figuras que se muestra a continuación:

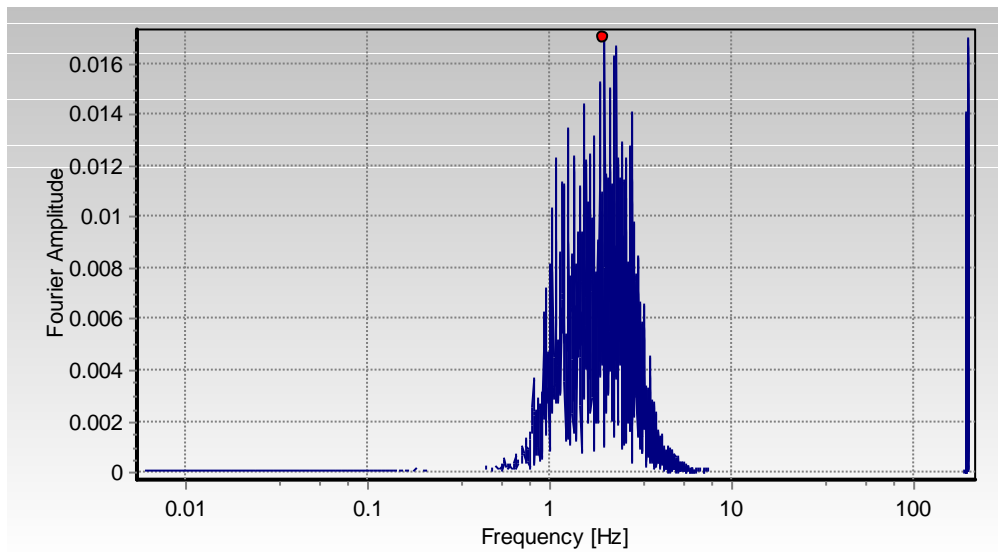


Figura 3. 16 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 1, en la dirección X con frecuencia = 2.026 Hz, y un periodo de 0.493 a las 11.25 am.

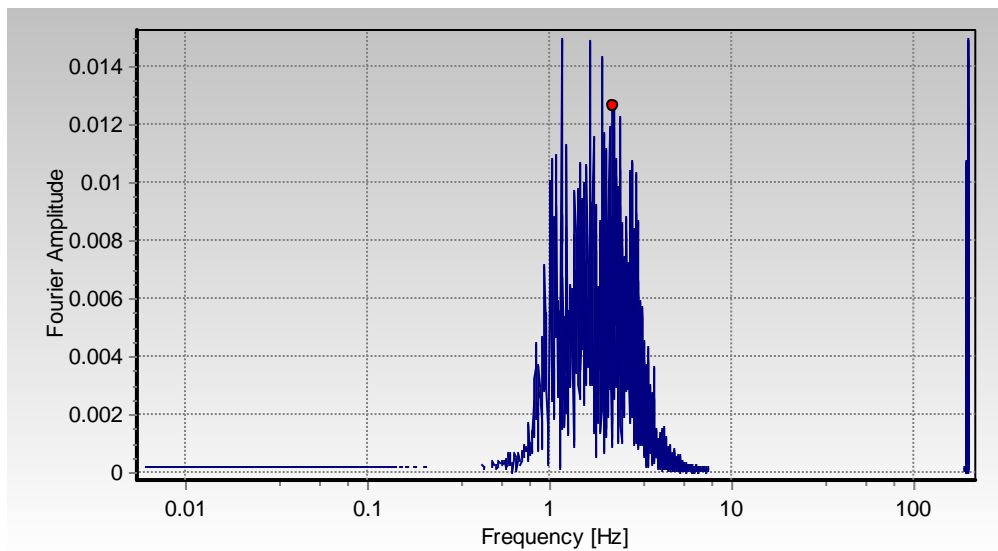


Figura 3. 17 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 1, en la dirección Y con frecuencia = 2.277 Hz, y un periodo de 0.439 a las 11.25 am.

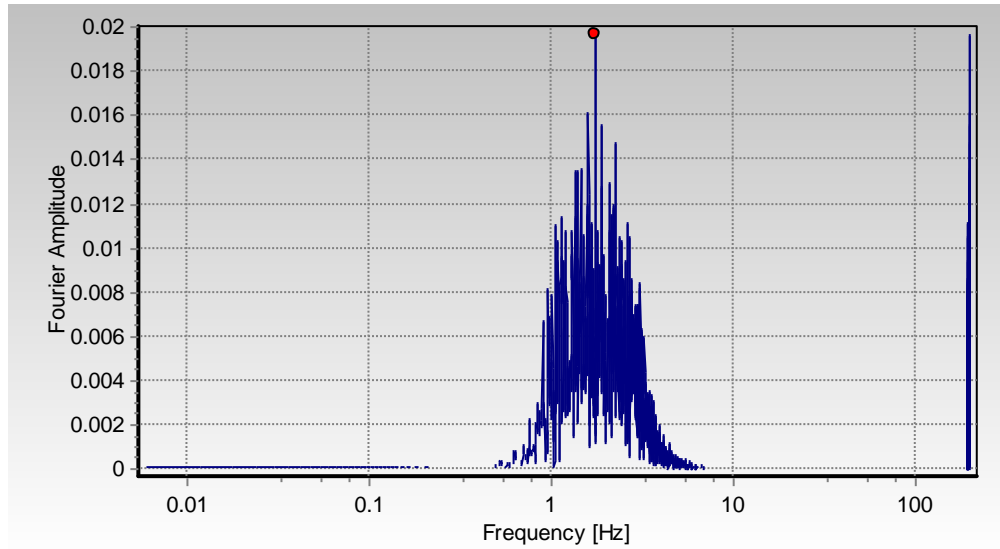


Figura 3. 18 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 1, en la dirección X con frecuencia = 1.764 Hz, y un periodo de 0.567 a las 11.45 am.

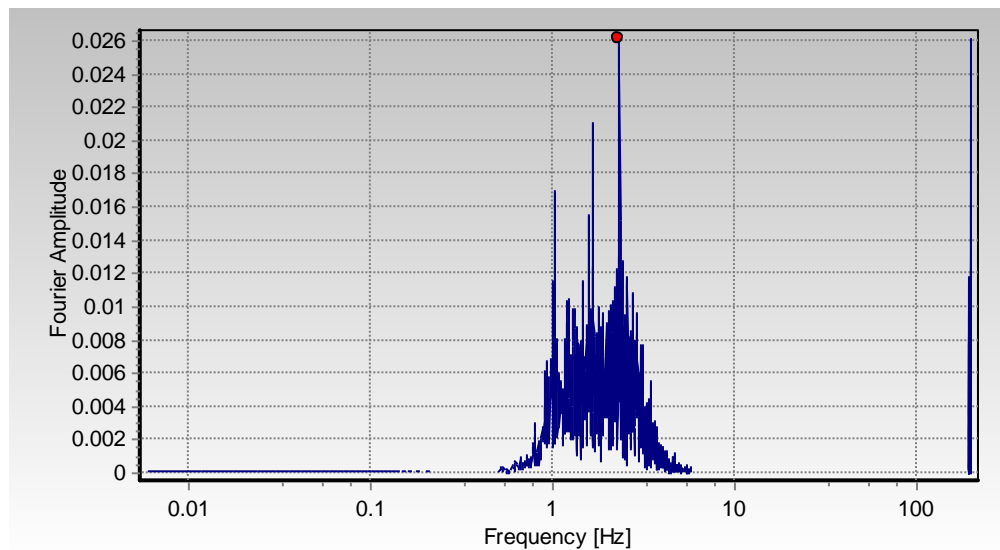


Figura 3. 19 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 1, en la dirección Y con frecuencia = 2.350 Hz, y un periodo de 0.426 a las 11.45 am.

La siguiente figura muestra los resultados obtenidos del acelerómetro 1 ubicados a la columna que contiene al ascensor.

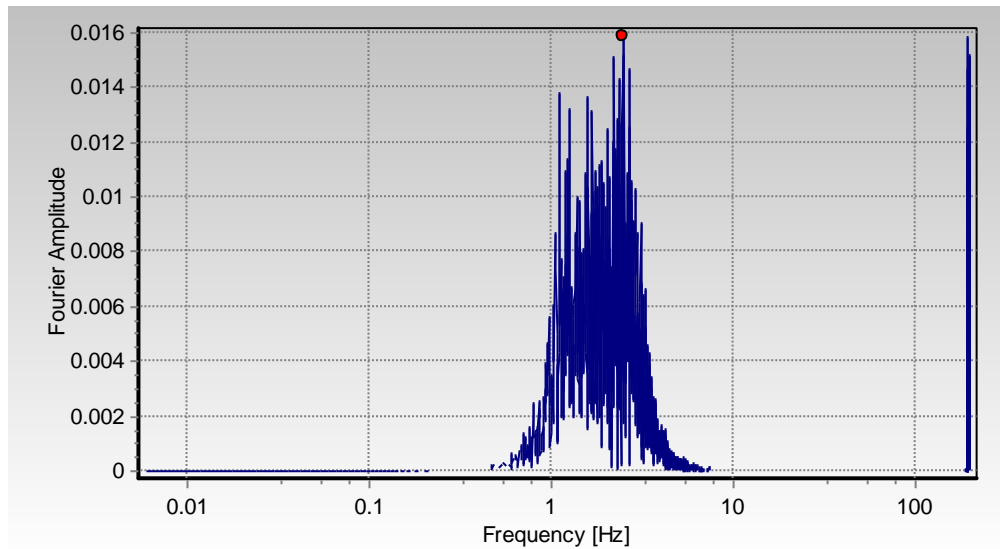


Figura 3. 20 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 1, en la dirección X con frecuencia = 2.545 Hz, y un periodo de 0.393 a las 11.55 am.

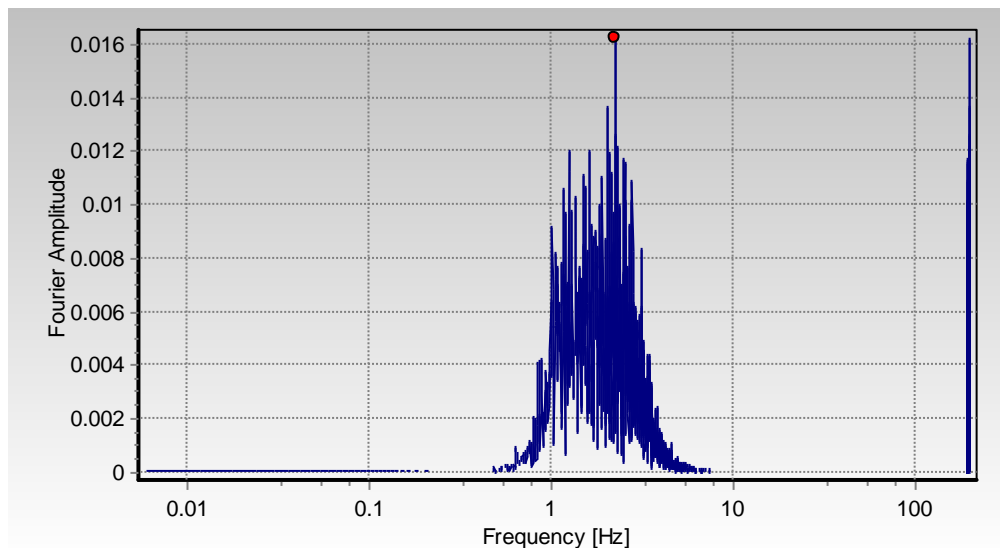


Figura 3. 21 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 1, en la dirección Y con frecuencia = 2.289Hz, y un periodo de 0.437 a las 11.55 am.

3.5.4.2. Acelerómetro 02

Este acelerómetro se ubicó a 50 cm del acelerómetro 1 en el último nivel y en el sentido según las referencias del modelamiento de Etabs, tal como se muestra en las figuras 2.5 y 3.15.

Según los procesamientos de señales que nos arroja el programa de seismosignal, donde realiza la transformada de Fourier nos resulta las siguientes figuras del instrumento 2 como se muestra a continuación:

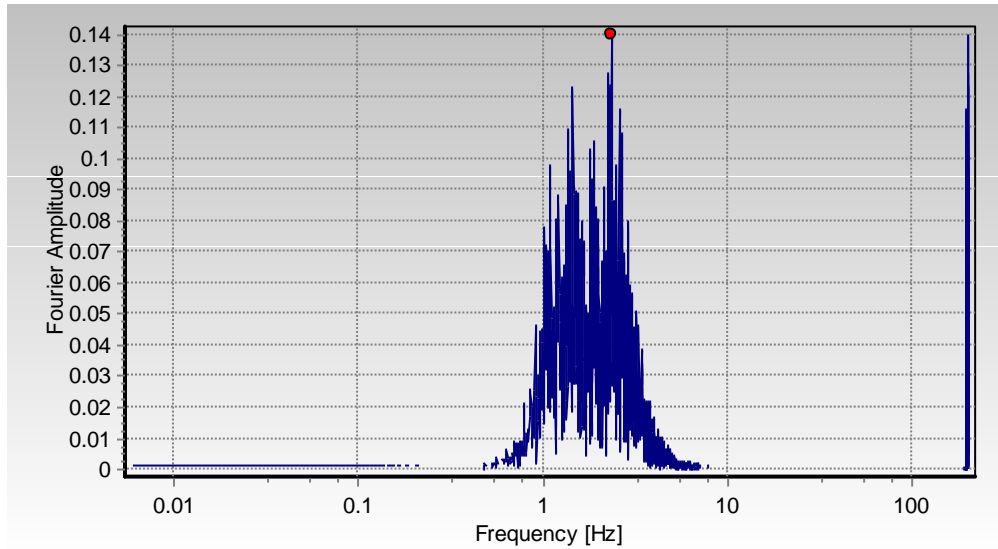


Figura 3. 22 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 2, en la dirección X con frecuencia = 2.002Hz, y un periodo de 0.500 a las 11.25 am.

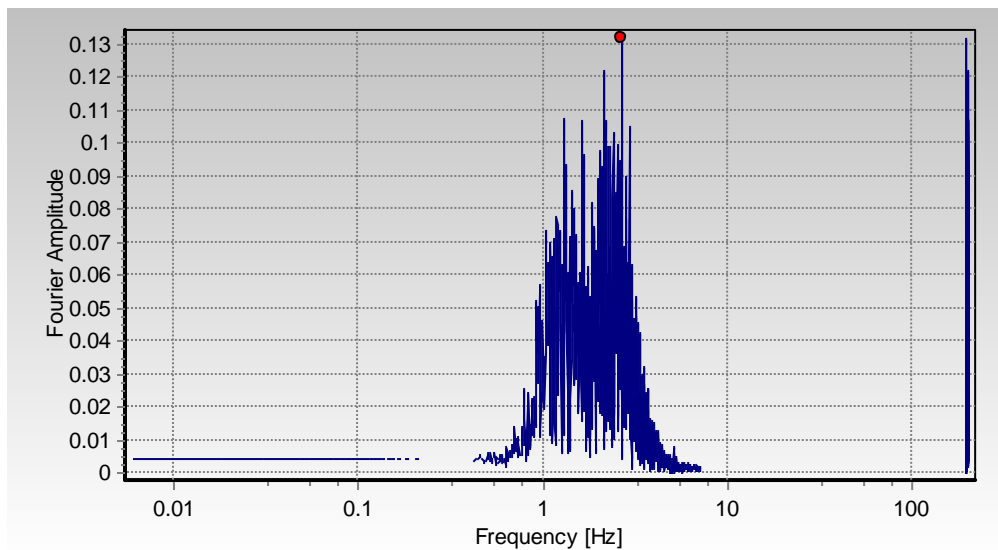


Figura 3. 23 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 2, en la dirección Y con frecuencia = 2.661Hz, y un periodo de 0.376 a las 11.25 am.

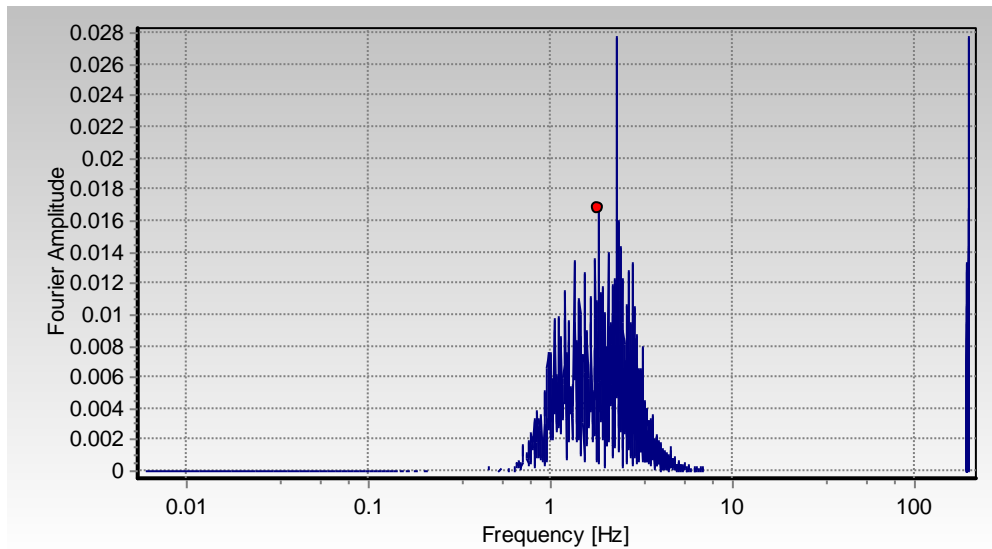


Figura 3. 24 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 2, en la dirección X con frecuencia = 1.868Hz, y un periodo de 0.535 a las 11.45 am.

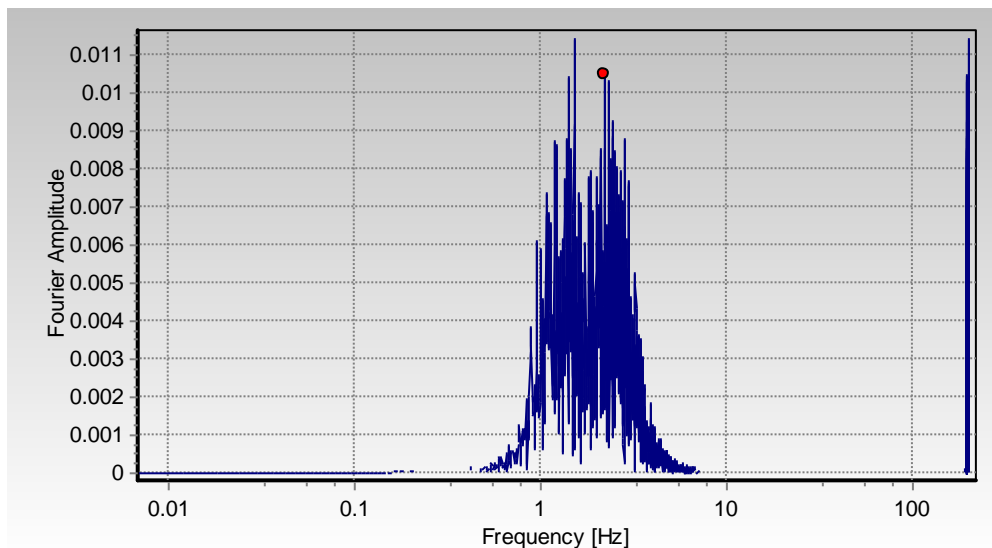


Figura 3. 25 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 2, en la dirección Y con frecuencia = 2.209Hz, y un periodo de 0.435 a las 11.45 am.

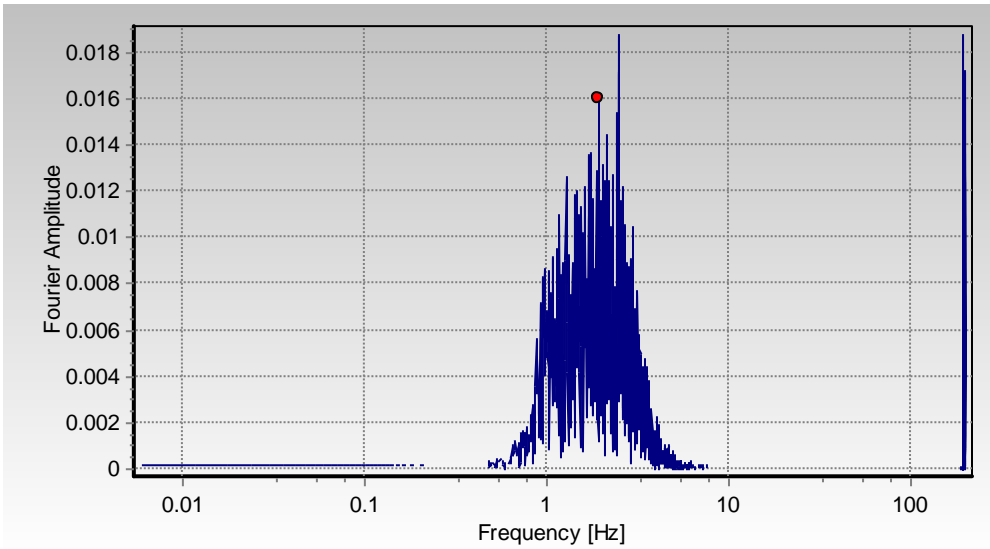


Figura 3. 26 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 2, en la dirección del eje “X” con frecuencia = 1.965Hz, y un periodo de 0.509 a las 12.20 pm.

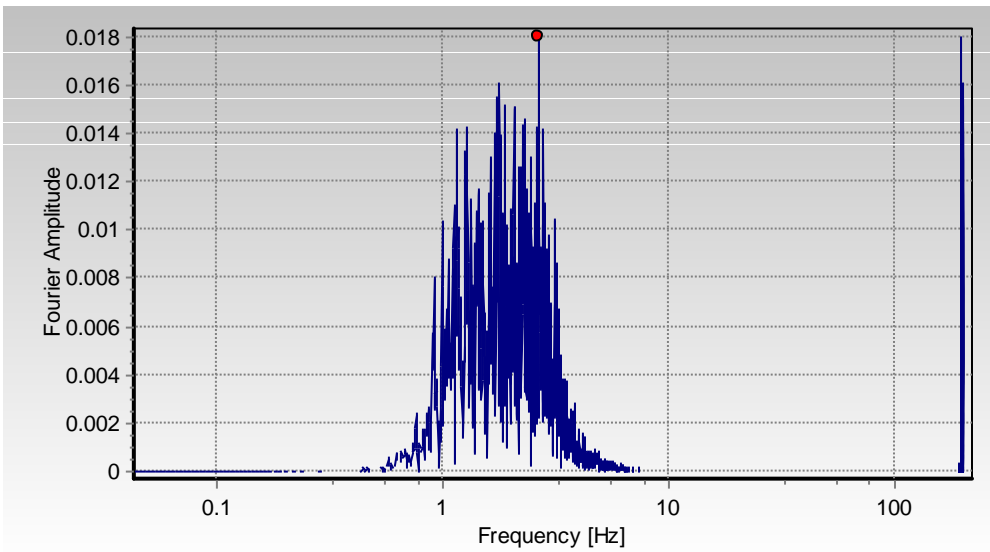


Figura 3. 27 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 2, en la dirección del eje “Y” con frecuencia = 2.661Hz, y un periodo de 0.376 a las 12.20 pm.

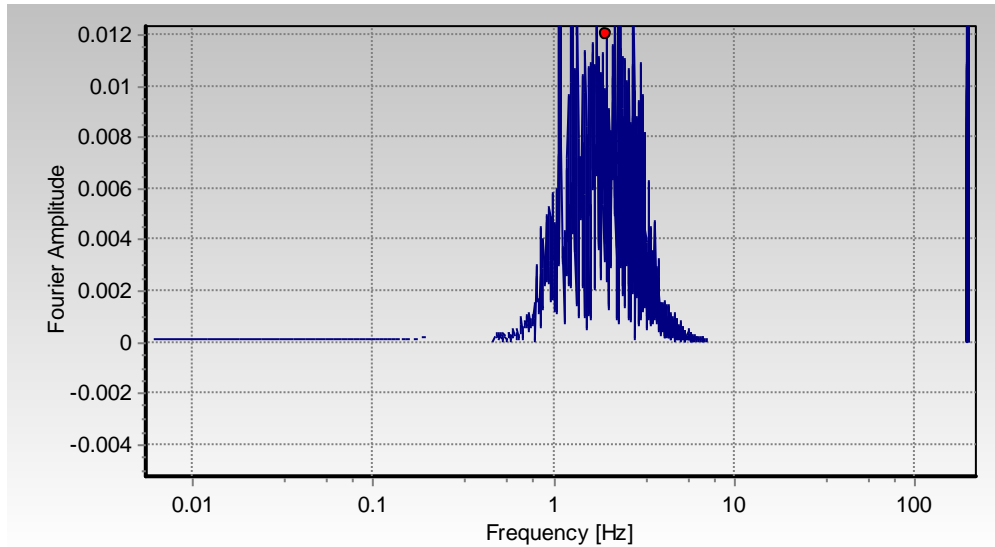


Figura 3. 28 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 2, en la dirección del eje “X” con frecuencia = 1.965Hz, y un periodo de 0.509 a las 12.26 pm.

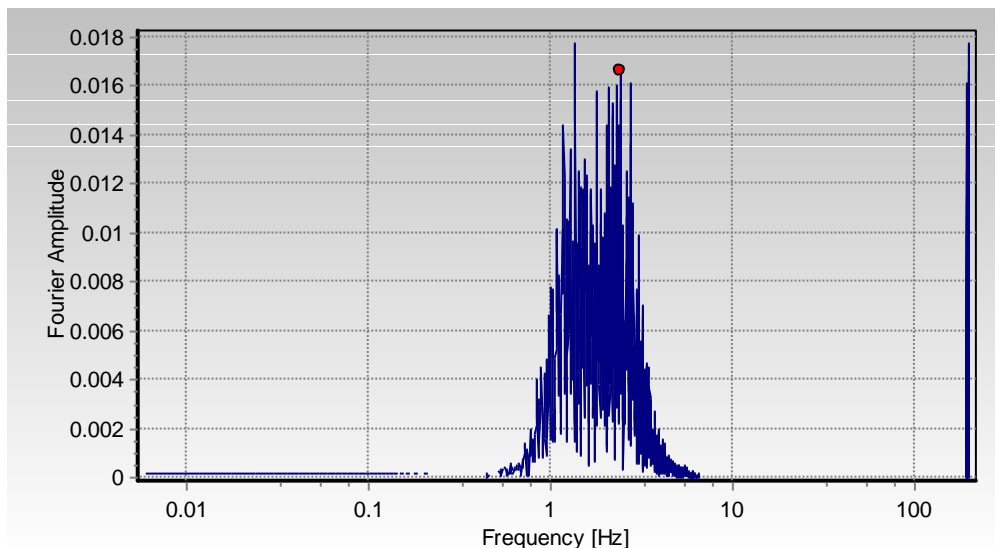


Figura 3. 29 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 2, en la dirección del eje “Y” con frecuencia = 2.637Hz, y un periodo de 0.379 a las 12.26 pm.

3.5.4.3. Acelerómetro 03

Este acelerómetro se ubicó en la placa P3 del eje 2 en el último nivel y en el sentido según las referencias del modelamiento de Etabs, tal como se muestra en las figuras 2.5 y 3.30.



Figura 3. 30 – Colocación del acelerómetro 03

Según los procesamientos de señales que nos arroja el programa de seismosignal, donde realiza la transformada de Fourier nos resulta las siguientes figuras del instrumento 3 como se muestra a continuación:

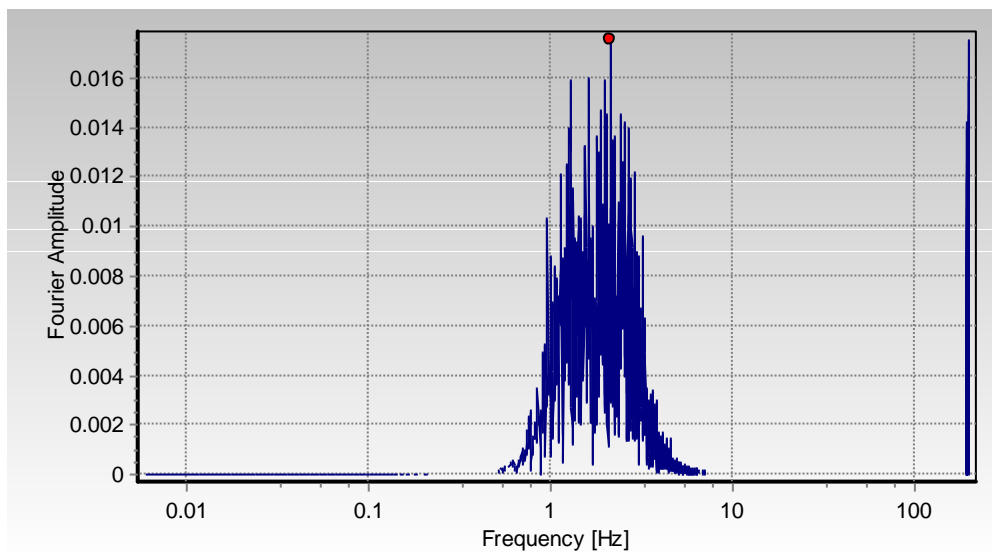


Figura 3. 31 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 3, en la dirección X con frecuencia = 2.142, y un periodo de 0.467 a las 11.45 am.

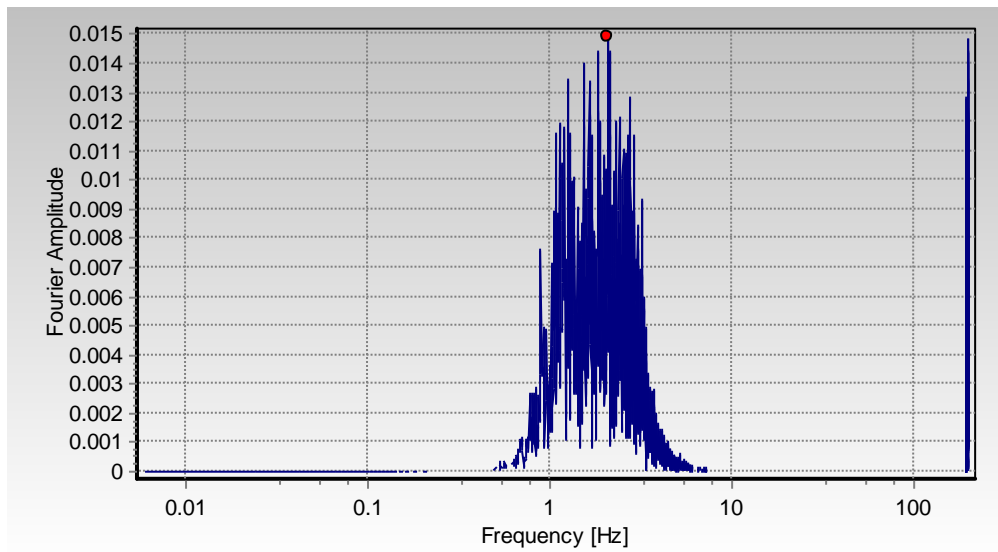


Figura 3. 32 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 3, en la dirección Y con frecuencia = 2.094Hz, y un periodo de 0.478 a las 11.45 am.

Como se puede apreciar los resultados están fuera de si por motivo que en ese lugar se encuentran los equipos de ventilación del edificio como muestra en la figura 3.33



Figura 3. 33 – Equipo de ventilación del edificio.

3.5.4.4. Acelerómetro 04

Este acelerómetro se ubicó al costado de columna C4 del eje 5 en el último nivel y en el sentido según las referencias del modelamiento de Etabs, tal como se muestra en las figuras 2.5 y 3.34.



Figura 3. 34 - Colocación del acelerómetro 04

Según los procesamientos de señales que nos arroja el programa de seismosignal, donde realiza la transformada de Fourier nos resulta las siguientes figuras del instrumento 4 como se muestra a continuación:

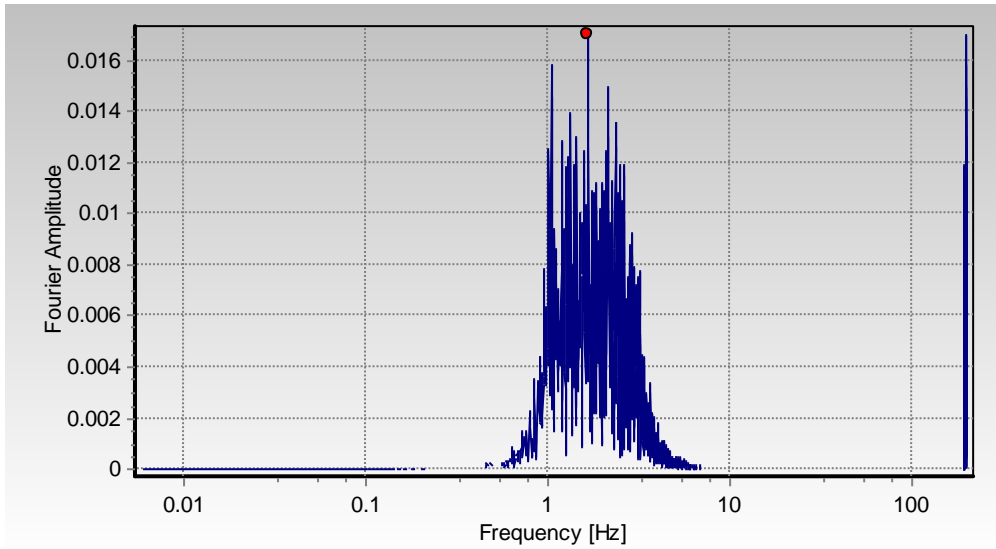


Figura 3. 35 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 4, en la dirección X con frecuencia =1.691Hz, y un periodo de 0.591 a las 11.25 am.

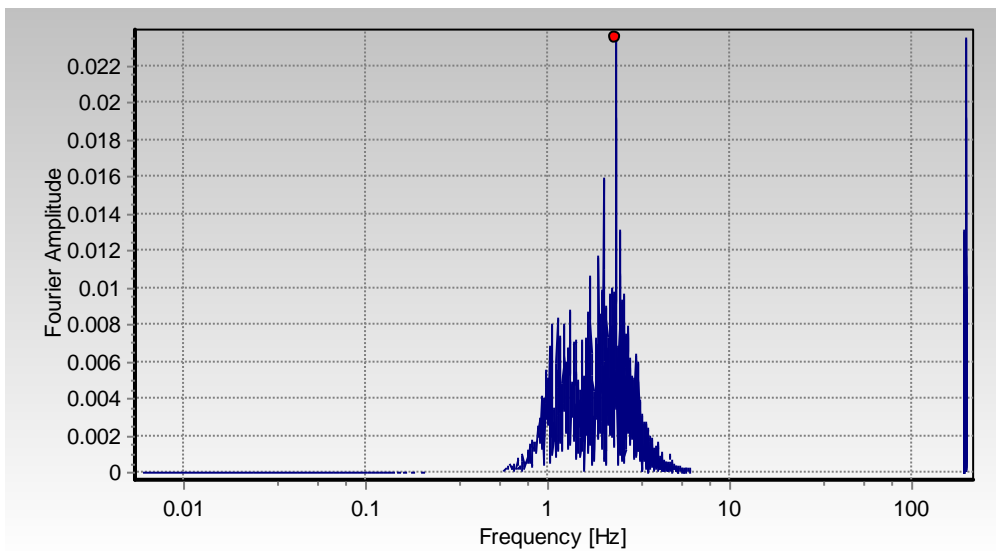


Figura 3. 36 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 4, en la dirección Y con frecuencia = 2.393Hz, y un periodo de 0.418 a las 11.25 am.

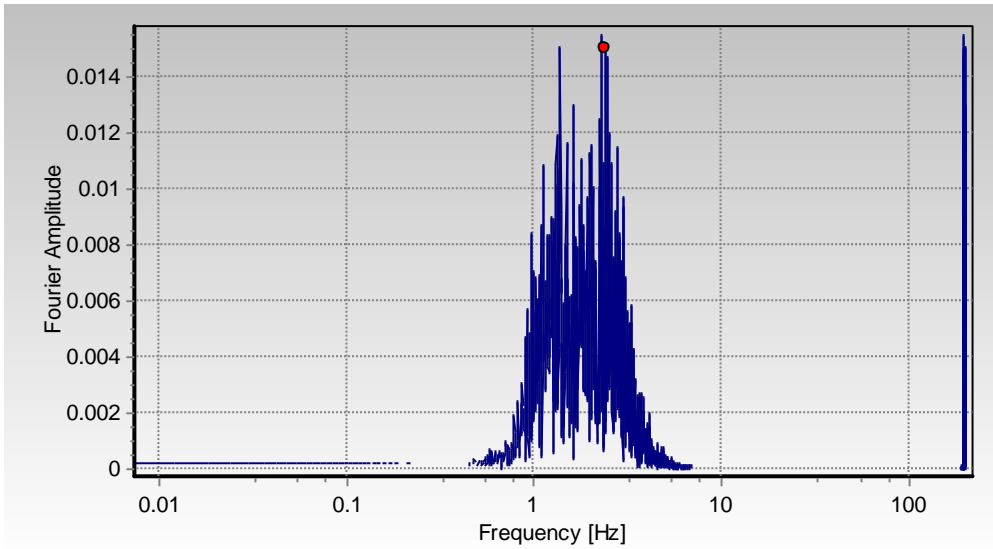


Figura 3. 37 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 4, en la dirección X con frecuencia = 2.289Hz, y un periodo de 0.437a las 11.45 am.

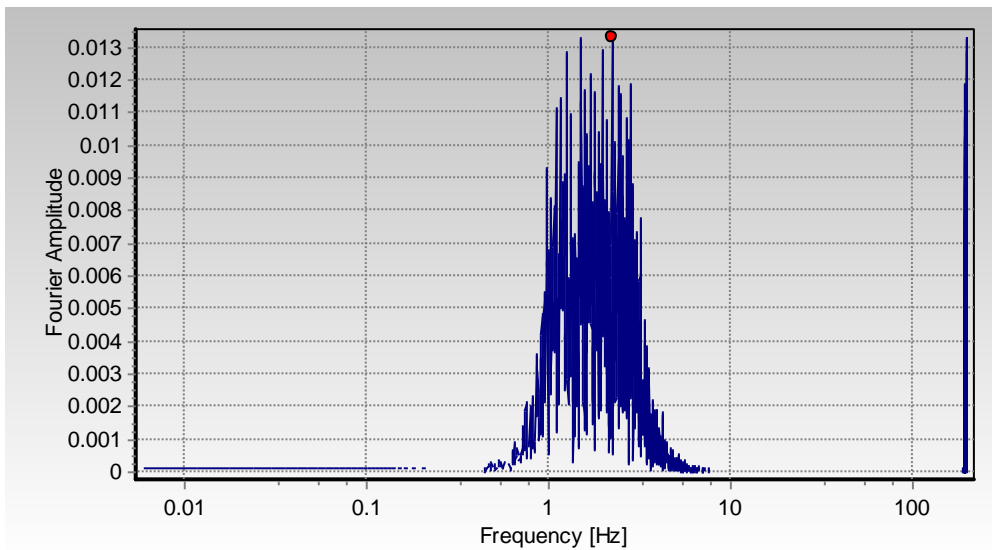


Figura 3. 38 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 4, en la dirección Y con frecuencia = 2.246Hz, y un periodo de 0.445 a las 11.45 am.

3.5.4.5. Acelerómetro 05

Este acelerómetro se ubicó en el centro de la columna C1 del eje 4 y C en el último nivel y en el sentido según las referencias del modelamiento de Etabs, tal como se muestra en las figuras 2.5 y 3.39.

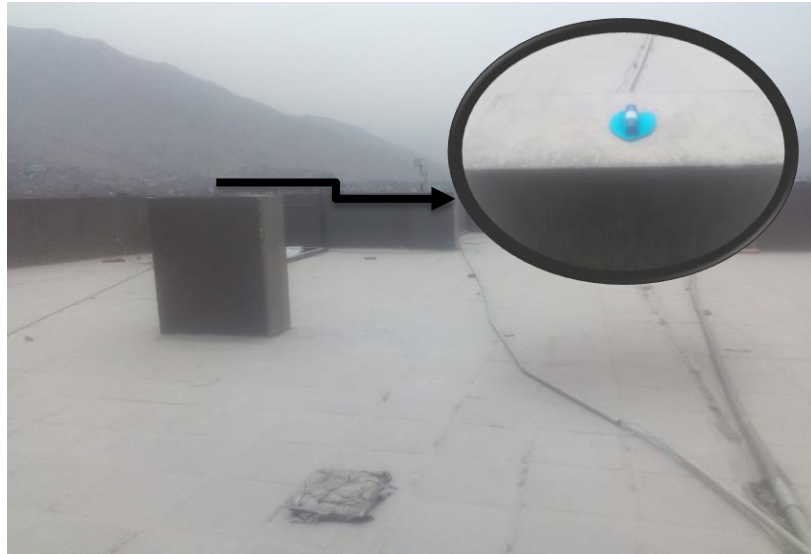


Figura 3. 39 - Colocación del acelerómetro 05

Según los procesamientos de señales que nos arroja el programa de seismosignal, donde realiza la transformada de Fourier nos resulta las siguientes figuras del instrumento 4 como se muestra a continuación:

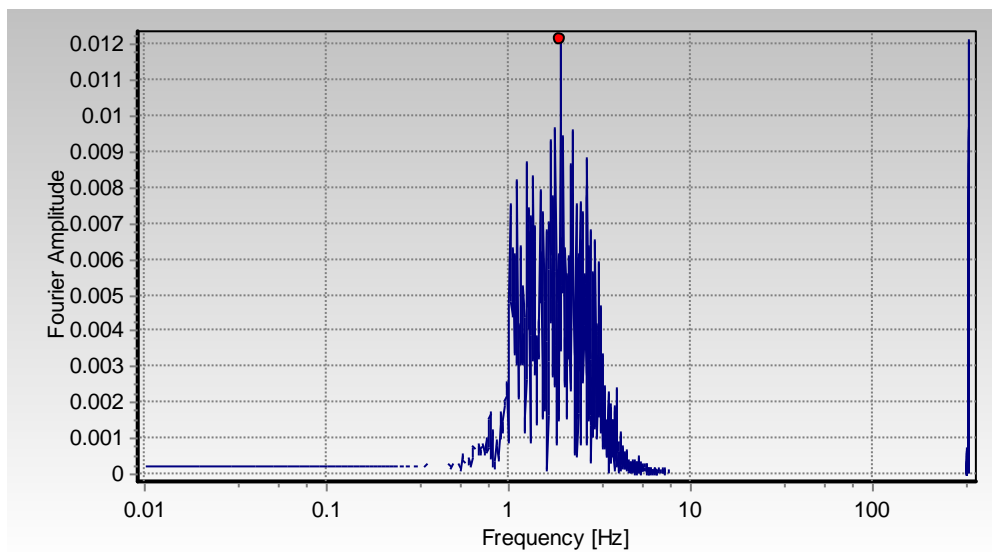


Figura 3. 40 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 5, en la dirección X con frecuencia = 2.325Hz, y un periodo de 0.430 a las 11.25 am.

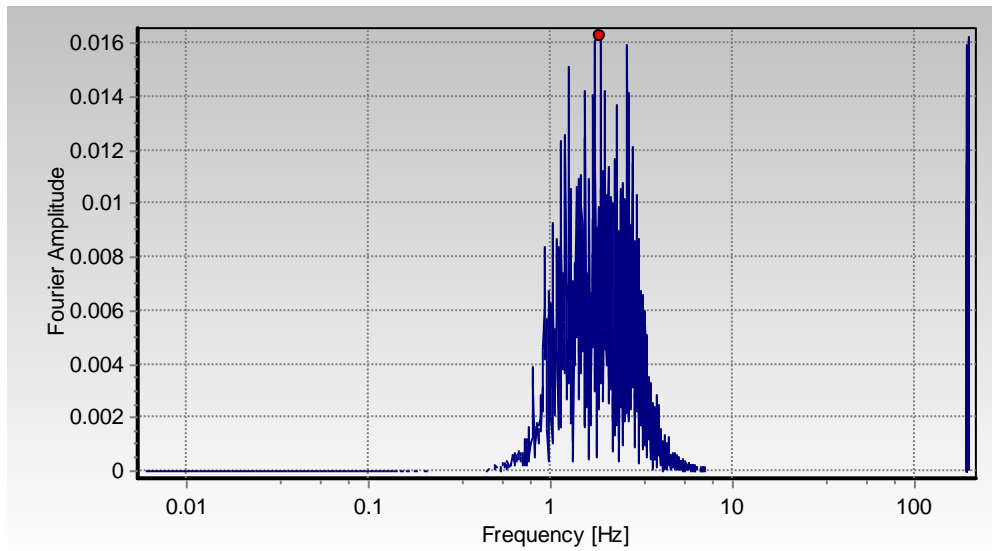


Figura 3. 41 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 5, en la dirección Y con frecuencia = 1.917Hz, y un periodo de 0.522 a las 11.25 am.

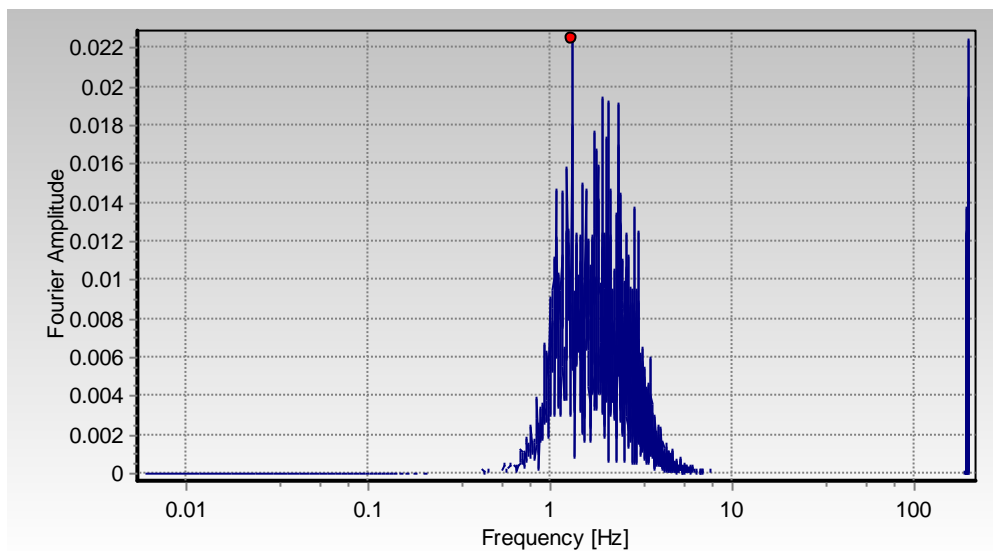


Figura 3. 42 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 5, en la dirección X con frecuencia = 1.337Hz, y un periodo de 0.748 a las 11.45 am.

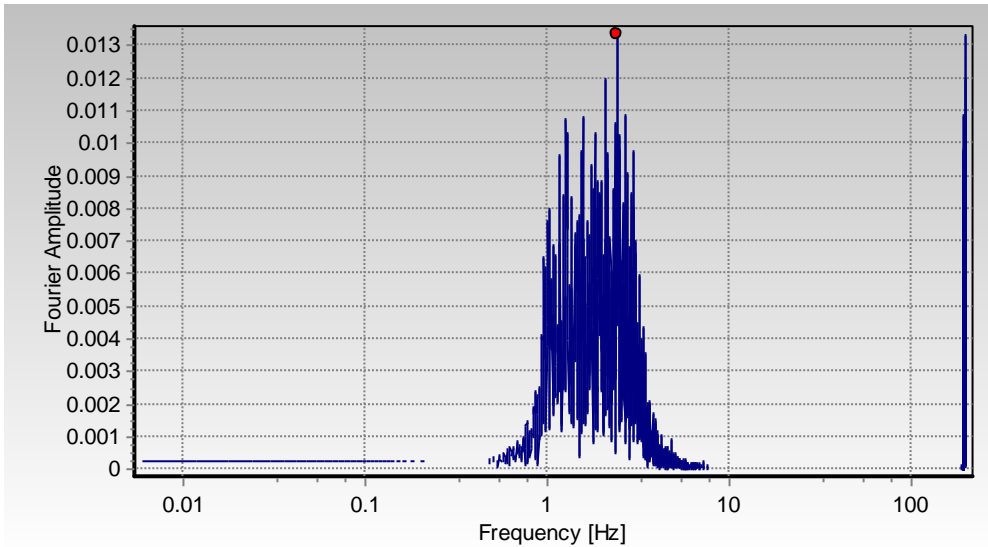


Figura 3. 43 - Espectro de Fourier de aceleración medida en ensayo con Inst. 5, en la dirección Y con frecuencia = 2.429Hz, y un periodo de 0.412 a las 11.45 am.

Finalmente, obtenemos los resultados obtenidos por cada acelerómetro de tal como se muestra en la tabla 3.1 que se muestra a continuación.

Tabla 3. 1- Resumen de resultados obtenidos de los acelerómetros

ITEM	MUESTRA	HORA	DIA/MES/AÑO	UBICACIÓN	DIRECCION	FRECUENCIA	PERIODO
Ins 01	toma1	11.25 a.m	29-03- 2019	AZOTEA CM	x-x	2.026	0.494
Ins 01	toma1	11.25 a.m	29-03- 2019	AZOTEA CM	y-y	2.277	0.439
Ins 01	toma2	11.45 a.m	29-03- 2019	AZOTEA CM	x-x	1.764	0.567
Ins. 01	toma2	11.45 a.m	29-03- 2019	AZOTEA CM	y-y	2.35	0.426
Ins 01	toma3	11.55 a.m	29-03- 2019	AZOTEA - columna ascensor	x-x	2.545	0.393
Ins. 01	toma3	11.55 a.m	29-03- 2019	AZOTEA - columna ascensor	y-y	2.289	0.437
Ins. 02	toma1	11.25 a.m	29-03- 2019	AZOTEA CM	x-x	2.002	0.500
Ins. 02	toma1	11.25 a.m	29-03- 2019	AZOTEA CM	Y-Y	2.661	0.376
Ins. 02	toma2	11.45 a.m	29-03- 2019	AZOTEA CM	x-x	1.868	0.535
Ins. 02	toma2	11.45 a.m	29-03- 2019	AZOTEA CM	Y-Y	2.209	0.453
Ins. 02	toma3	12.20 p.m	26-04- 2019	AZOTEA CM	x-x	1.965	0.509
Ins. 02	toma3	12.20 p.m	26-04- 2019	AZOTEA CM	y-y	2.661	0.376
Ins. 02	toma4	12.26 p.m	26-04- 2019	AZOTEA CM	x-x	1.965	0.509
Ins. 02	toma4	12.26 p.m	26-04- 2019	AZOTEA CM AZOTEA -der.	y-y	2.637	0.379
Ins 03	toma1	11.25 a.m	29-03- 2019	Placa AZOTEA -der.	x-x	2.142	0.467
Ins 03	toma1	11.25 a.m	29-03- 2019	Placa AZOTEA- izq.	y-y	2.094	0.478
Ins 04	toma1	11.25 a.m	29/03/2019	Placa AZOTEA- izq.	x-x	1.691	0.591
Ins 04	toma1	11.25 a.m	29/03/2019	Placa AZOTEA- izq.	y-y	2.393	0.418
Ins 04	toma2	11.45 a.m	29/03/2019	Placa AZOTEA- izq.	x-x	2.289	0.437
Ins 04	toma2	11.45 a.m	29/03/2019	Placa	y-y	2.246	0.445

Ins 05	toma1	11.25 a.m	29 -03- 2019	AZOTEA-columna x-x	2.325	0.430
Ins 05	toma1	11.25 a.m	30 -03- 2019	AZOTEA-columna y-y	1.917	0.522
Ins 05	toma2	11.45 a.m	31 -03- 2019	AZOTEA-columna x-x	1.337	0.748
Ins 05	toma2	11.45 a.m	32 -03- 2019	AZOTEA-columna y-y	2.429	0.412

Nota: Fuente: Elaboración propia

3.6. ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA

Consistió en la evaluación de las estructuras de concreto en sitio (ensayo no destructivo), que tienen la ventaja de permitir el control de toda la estructura y sin afectarla en forma rápida.

3.6.1. Procedimiento

Para realizar el ensayo se siguieron los procedimientos de la norma ASTM C 805 la cual se seleccionó y se preparó una zona de concreto que cumpla con:

- Espeor ≥ 100 mm.
- Zona de ensayo de aproximadamente 300 x 300 mm.
- Superficie lisa y sin recubrir (utilizar piedra abrasiva – carburo de silicio)
- Dibujar cuadrícula de líneas separadas entre 25 y 50 mm y tomar la intersección de las líneas como puntos de impacto), tal como se muestra a continuación.

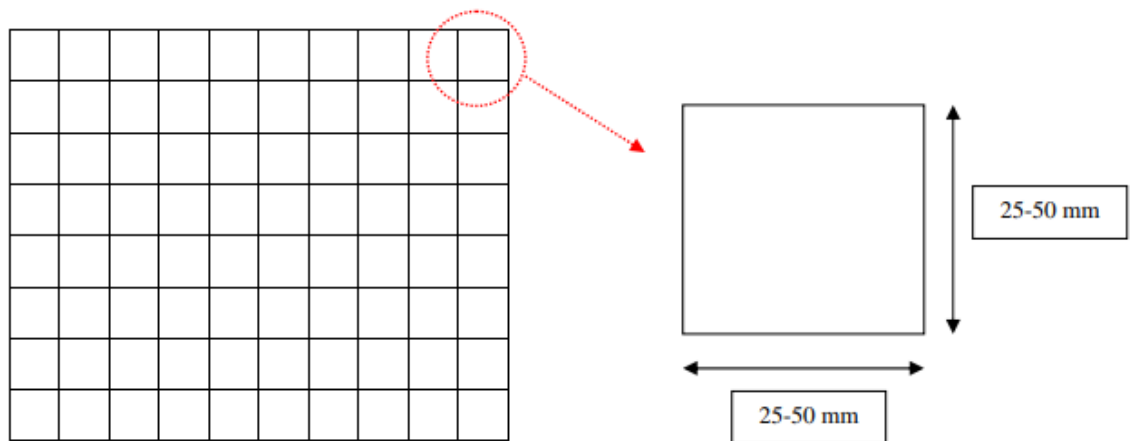


Figura 3. 44 - Grafica para realizar el ensayo de esclerometría.

- Comprobar esclerómetro con yunque de tarado.
- Hacer al menos 9 lecturas (distanciadas entre si ≥ 25 mm).
- Hacer lecturas con yunque de tarado y compararlas con las obtenidas anteriormente apartado (para comprobar el tarado)
- Si difieren repetir ensayo.

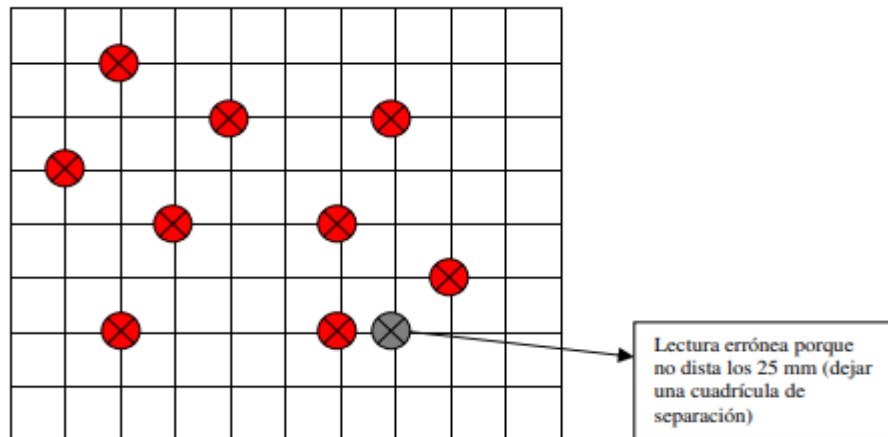


Figura 3. 45 – Modo de lectura de realizar el ensayo de esclerometría

i). Calcular el índice de rebote. Dicho índice es la mediana de todas las lecturas y expresada con un número entero.

Los n datos obtenidos se ordenan de mayor a menor y se calcula el valor de la mediana:

- Cuando n es impar, la mediana es el valor que ocupa la posición: $\frac{n+1}{2}$
- Cuando n es par, la mediana es la media aritmética de las dos observaciones centrales.
- Si más del 20% de todas las lecturas difieren de la mediana en más de 6 unidades se descartan la totalidad de las lecturas (se rechazará la zona). En caso contrario el valor obtenido será el índice de rebote.
- Con este valor se entra en un gráfico y se obtiene el valor aproximado de la resistencia de dicho hormigón.

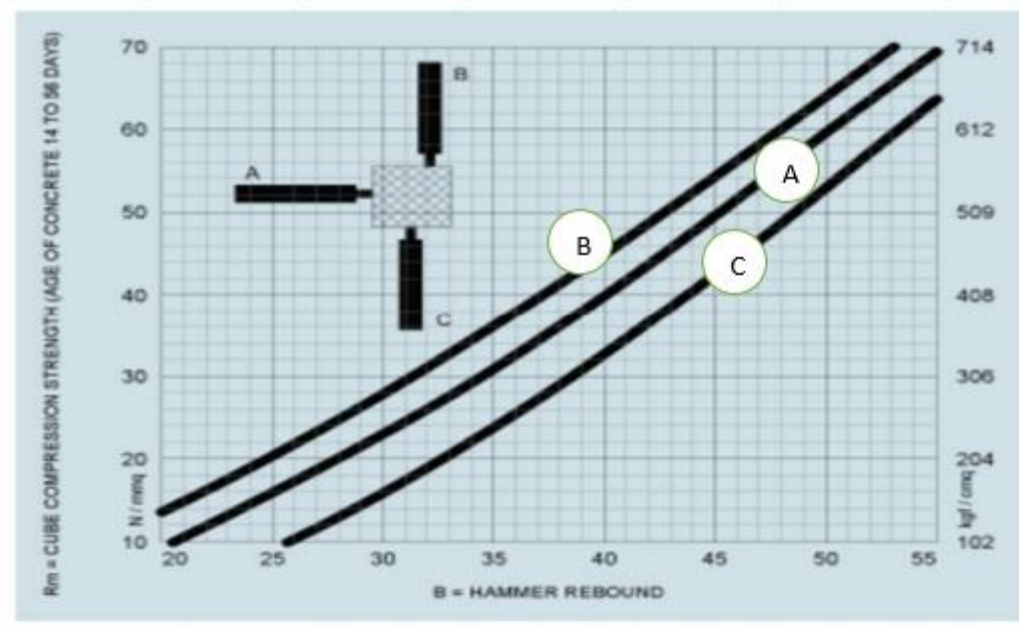


Figura 3. 46– Grafica para obtener la resistencia en kg/cm²

3.6.2. Secciones presenten en el edificio

El edificio contiene las siguientes secciones que se detalla a continuación

En vigas:

- Se tiene vigas de 15x20cm – (V15x20).
- Se tiene vigas de 25x50 cm - (V-25x30)
- Se tiene vigas de 30x50 cm – (V30x50).
- Se tiene vigas de amarre de 25x 30 cm – (VA-25x30)
- Se tiene viga 20x20 cm - (VD).

En columnas:

- Se tiene columnas rectangulares de 30x60 cm – (COL 30x60)
- Se tiene columnas circulares de diámetro de 35cm – (COL D=35CM)
- Se tiene columnas circulares de diámetro de 55cm – (COL D=55CM)
- Se tiene columnas rectangulares especial de 30x60+cm – (COL C-2)

En losa:

- Se tiene losa de 01 dirección en el eje “x” de espesor 20cm – (LOSA 1 DIR 20CMx).

- Se tiene losa de 01 dirección en el eje “y” de espesor 20cm – (LOSA 1 DIR 20CMy).
- Se tiene losa de 02 direcciones en el eje “x” e “y” de espesor 20cm – (LOSA 2 DIR).

En placas (Muros de corte):

- Se tiene los muros del sótano de 25cm de espesor – (MSOT).
- Se tiene las placas de 15 cm de espesor – (PLACA 15CM).
- Se tiene las placas de 20cm de espesor – (PLACA 20CM).
- Se tiene las placas de 25cm de espesor – (PLACA 25CM).
- Se tiene las placas de 30cm de espesor – (PLACA 30CM).
-

En escalera:

- Se tiene escalera de 15cm de espesor – (escalera).

3.6.3. Resultados de ensayo de esclerometría en el edificio

Se hizo el ensayo en los siguientes elementos la cual esta detallado en el anexo 02. Es bueno aclarar que el ensayo se realizó en superficies con recubrimiento (tarrajado), y para obtener el valor correcto se realizó en superficies sin recubrimiento y con recubrimiento, resultando que el valor en superficies sin recubrimiento es tres veces menos que el realizado en superficies con recubrimiento.

En vigas:

Se realizo solamente en las siguientes vigas ya que ellos aportan mayor rigidez a la estructura:

- V-25x50: Son vigas que generalmente están junto a la escalera y por esta razón se realizó este ensayo dando un resultado de $f^c = 248.50 \text{ kg/cm}^2$
- V30x50: Son vigas que generalmente están en todos los pisos y en mayor presencia en el edificio, y por esta razón se realizó este ensayo dando un resultado de $f^c = 237.59 \text{ kg/cm}^2$

En columnas:

- COL 30x60: Son columnas internas de forma rectangular y son las q mayor aportan rigidez a la estructura en comparación a las otras columnas por esta razón se realizó este ensayo dando un resultado de $f'c= 241.25 \text{ kg/cm}^2$
- COL D=35CM: Son columnas perimetrales de forma circular esta razón se realizó este ensayo dando un resultado de $f'c= 243.88 \text{ kg/cm}^2$
- COL D=55CM: Son columnas externas de forma circular esta razón se realizó este ensayo dando un resultado de $f'c= 215.93 \text{ kg/cm}^2$
- COL C-2: Son columnas perimetrales de forma especial por esta razón se realizó este ensayo dando un resultado de $f'c= 236.58 \text{ kg/cm}^2$

En losa:

- LOSA 1 DIR 20CMx, LOSA 1 DIR 20CMy, LOSA 2 DIR: actualmente se encuentra enchapado y con falso cielorraso, por tal motivo no se realizó el ensayo en estos elementos dejando como resistencia $f'c= 237.59 \text{ kg/cm}^2$, por su proceso constructivo entre la viga y la losa.

En placas (Muros de corte):

- MSOT: son muros de contención ubicados en el sótano, dando un resultado de $f'c= 225.02 \text{ kg/cm}^2$
- PLACA 15CM: son placas presentes en todos niveles del edificio, dando un resultado de $f'c= 244.73 \text{ kg/cm}^2$
- PLACA 20CM: son placas presentes en todos niveles del edificio, dando un resultado de $f'c= 219.23 \text{ kg/cm}^2$
- PLACA 25CM son placas presentes en todos los niveles del edificio, dando un resultado de $f'c= 234.20 \text{ kg/cm}^2$
- PLACA 30CM: son placas presentes en todos los niveles del edificio, dando un resultado de $f'c= 248.47 \text{ kg/cm}^2$

En escalera:

- Escalera: actualmente se encuentra enchapada por esta razón solo se tomó como dato por su proceso constructivo entre la viga y la losa , dando un resultado de $f'c= 237.59 \text{ kg/cm}^2$.

3.7.ANALISIS EN EL SOFTWARE ETABS

3.7.1. Modelamiento del Edificio

Luego de haber realizado los ensayos realizaremos el modelamiento el software Etabs, definiendo las secciones de las estructuras de acuerdo con el plano estructural del proyecto y a la vez compatibilizando en lo físico del edificio.

En figura 3.43 se muestra el modelamiento del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura de la Universidad Peruana Unión.

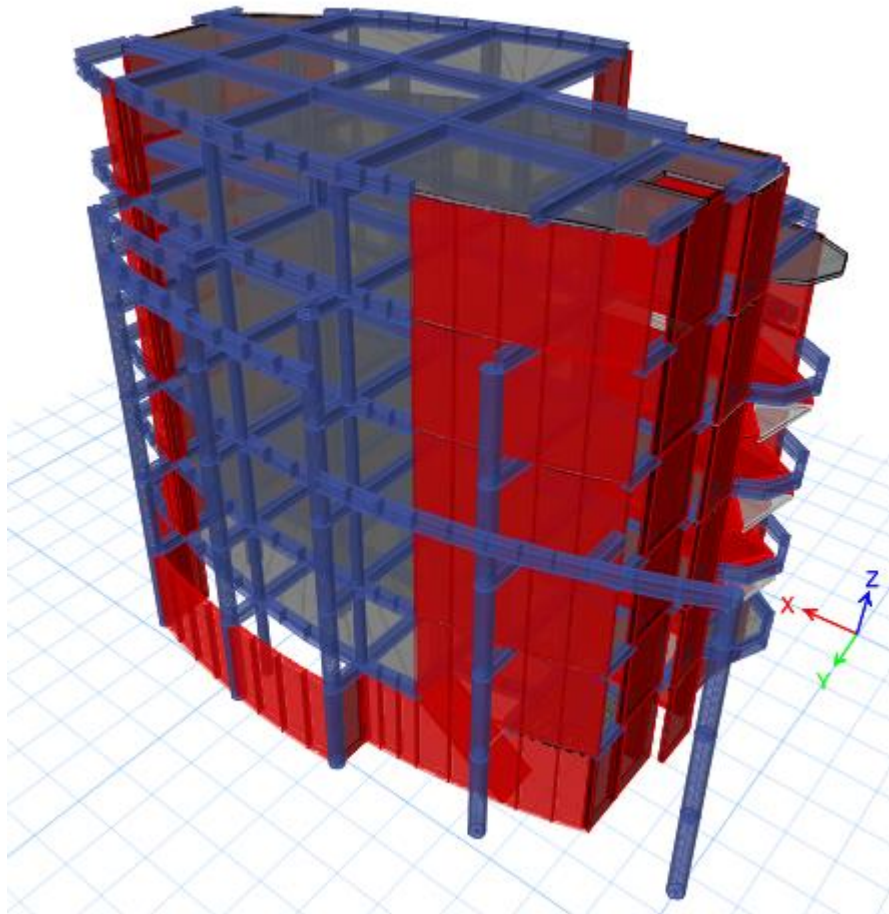


Figura 3. 47– Modelo numérico de la estructura del edificio en el Software Etabs.

3.7.2. Definición y Asignación de patrones de carga

Para tener en claro sobre las cargas en la estructura es necesario conocer lo siguiente:

- **Peso Propio:** Lo proporciona y calcula el programa, llevará como nombre “Peso Propio” y será del Tipo “Dead”; no se asignará carga con este patrón.
- **Carga Muerta:** Proporcionado por el peso de elementos y materiales que forman parte del edificio, tales como luminarias, acabados de cielo raso,

piso terminado, tabiquerías internas como muros de subdivisión, etc. Su nombre será “CM” y será del Tipo “Super Dead”

- **Carga Viva de Entrepiso:** Esta dado por los componentes móviles en el edificio, tales como, escritorios, mesas y sillas, estantes, mostradores, nosotros, etc. Su nombre será “CV” y será del Tipo “Reducible Live”
- **Carga Viva de Techo:** Generalmente considera el peso de las personas que intervendrán en la colocación de las luminarias, acabados, colocación de coberturas e instrumentos. Su nombre será “CVT” y será del Tipo “Roof Live”
- **Carga Sísmica Estática X & Y:** Representa la fuerza inercial horizontal producida por el peso total del edificio, calculado de acuerdo la normativa o código de diseño de cada país. Su nombre será “Sismo X” y “Sismo Y” y será del Tipo “Seismic”.

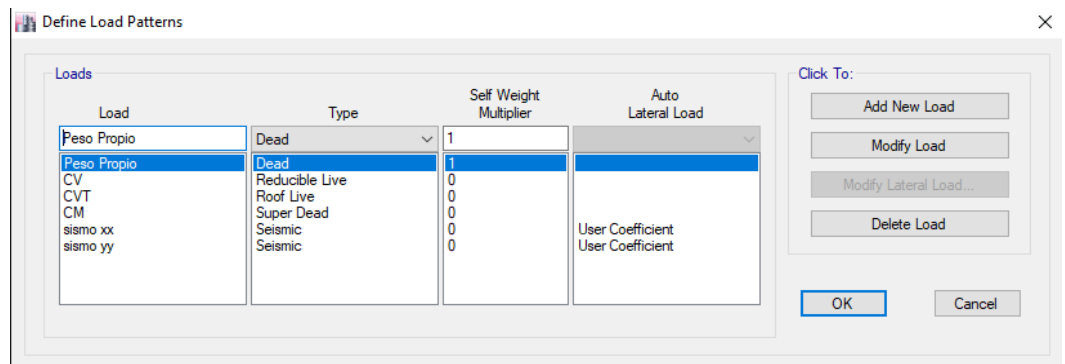


Figura 3. 48 - Patrones de Carga creados.

Una vez que tenemos creados los patrones de carga que necesitamos para este proyecto, procedemos a asignar las cargas de acuerdo con el tipo de carga que se tiene. Pero para eso la Norma E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones nos brinda las condiciones a tener en cuenta para analizar y calcular las cargas de gravedad.

Ahora tendremos en cuenta los datos siguientes del edificio:

Espesor losa aligerada: 20.00 cm

Altura de tabique entrepiso: 3.55 m

Peso de piso terminado : 100 kg/m²

Las cargas de los muros de albañilería que nos sirven de tabique y división de Oficinas, tienen pesos considerados. Incluyendo tarrajeos, iguales a 14 kg/m² por

centímetro de espesor de muro. La tabla nos proporciona pesos equivalentes de la tabiquería interna, por m² que debeos asignar, cuando no se conoce con certeza la ubicación de estos muros, tal es el caso de oficinas.

Tabla 3. 2 - Cargas Mínimas repartidas equivalentes de la tabiquería

Peso del tabique (kg/m)	Carga equivalente (kg/m ²)
< 74	30
75 – 149	60
150 – 249	90
250 – 399	150
400 – 549	210
550 - 699	270
700 – 849	330
850 – 1000	390

Nota: Fuente: Manual de la construcción ICG 2014

$$P_t = 14 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{cm}) * 15 \text{ cm} = 210 \text{ kg}/\text{m}^2$$

$$P_{t \text{ entrepiso}} = 210 \text{ kg}/\text{m}^2 * 3.55 \text{ m}$$

$$P_{t \text{ entrepiso}} = 745.5 \text{ (kg/m)}$$

Por lo tanto, una vez teniendo los pesos del tabique en el entrepiso obtenemos mediante la tabla la carga equivalente por m².

$$P_{t \text{ tabiquería}} = 330 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

Adicionalmente, debemos tener en cuenta que en el caso de las losas ETABS solamente dibuja el volumen de la losa sin considerar la participación del peso de los ladrillos de arcilla, por lo que estos valores deben ser calculados e ingresados manualmente como carga muerta. Por lo tanto,

- **Aligerado en 01 Dirección (Peso Propio, PP=475Kgm²)**

$$V_{c^\circ} = 0.05 + 0.25H, \quad W_{c^\circ} = V_{c^\circ} \times \gamma_{c^\circ}, \quad CMPP = PP - W_{c^\circ}$$

$$V_{c^\circ} = 0.05 + 0.25(0.20) = 0.1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \quad \rightarrow \quad W_{c^\circ} = 0.1 \times 2400 = 240 \text{ Kg}/\text{m}^2$$

$$CMPP = 475 - 240 = 235 \text{ Kg}/\text{m}^2$$

- **Aligerado en 02 Direcciones (Peso Propio, PP=480Kgm²)**

$$V_{c^\circ} = 0.05 + 0.4375H, \quad W_{c^\circ} = V_{c^\circ} \times \gamma_{c^\circ}, \quad CMPP = PP - W_{c^\circ}$$

$$V_{c^\circ} = 0.05 + 0.4375(0.20) = 0.1375 \text{ m}^3/\text{m}^2 \rightarrow W_{c^\circ} = 0.1375 \times 2400 = 330 \text{ Kg}/\text{m}^2$$

$$CMPP = 480 - 330 = 150 \text{ Kg}/\text{m}^2$$

a. Carga muerta: la carga muerta será la suma de la carga equivalente de tabiquería más el piso terminado en los entrepisos del edificio.

- **En losa de 1 dirección**

$$CMe=330 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2 + 235 \text{ kg/m}^2$$

$$CMe=665 \text{ kg/m}^2$$

- **En losa de 2 direcciones**

$$CMe=330 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2 + 150 \text{ kg/m}^2$$

$$CMe=580 \text{ kg/m}^2$$

b. La carga muerta de techo se le considerara solamente el peso de los parapetos.

$$CMt=100 \text{ kg/m}^2$$

- **En losa de 1 dirección**

$$CMt=1000 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2 + 235 \text{ kg/m}^2$$

$$CMt=435 \text{ kg/m}^2$$

- **En losa de 2 direcciones**

$$CMt=100 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2 + 150 \text{ kg/m}^2$$

$$CMt=350 \text{ kg/m}^2$$

c. Carga viva: según la tabla 1 de la norma E020 del RNE nos dan las cargas vivas.

Para oficinas la carga viva de entrepiso es de 250 kg/m².

Para oficinas la carga viva de techo es de 100 kg/m².

Y para escaleras y corredores en oficinas es de 400 kg/m².

3.7.3. Cálculo del peso sísmico efectivo según la NTE E.030

Según la norma E-030 menciona que el peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

a. En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.

b. En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25 % de la carga viva.

- c. En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- d. En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
- e. En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

Por lo tanto, diremos para nuestro caso por ser una edificación de categoría A2 diremos lo siguiente:

$$P=(\text{Peso Propio}+CM)+0.50CV+0.25CVT$$

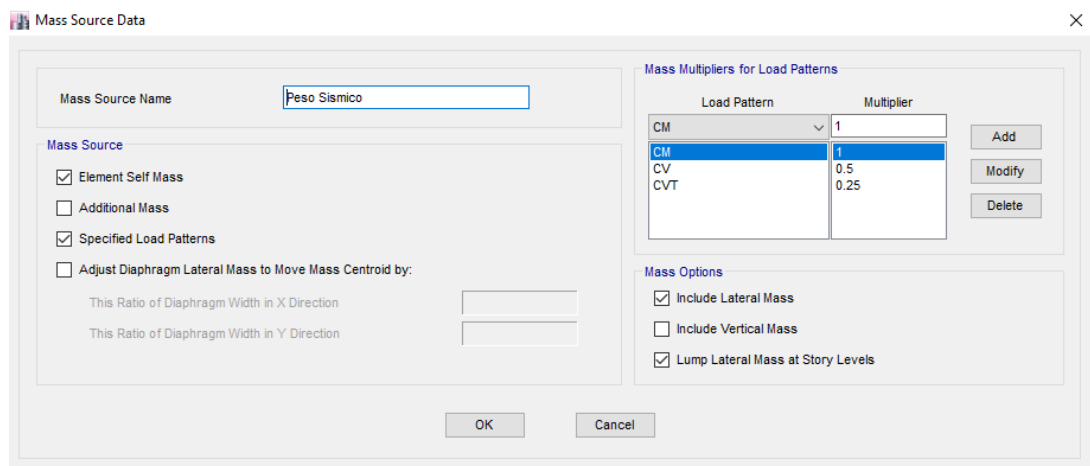


Figura 3. 49 - Entrada de Datos para el cálculo de P.

3.7.4. Incorporación de las propiedades de materiales al ETABS

Según dato de proyecto es de una resistencia a compresión es de 210 kg/cm². Esta resistencia es para el modelamiento numérico sin calibrar.

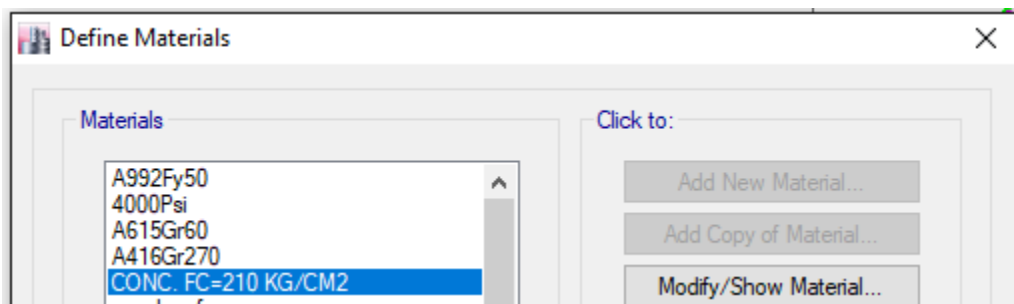


Figura 3. 50 – Definición de material para todos los elementos estructurales del edificio.

Ahora después de obtener los resultados del ensayo de esclerometría de cada sección, obteniendo la resistencia a compresión de cada elemento estructural, se ingresa al programa asignando a cada sección correspondiente para obtener un modelamiento calibrado. En la figura Nro. 3.46, se muestra las secciones a las que

se agregó cada propiedad de la resistencia a compresión correspondiente obtenidos del ensayo de esclerometría como se muestra en el ítem 3.6.3. Estas resistencias obtenidas son para el modelamiento numérico calibrado.

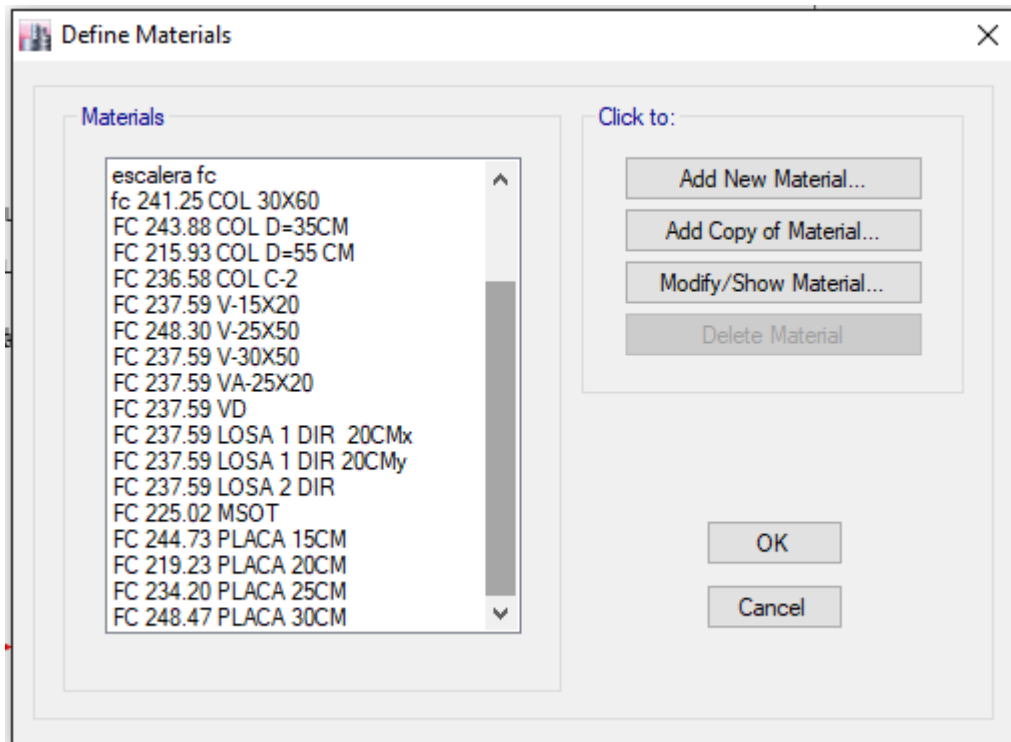


Figura 3. 51 - Definición de materiales por secciones.

3.7.5. Obtención del modelo numérico calibrado en Etabs.

Finalmente se obtiene el modelo numérico calibrado como se muestra en la figura 3.52, la cual está listo para poder ver su comportamiento dinámico de la estructura del edificio.

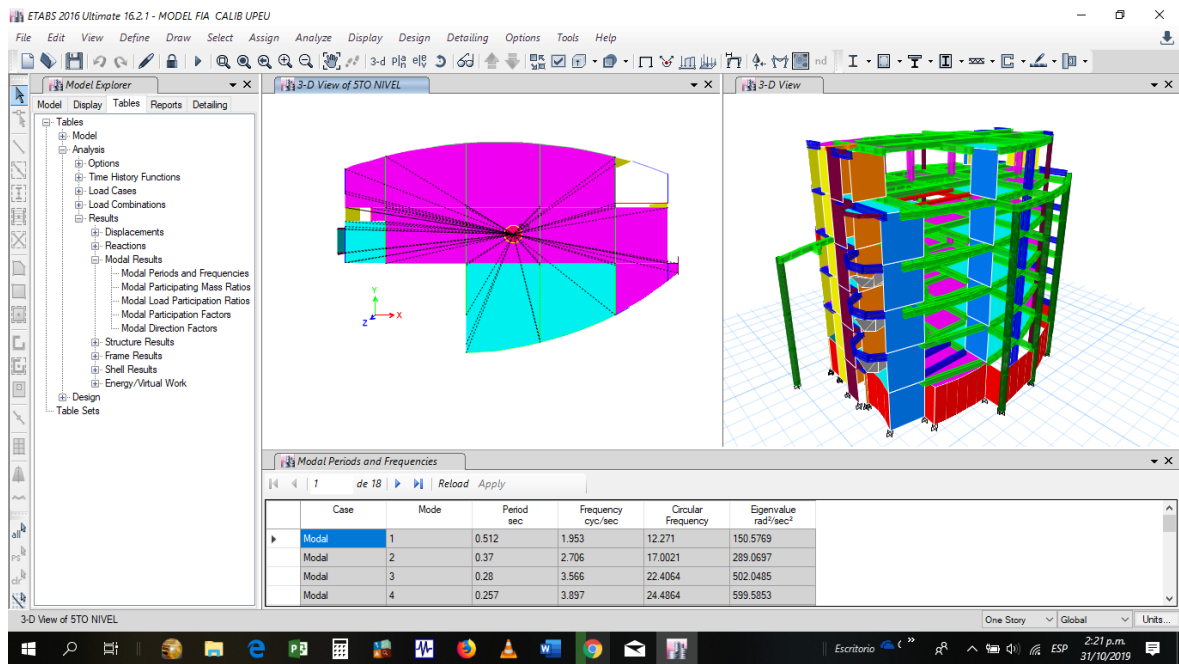


Figura 3. 52– Modelo numérico calibrado del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Capítulo IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de modelamiento en Etabs sin calibrar

Para identificar los modos de vibración, se realizó de acuerdo al porcentaje de participación de la masa participativa en ambos sentidos tal como lo muestra en la

tabla 4.2, resulta que el modo 1 es en el sentido “x” y el modo 2 es en el sentido “y”. tal como lo muestra en la tabla 4.1. además, el sentido y (modo 1), viene hacer el periodo fundamental de la estructura del edificio.

Tabla 4. 1- Periodos de vibración obtenidos en Etabs sin calibrar

TABLE: Modal Periods and Frequencies

Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1	0.487	2.051	12.8894	166.1373
Modal	2	0.352	2.845	17.8728	319.4356
Modal	3	0.272	3.671	23.0684	532.1525
Modal	4	0.13	7.72	48.5078	2353.009
Modal	5	0.092	10.925	68.6425	4711.7894
Modal	6	0.091	11.027	69.2822	4800.0209
Modal	7	0.086	11.563	72.6533	5278.5033
Modal	8	0.086	11.581	72.7664	5294.9452
Modal	9	0.086	11.597	72.8689	5309.8831
Modal	10	0.083	11.992	75.3458	5676.9914
Modal	11	0.078	12.741	80.0511	6408.1758
Modal	12	0.074	13.586	85.3642	7287.0384
Modal	13	0.072	13.947	87.6301	7679.0265
Modal	14	0.068	14.802	93.0051	8649.9567
Modal	15	0.065	15.374	96.5999	9331.5347
Modal	16	0.061	16.288	102.3389	10473.2443
Modal	17	0.059	16.942	106.4518	11331.9916
Modal	18	0.056	17.73	111.4002	12409.9966

Nota: Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 2 - Proporciones de masas de participación modal en sentido x e y sin calibrar

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
		sec					
Modal	1	0.487	0.2778	0.4006	0	0.2778	0.4006

Modal	2	0.352	0.3853	0.325	0	0.6632	0.7256
Modal	3	0.272	0.026	0.0134	0	0.6892	0.739
Modal	4	0.13	0.0435	0.0911	0	0.7327	0.8301
Modal	5	0.092	0.0079	0.0094	0	0.7406	0.8395
Modal	6	0.091	0.0966	0.0234	0	0.8372	0.8629
Modal	7	0.086	0.00001706	0.0001	0	0.8372	0.863
Modal	8	0.086	0.000003814	0.00001532	0	0.8372	0.863
Modal	9	0.086	0.0032	0.0013	0	0.8404	0.8644
Modal	10	0.083	0.0041	0.0114	0	0.8445	0.8757
Modal	11	0.078	0.0017	0.002	0	0.8462	0.8777
Modal	12	0.074	0.0026	0.0012	0	0.8488	0.8789
Modal	13	0.072	0.0034	0.0049	0	0.8522	0.8839
Modal	14	0.068	0.0008	0.0051	0	0.853	0.889
Modal	15	0.065	0.0023	0.0062	0	0.8553	0.8951
Modal	16	0.061	0.0138	0.0076	0	0.869	0.9028
Modal	17	0.059	0.0078	0.0033	0	0.8769	0.9061
Modal	18	0.056	0.0022	0.0001	0	0.8791	0.9062

Nota: Fuente: Elaboración propia

El periodo de vibración en el sentido de “x” sin calibrar el modelo numérico da como resultado de 0.487s y en el sentido de “y” sin calibrar el modelo numérico da como resultado de 0.352s.

4.2. Resultados de modelamiento en Etabs calibrado

Para este caso para identificar los modos de vibración, también se realizó de acuerdo con el porcentaje de participación de la masa participativa en ambos sentidos tal como lo muestra en la tabla 4.4, resulta que el modo 1 es en el sentido “x” y el modo 2 es en el sentido “y”. tal como lo muestra en la tabla 4.3. además, el sentido x (modo 1), viene hacer el periodo fundamental de la estructura del edificio.

Tabla 4. 3 - Periodos de vibración obtenidos en Etabs calibrado

TABLE: Modal Periods and Frequencies						
Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	Circular Frequency rad/sec	Eigenvalue rad ² /sec ²	
Modal	1	0.512	1.953	12.271	150.5769	
Modal	2	0.37	2.706	17.0021	289.0697	

Modal	3	0.28	3.566	22.4064	502.0485
Modal	4	0.257	3.897	24.4864	599.5853
Modal	5	0.13	7.689	48.3107	2333.9283
Modal	6	0.129	7.74	48.6322	2365.091
Modal	7	0.115	8.716	54.7638	2999.0727
Modal	8	0.1	10.034	63.0433	3974.4639
Modal	9	0.096	10.4	65.3458	4270.0761
Modal	10	0.095	10.582	66.4866	4420.4626
Modal	11	0.081	12.367	77.705	6038.0601
Modal	12	0.08	12.569	78.9752	6237.0853
Modal	13	0.073	13.607	85.4924	7308.9519
Modal	14	0.07	14.363	90.2457	8144.2822
Modal	15	0.067	14.828	93.164	8679.5282
Modal	16	0.066	15.115	94.9727	9019.8147
Modal	17	0.064	15.629	98.2005	9643.3335
Modal	18	0.062	16.091	101.1009	10221.4008

Nota: Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 4 - Proporciones de masas de participación modal en sentido x e y calibrado

TABLE: Modal Participating Mass Ratios							
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
		sec					
Modal	1	0.512	0.3168	0.2756	0	0.3168	0.2756
Modal	2	0.37	0.2877	0.343	0	0.6045	0.6187
Modal	3	0.28	0.00001717	0.0003	0	0.6045	0.619
Modal	4	0.257	0.0065	0.01	0	0.611	0.629
Modal	5	0.13	0.0027	0.00002565	0	0.6138	0.6291
Modal	6	0.129	0.0502	0.095	0	0.664	0.724
Modal	7	0.115	0.0001	0.00001118	0	0.6641	0.724
Modal	8	0.1	0.0156	0.0075	0	0.6796	0.7315
Modal	9	0.096	0.00004984	0.001	0	0.6797	0.7325
Modal	10	0.095	0.1105	0.0349	0	0.7902	0.7674
Modal	11	0.081	0.0004	0.0023	0	0.7906	0.7696
Modal	12	0.08	0.0045	0.0029	0	0.7951	0.7725
Modal	13	0.073	0.0024	0.0002	0	0.7975	0.7727
Modal	14	0.07	0.0004	0.0002	0	0.7979	0.7728
Modal	15	0.067	0.0006	0.00003601	0	0.7986	0.7729
Modal	16	0.066	0.0077	0.0324	0	0.8063	0.8052
Modal	17	0.064	0.0039	0.0076	0	0.8102	0.8129
Modal	18	0.062	0.0001	0.0031	0	0.8103	0.8159

Nota: Fuente: Elaboración propia

El periodo de vibración ya calibrado el modelo numérico en Etabs resulta que en el sentido de “x” da como resultado de 0.512s y en el sentido de “y” sin calibrar el modelo numérico da como resultado de 0.37s.

4.3. Resultados de ensayo de identificación modal

El periodo de vibración obtenido del ensayo de la identificación modal se muestra en la Tabla 4.5, donde se muestra los periodos de vibración obtenidos de cada instrumento ubicado en la azotea del edificio, porque el periodo fundamental del edificio se encuentra en el último nivel.

Tabla 4. 5- Frecuencias y Periodos de vibración obtenidos con el acelerómetro.

DIA/MES/AÑO	UBICACIÓN	DIRECCION	FRECUENCIA	PERIODO
29-03- 2019	AZOTEA CM	x-x	2.026	0.494
29-03- 2019	AZOTEA CM	y-y	2.277	0.439
29-03- 2019	AZOTEA CM	x-x	1.764	0.567
29-03- 2019	AZOTEA CM	y-y	2.35	0.426
29-03- 2019	AZOTEA -columna ascensor	x-x	2.545	0.393
29-03- 2019	AZOTEA -columna ascensor	y-y	2.289	0.437
29-03- 2019	AZOTEA CM	x-x	2.002	0.500
29-03- 2019	AZOTEA CM	Y-Y	2.661	0.376
29-03- 2019	AZOTEA CM	x-x	1.868	0.535
29-03- 2019	AZOTEA CM	Y-Y	2.209	0.453
26-04- 2019	AZOTEA CM	x-x	1.965	0.509
26-04- 2019	AZOTEA CM	y-y	2.661	0.376
26-04- 2019	AZOTEA CM	x-x	1.965	0.509
26-04- 2019	AZOTEA CM	y-y	2.637	0.379
29-03- 2019	AZOTEA -der. Placa	x-x	2.142	0.467
29-03- 2019	AZOTEA -der. Placa	y-y	2.094	0.478
29/03/2019	AZOTEA- izq. Placa	x-x	1.691	0.591
29/03/2019	AZOTEA- izq. Placa	y-y	2.393	0.418
29/03/2019	AZOTEA- izq. Placa	x-x	2.289	0.437
29/03/2019	AZOTEA- izq. Placa	y-y	2.246	0.445
29 -03- 2019	AZOTEA-columna	x-x	2.325	0.430
30 -03- 2019	AZOTEA-columna	y-y	1.917	0.522
31 -03- 2019	AZOTEA-columna	x-x	1.337	0.748
32 -03- 2019	AZOTEA-columna	y-y	2.429	0.412

Nota: Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la tabla 4.6. se muestra el periodo en el sentido “x” y en el sentido “y”, dando a conocer que solo se consideraron los instrumentos que están ubicados en el centro de masa, más nos los acelerómetros que se encuentran alejados de esta, por motivo

a que la estructura es irregular y los periodos de vibración de este defiere con los resultados obtenidos del centro de masa.

Tabla 4. 6 – Resumen de Periodos de vibración en x e y obtenidos con el acelerómetro.

Resultados de Periodos de vibración de acelerómetro			
x-x	y-y	promedio en x	promedio en y
0.494	0.439		
0.567	0.426		
0.393	0.437		
0.500	0.376		
0.535	0.453	0.518853492	0.408035958
0.509	0.376		
0.509	0.379		
0.467	0.478		
0.591	0.418		
0.437	0.445		
0.430	0.522		
0.748	0.412		

Nota: Los de color rojo no son tomados en el promedio por estar ubicados fuera del centro de masa

Nota: Fuente: Elaboración propia

Por lo que según el ensayo de identificación modal resulta que en el sentido del eje “x” da como resultado de 0.519s y en el sentido del eje “y” sin calibrar el modelo numérico da como resultado de 0.408s.

Finalmente se ha obtenido un modelo numérico, calibrado mediante ensayos de identificación modal y esclerometría con el uso de un software del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión donde el periodo fundamental del edificio realizado es de 0.512 en sentido “x” y 0.37 en el sentido “y” realizado por computadora en el programa ETABS.

Además, esto se puede hacer la comparación los periodos fundamentales con los obtenidos en el ensayo de identificación modal (acelerómetro X16-1D), que es 0.519 en sentido “x” y 0.408 en el sentido “y”. este nos asegura que el modelo numérico esta calibrado.

También cabe mencionar se determinó la resistencia a la compresión de los elementos estructurales del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura mediante el ensayo de esclerometría que son como se muestra a continuación:

En vigas:

Se realizo solamente en las siguientes vigas ya que ellos aportan mayor rigidez a la estructura:

- V-25x50: Son vigas que generalmente están junto a la escalera y por esta razón se realizó este ensayo dando un resultado de $f'c= 248.50 \text{ kg/cm}^2$
- V30x50: Son vigas que generalmente están en todos los pisos y en mayor presencia en el edificio, y por esta razón se realizó este ensayo dando un resultado de $f'c= 237.59 \text{ kg/cm}^2$

En columnas:

- COL 30x60: Son columnas internas de forma rectangular y son las q mayor aportan rigidez a la estructura en comparación a las otras columnas por esta razón se realizó este ensayo dando un resultado de $f'c= 241.25 \text{ kg/cm}^2$
- COL D=35CM: Son columnas perimetrales de forma circular esta razón se realizó este ensayo dando un resultado de $f'c= 243.88 \text{ kg/cm}^2$
- COL D=55CM: Son columnas externas de forma circular esta razón se realizó este ensayo dando un resultado de $f'c= 215.93 \text{ kg/cm}^2$
- COL C-2: Son columnas perimetrales de forma especial por esta razón se realizó este ensayo dando un resultado de $f'c= 236.58 \text{ kg/cm}^2$

En losa:

- LOSA 1 DIR 20CMx, LOSA 1 DIR 20CMy, LOSA 2 DIR: actualmente se encuentra enchapado y con falso cielorraso, por tal motivo no se realizó el ensayo en estos elementos dejando como resistencia $f'c= 237.59 \text{ kg/cm}^2$, por su proceso constructivo entre la viga y la losa.

En placas (Muros de corte):

- MSOT: son muros de contención ubicados en el sótano, dando un resultado de $f'c= 225.02 \text{ kg/cm}^2$
- PLACA 15CM: son placas presentes en todos niveles del edificio, dando un resultado de $f'c= 244.73 \text{ kg/cm}^2$
- PLACA 20CM: son placas presentes en todos niveles del edificio, dando un resultado de $f'c= 219.23 \text{ kg/cm}^2$
- PLACA 25CM son placas presentes en todos los niveles del edificio, dando un resultado de $f'c= 234.20 \text{ kg/cm}^2$
- PLACA 30CM: son placas presentes en todos los niveles del edificio, dando un resultado de $f'c= 248.47 \text{ kg/cm}^2$

En escalera:

- Escalera: Actualmente se encuentra enchapada por esta razón solo se tomó como dato su por proceso constructivo de la viga y losa $f'c= 237.59 \text{ kg/cm}^2$.

CAPÍTULO V

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

5.1.1. Conclusión general

Se obtuvo un modelo numérico calibrado mediante ensayos de identificación Modal y esclerometría del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión donde se obtuvieron un periodo fundamental de 0.512 en sentido “x” y 0.37 en el sentido “y” realizado por computadora en el programa ETABS.

Estos periodos de vibración son cercanos a los obtenidos en el ensayo de identificación modal (acelerómetro X16-1D), 0.519 en sentido “x” y 0.408 en el sentido “y”. siendo en la dirección X-X un 1.34% de diferencia y en la dirección Y-Y, un 9.31%. Esta diferencia coincide con el rango permitido de diferencias obtenidas por Muriá-Vila y González (Espinoza, 1999) al estudiar la vibración ambiental de 60 edificios en la Ciudad de México y modelar 13 de ellos. Sus diferencias fueron inferiores al 17%.

La medición en edificios construidos para contrastar los datos obtenidos con los valores teóricos utilizados en el diseño responde a la necesidad de llevar una verificación del comportamiento dinámico de una estructura. Con esto se puede determinar si ha existido modificaciones importantes entre el diseño (correcta modelación) y la construcción. Además, los resultados obtenidos permiten tener un punto de comparación para mediciones futuras.

5.1.2. Conclusiones específicas

Se determino las propiedades dinámicas mediante el ensayo de identificación modal usando acelerómetros X16-1D donde se obtuvo periodos de vibración de 0.519 para el sentido “x” y 0.408 en el sentido “y”.

Se realizo los ensayos de esclerometría obteniendo resultados como lo muestra en el capítulo 3.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda que, al momento de realizar los ensayos de esclerometría, tener mucho en cuenta los resultados que se obtiene, ya que depende también la obtención de un módulo de elasticidad (rigidez) para llegar un correcto periodo del edificio.

Se recomienda realizar el ensayo de identificación modal, cuando no haya mucho ruido, ya es importante debido a que forma parte del registro y trae consigo información tanto de la fuente que lo genera, así como del medio por el que se transporta.

Se recomienda la verificación de los planos proyectados con lo existente, ya que a veces en el proceso constructivo suelen a ver modificaciones de la estructura.

Se recomienda que el esclerómetro a utilizar este calibrado, ya que este nos brindara resultados más reales.

Se recomienda que los acelerómetros antes de iniciar el ensayo deben estar debidamente programadas. Además, para mayor precisión se recomienda realizar cuando no exista muchos ruidos alrededor del edificio.

6. REFERENCIAS

Losa Miranda, G. (2015). *Tecnologías de sensorización e identificación modal. Aplicación a la determinación del amortiguamiento estructural*. Recuperado de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/13611/1/TFG-I-269.pdf>

Álvaro Ruiz, A. (2011). *Ensayos experimentales de identificación modal*. Recuperado de: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5242/fichero/CAP%C3%8DTULO+3.pdf>

Aguilar, Sovero, Martel, Briceño y Borosc hek. (2014). *Ensayos experimentales de identificación modal para la protección sísmica del patrimonio histórico de tierra*. Recuperado de: https://borosc hek.files.wordpress.com/2014/07/2014_rehabendaguilar-et-al.pdf

Ariana y Rivero. (2009). *Patologías en las edificaciones*. Recuperado de: http://chacao.gob.ve/eduriesgo/vulnerabilidad_archivos/04_patologias_en_las_edificaciones.pdf

Rodrigo Quimbay, H. (2011). *Estimacion del módulo de elasticidad del concreto y del mortero mediante tctm*. Recuperado de http://www.bdigital.unal.edu.co/12424/1/modulo_elasticidad_concreto.pdf

Bungey y Millard (1996). Esclerómetros de pistón y de péndulo en uso. Recuperado de: [.http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/15084/tesis%20condensada%20%20PDF.pdf?sequence=1](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/15084/tesis%20condensada%20%20PDF.pdf?sequence=1)

Salinas et al. (2002) (Fecha). Modelización Numérica y Virtualización de Edificios Históricos. Recuperado de https://www.gidhome.com/archive/GiD_Convention/2002/papers/22_MunozSalinas.

ACI 214, Recommended Practice for Evaluation of Strength Tests. Recuperado de <https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto->

Ewins, D.J. (1992). *Modal Testing: Theory and Practice*. Taunton: Research Studies Press Ltd.

Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.030. Diseño sismorresistente. (2016). Lima.

Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.060. Concreto armado (2006). Lima.

Palomino, A. (2016). *Manual de análisis estático y dinámico NTE E.030 Diseño sismorresistente*. Perú: editorial ISBN.

Villareal, G. (2013). *Ingeniería Sismorresistente*. Perú: Editora & Imprenta Grafica Norte S.R.L.

Velazquez, J. (2018). *Control de la calidad del concreto con métodos alternativos de ingeniería*.

Medina J., (2010). “Análisis de Fourier para el Tratamiento de Señales”. XII Encuentro de Matemática y sus Aplicaciones, EPN- Quito, Ecuador.

Herlindo R., (2014). “Identificación de las propiedades dinámicas de una plataforma marina de perforación, basada en el monitoreo de vibraciones”. México.

Chopra A., (1995). “Dynamics of Structures, theory and applications to earthquake engineering”. Universidad de California, Ed. Prentice Hall, New Jersey, Estados Unidos.

ANEXOS

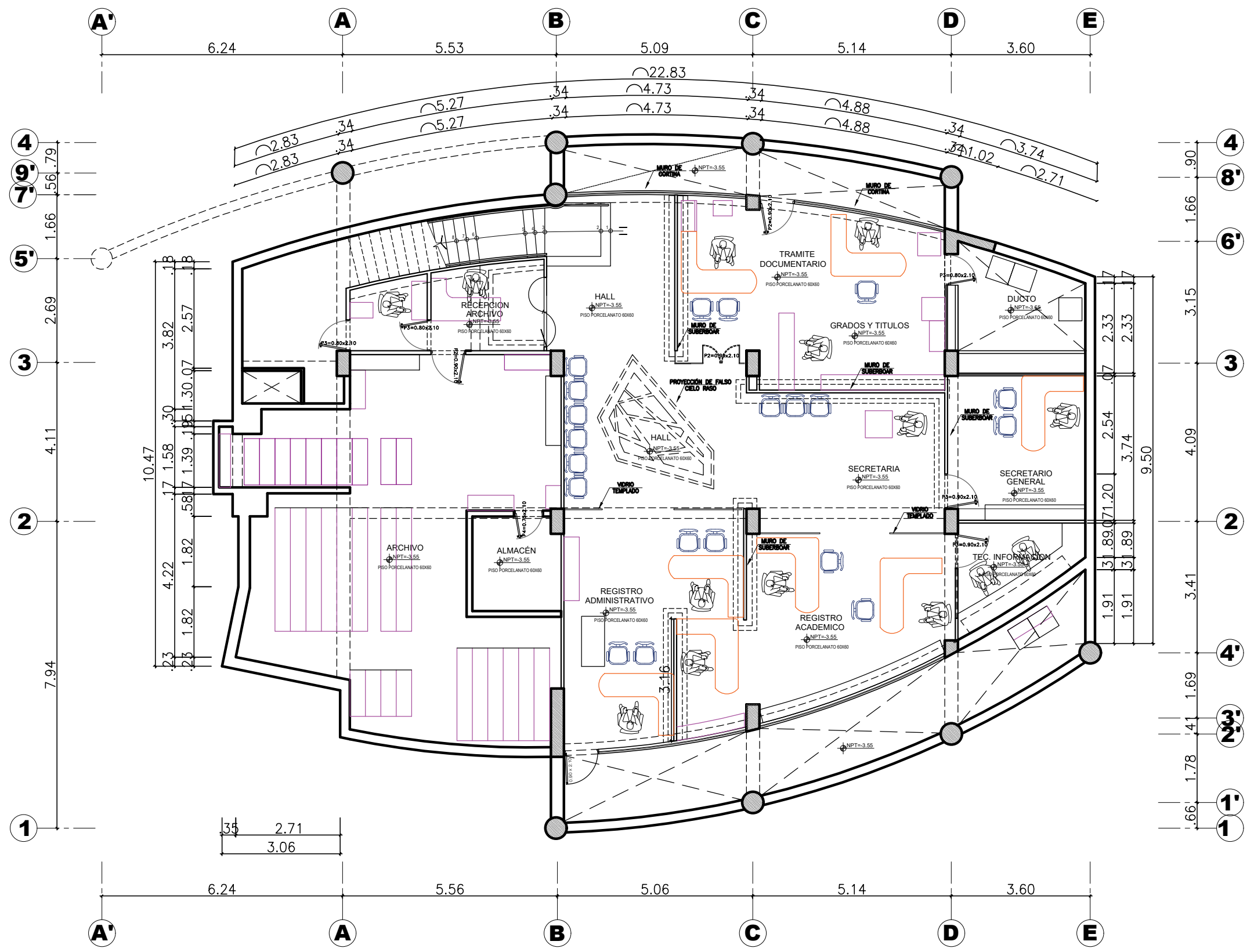
PROYECTO:

“Calibración del modelo numérico del edificio de la Facultad de Ingeniería y
Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante ensayos de identificación
modal y esclerometría”

ANEXO A – PLANOS DEL EDIFICIO

PROYECTO:

“Calibración del modelo numérico del edificio de la Facultad de Ingeniería y
Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante ensayos de
identificación modal y esclerometría”



SÓTANO
ESCALA DE DIBUJO: 1/50



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

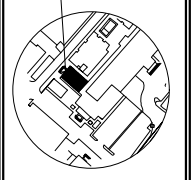


INFRAESTRUCTURA PERUANA UNIÓN

ACTIVIDAD:
Calibración del modelo numérico del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante el uso de ensayos de identificación modal y esferometría

RESPONSABLES:

UBICACIÓN:



NOMBRE DEL BLOQUE DE EDIFICIO:
EDIFICIO FÍA

ESPECIALIDAD:
ARQUITECTURA

LAMINA:
SOTANO

DISTRITO:	ESCALA:
LURIGANCHO	1/50

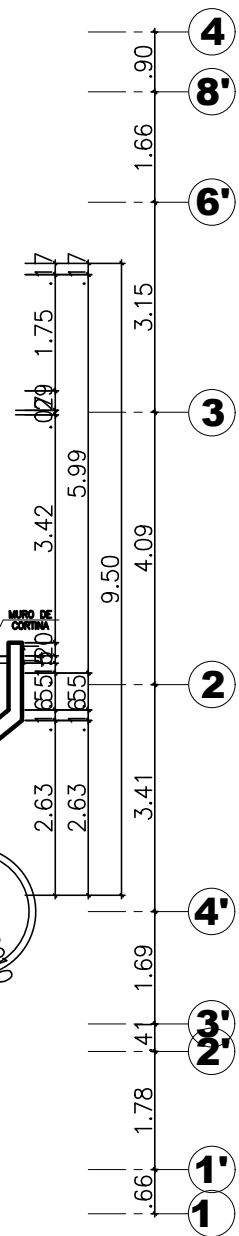
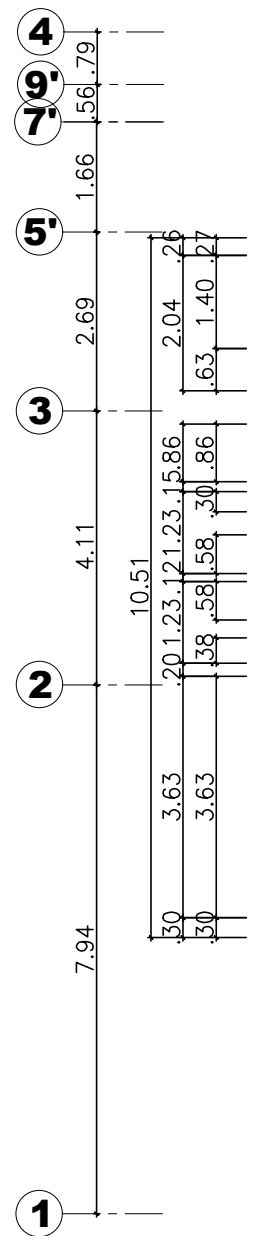
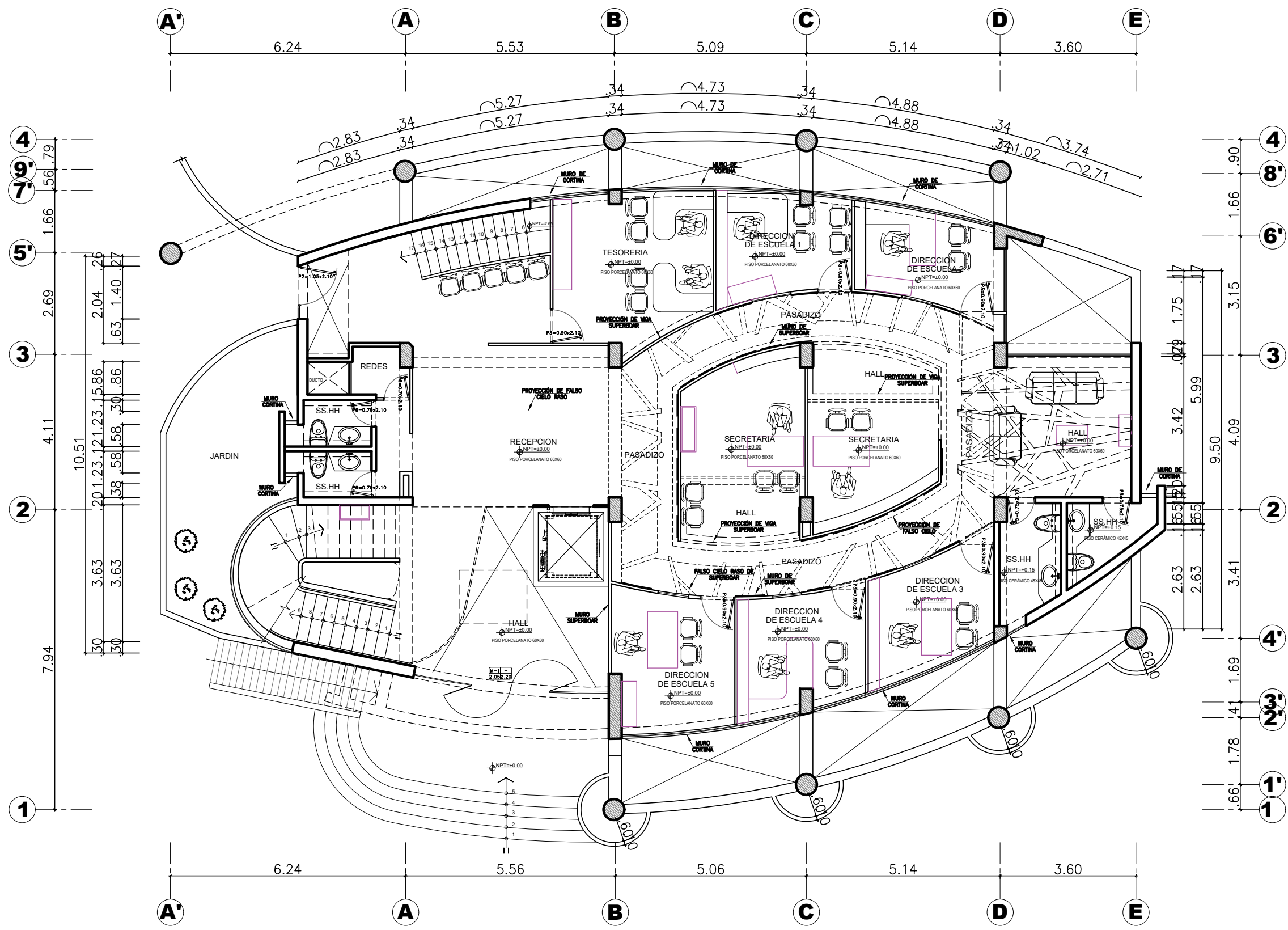
PROVINCIA:	FECHA:
LIMA	D-M-A

DEPARTAMENTO:	N° CORRELATIVO:
LIMA	1 DE 9

DIBUJADO POR:

LAMINA N°:

A-01



PRIMERA PLANTA
ESCALA DE DIBUJO: 1/50



UNIVERSIDAD PERUANA UNION

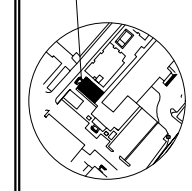


INFRAESTRUCTURA PERUANA UNION

ACTIVIDAD:
Calibración del modelo numérico del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante ensayos de identificación modal y esferometría

RESPONSABLES:

UBICACION:



NOMBRE DEL BLOQUE DE EDIFICIO:
EDIFICIO FÍA

ESPECIALIDAD:
ARQUITECTURA

LAMINA:
PRIMER NIVEL

DISTRITO:	ESCALA:
LURIGANCHO	1/50

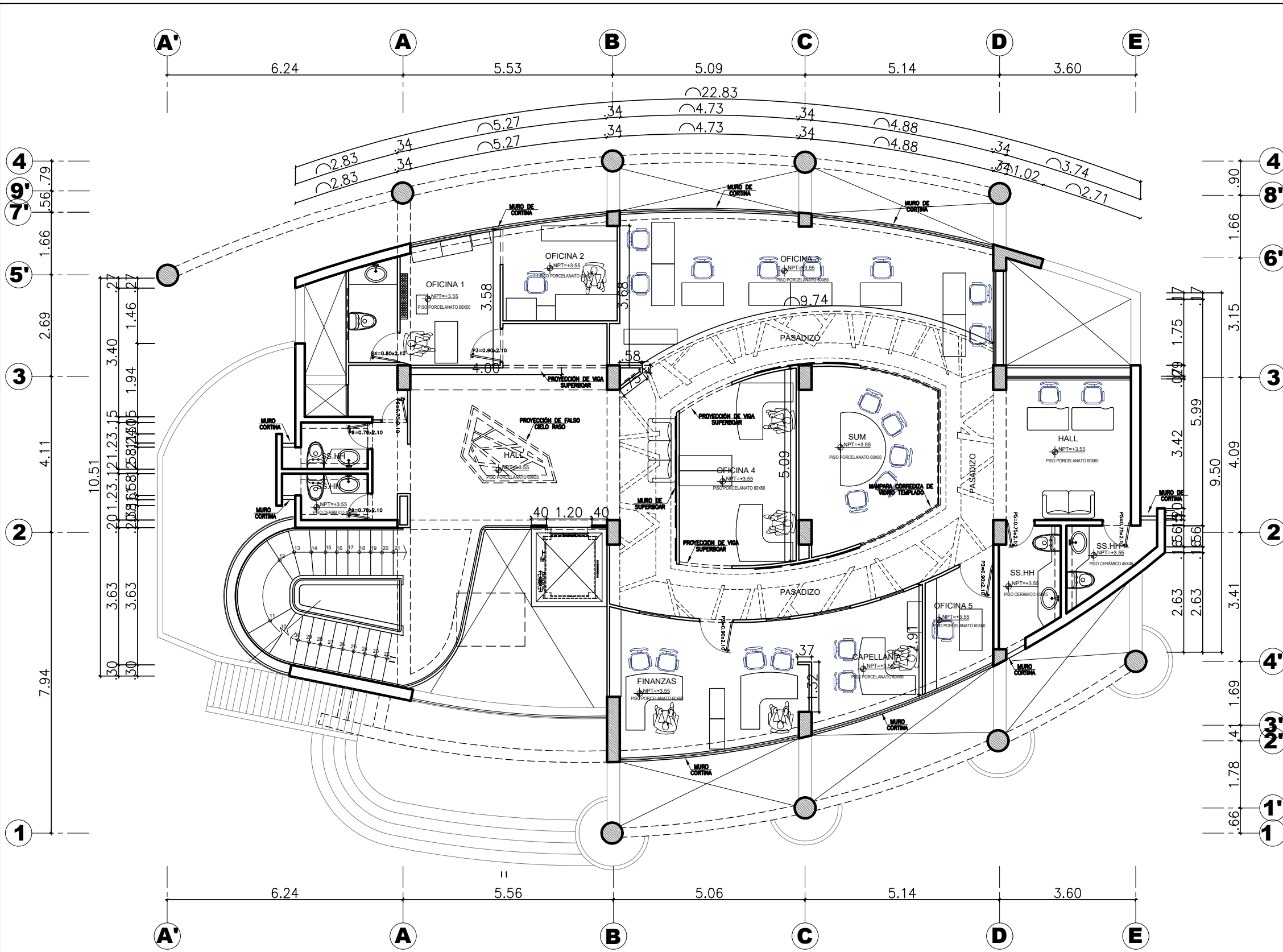
PROVINCIA:	FECHA:
LIMA	D-M-A

DEPARTAMENTO:	N°CORRELATIVO
LIMA	1 DE 9

DIBUJADO POR:

LAMINA N°:

A-02

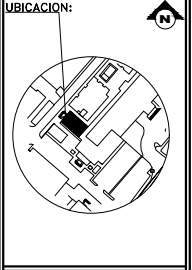


SEGUNDA PLANTA
 ESCALA DE DIBUJO: 1/50



ACTIVIDAD:
 Calibración del modelo numérico del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante los ensayos de identificación modal y esferometría

RESPONSABLES:



NOMBRE DEL BLOQUE DE EDIFICIO:
 EDIFICIO FÍA

ESPECIALIDAD:
 ARQUITECTURA

LAMINA:
 SEGUNDO NIVEL

DISTRITO:	ESCALA:
LURIGANCHO	1/50

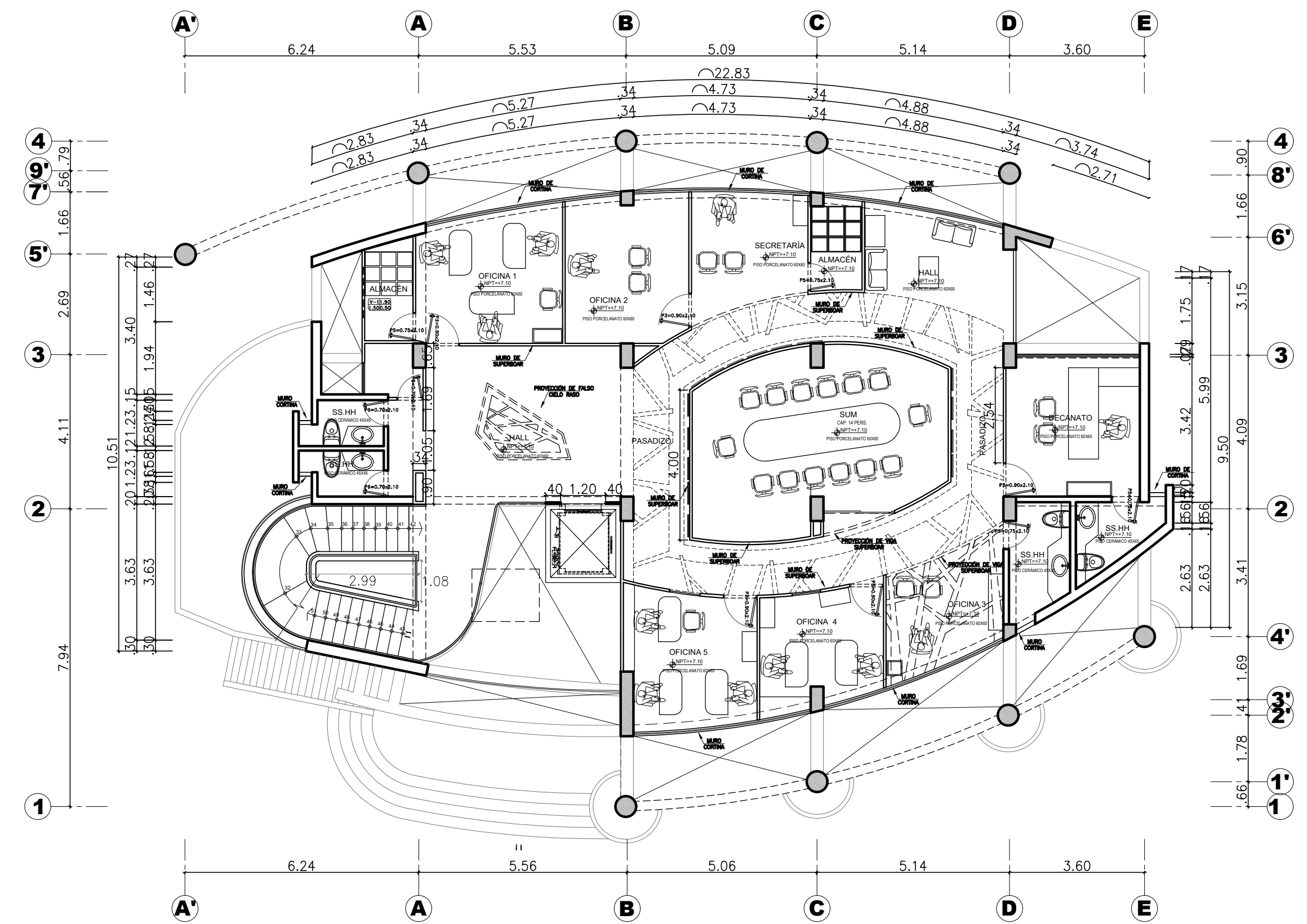
PROVINCIA:	FECHA:
LIMA	D-M-A

DEPARTAMENTO:	N°CORRELATIVO
LIMA	1 DE 9

DIBUJADO POR:

LAMINA N°:

A-03



TERCERA PLANTA
ESCALA DE DIBUJO: 1/50



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

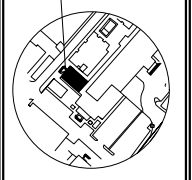


INFRAESTRUCTURA PERUANA UNIÓN

ACTIVIDAD:
Calibración del modelo numérico del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante los ensayos de identificación modal y esferometría

RESPONSABLES:

UBICACIÓN:



NOMBRE DEL BLOQUE DE EDIFICIO:

EDIFICIO FÍA

ESPECIALIDAD:

ARQUITECTURA

LAMINA:

TERCER NIVEL

DISTRITO: ESCALA:

LURIGANCHO 1/50

PROVINCIA: FECHA:

LIMA D-M-A

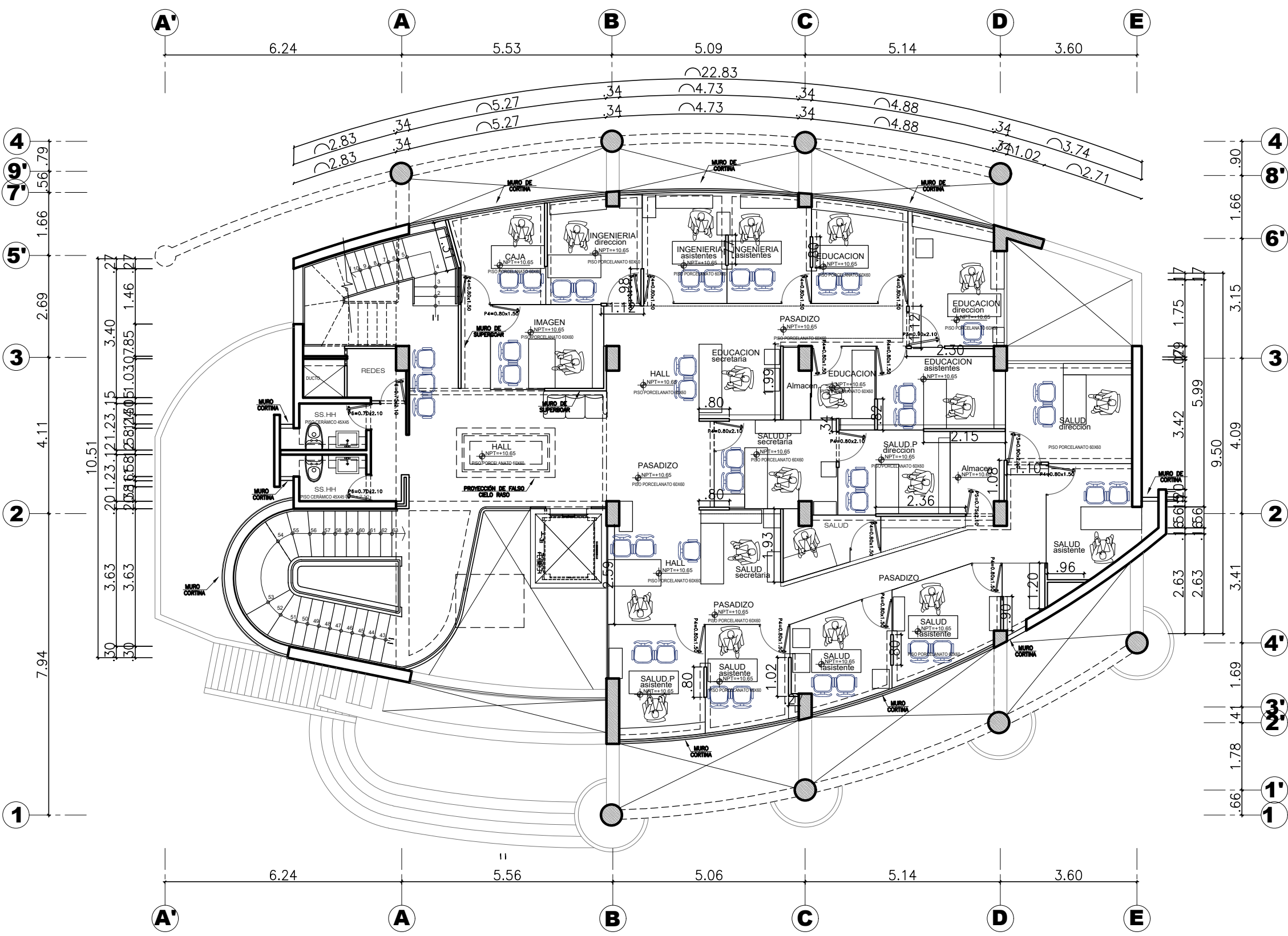
DEPARTAMENTO: N°CORRELATIVO:

LIMA 1 DE 9

DIBUJADO POR:

LAMINA N°:

A-04



CUARTA PLANTA
 ESCALA DE DIBUJO: 1/50



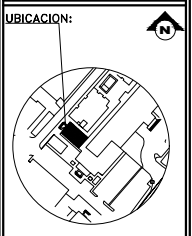
UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN



INFRAESTRUCTURA PERUANA UNIÓN

ACTIVIDAD:
 Calibración del modelo numérico del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante los ensayos de identificación modal y esferometría

RESPONSABLES:



NOMBRE DEL BLOQUE DE EDIFICIO:
 EDIFICIO FÍA

ESPECIALIDAD:
 ARQUITECTURA

LAMINA:
 CUARTO NIVEL

DISTRITO:	ESCALA:
LURIGANCHO	1/50

PROVINCIA:	FECHA:
LIMA	D-M-A

DEPARTAMENTO:	N° CORRELATIVO:
LIMA	1 DE 9

DIBUJADO POR:

LAMINA N°:

A-05



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

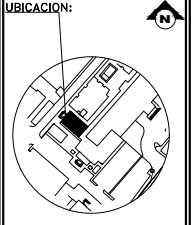


INFRAESTRUCTURA PERUANA UNIÓN

ACTIVIDAD:
Calibración del modelo numérico del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante el uso de ensayos de identificación modal y esferometría

RESPONSABLES:

UBICACIÓN:



NOMBRE DEL BLOQUE DE EDIFICIO:
EDIFICIO FÍA

ESPECIALIDAD:
ARQUITECTURA

LAMINA:
QUINTO NIVEL

DISTRITO: LURIGANCHO
ESCALA: 1/50

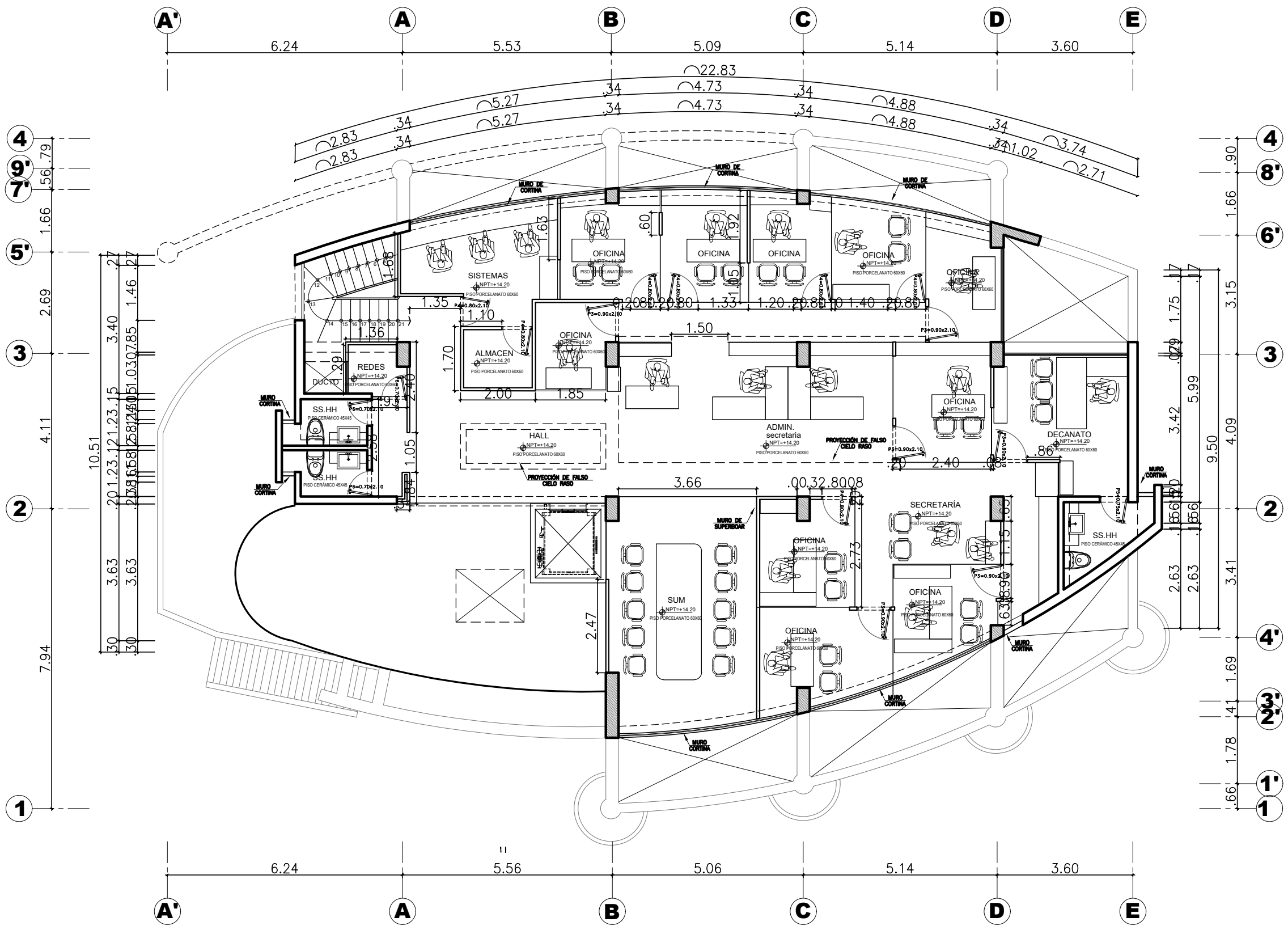
PROVINCIA: LIMA
FECHA: D-M-A

DEPARTAMENTO: LIMA
N° CORRELATIVO: 1 DE 9

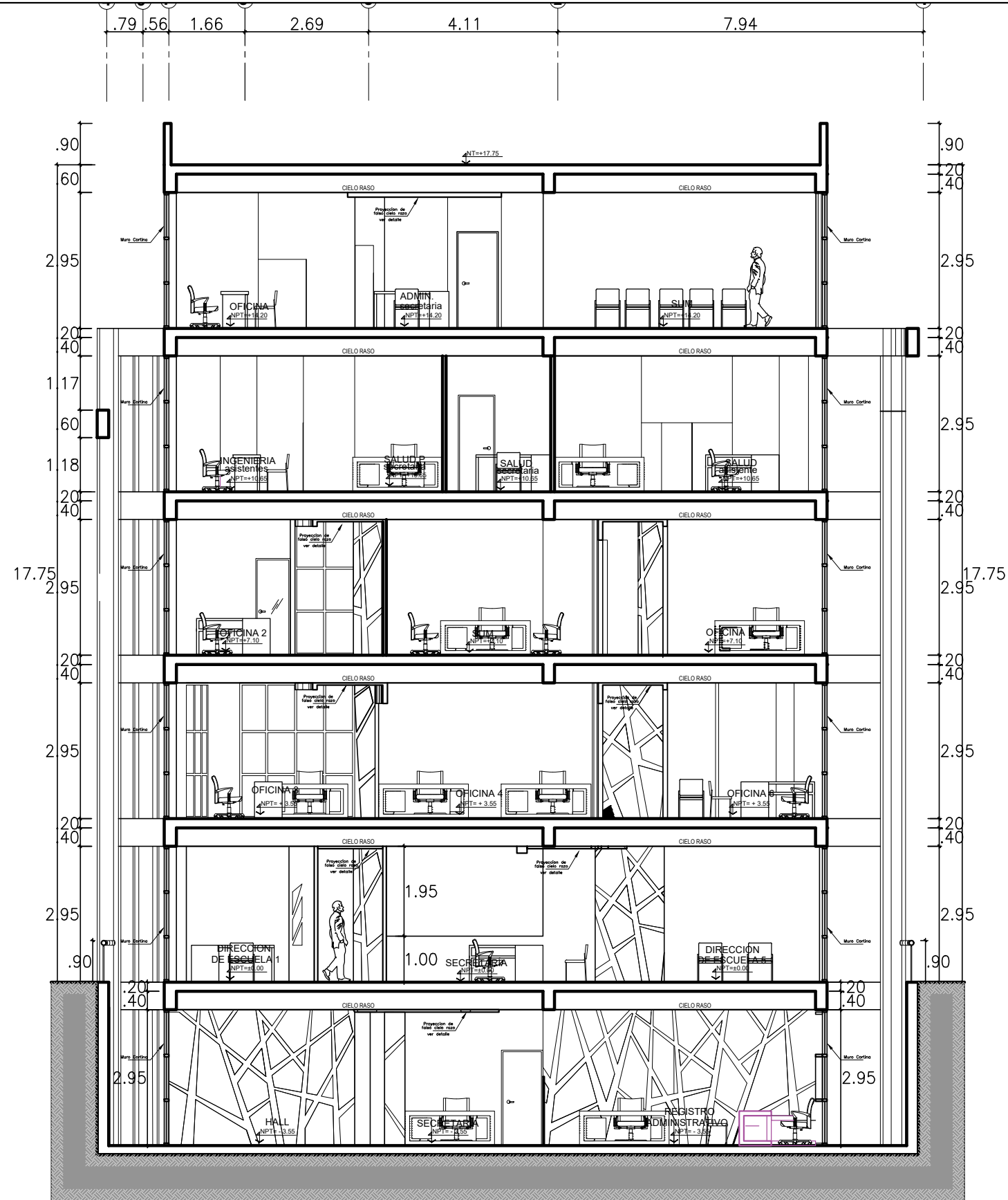
DIBUJADO POR:

LAMINA N°:

A-06



QUINTA PLANTA
ESCALA DE DIBUJO: 1/50



CORTE A-A
 ESCALA DE DIBUJO: 1/50



UNIVERSIDAD
 PERUANA UNION

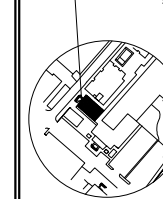


INFRAESTRUCTURA PERUANA
 UNION

ACTIVIDAD:
 Calibración del modelo numérico del edificio
 de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura
 de la Universidad Peruana Unión mediante
 mediante ensayos de identificación modal
 y eseterometria

RESPONSABLES:

UBICACION:



NOMBRE DEL BLOQUE DE
 EDIFICIO:

EDIFICIO FÍA

ESPECIALIDAD:

ARQUITECTURA

LAMINA:

CORTE A-A

DISTRITO: ESCALA:

LURIGANCHO 1/50

PROVINCIA: FECHA:

LIMA D-M-A

DEPARTAMENTO: N°CORRELATIVO

LIMA 1 DE 9

DIBUJADO POR:

LAMINA N°:

A-07



CORTE B-B
ESCALA DE DIBUJO: 1/50



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

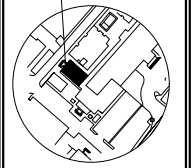


INFRAESTRUCTURA PERUANA UNIÓN

ACTIVIDAD:
Calibración del modelo numérico del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante los ensayos de identificación modal y eseterometría

RESPONSABLES:

UBICACION:



NOMBRE DEL BLOQUE DE EDIFICIO:
EDIFICIO FÍA

ESPECIALIDAD:
ARQUITECTURA

LAMINA:
CORTE B-B

DISTRITO: LURIGANCHO
ESCALA: 1/50

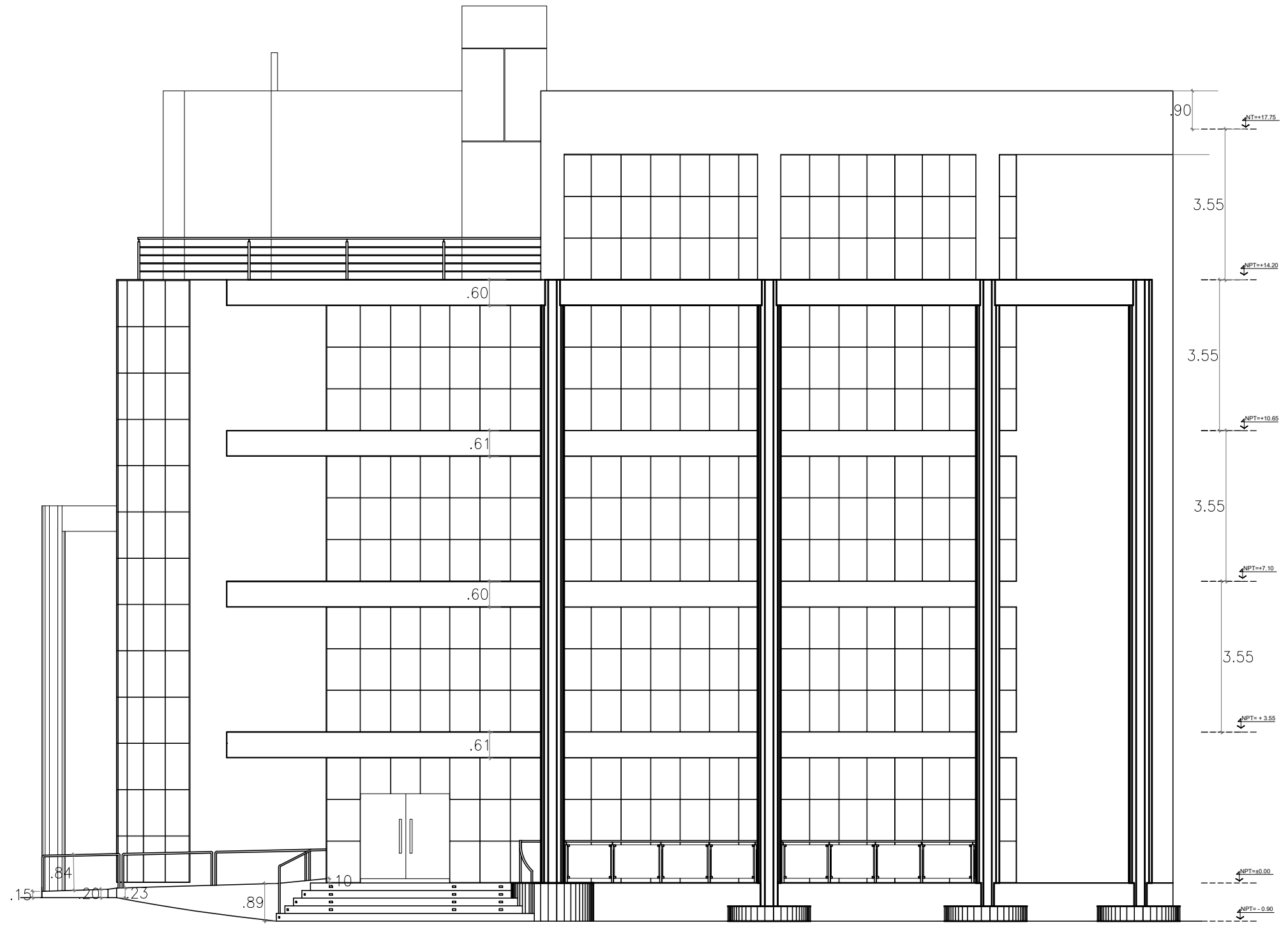
PROVINCIA: LIMA
FECHA: D-M-A

DEPARTAMENTO: LIMA
N°CORRELATIVO: 1 DE 9

DIBUJADO POR:

LAMINA N°:

A-08

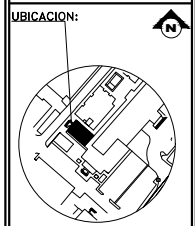


ELEVACIÓN PRINCIPAL
 ESCALA DE DIBUJO: 1/50



ACTIVIDAD:
 Calibración del modelo numérico del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante ensayos de identificación modal y esferometría

RESPONSABLES:



NOMBRE DEL BLOQUE DE EDIFICIO:
 EDIFICIO FÍA

ESPECIALIDAD:
 ARQUITECTURA

LAMINA:
ELEVACION PRINCIPAL

DISTRITO:	ESCALA:
LURIGANCHO	1/50

PROVINCIA:	FECHA:
LIMA	D-M-A

DEPARTAMENTO:	N°CORRELATIVO
LIMA	1 DE 9

DIBUJADO POR:

LAMINA N°:

A-09



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

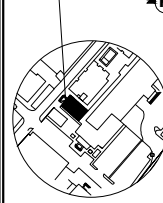


INFRAESTRUCTURA PERUANA UNIÓN

ACTIVIDAD:
Calibración del modelo numérico del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante ensayos de identificación modal y eseterometría

RESPONSABLES:

UBICACIÓN:



NOMBRE DEL BLOQUE DE EDIFICIO:

EDIFICIO FÍA

ESPECIALIDAD:

ESTRUCTURAS

LAMINA:

CIMENTACION

DISTRITO: ESCALA:

LURIGANCHO 1/50

PROVINCIA: FECHA:

LIMA D-M-A

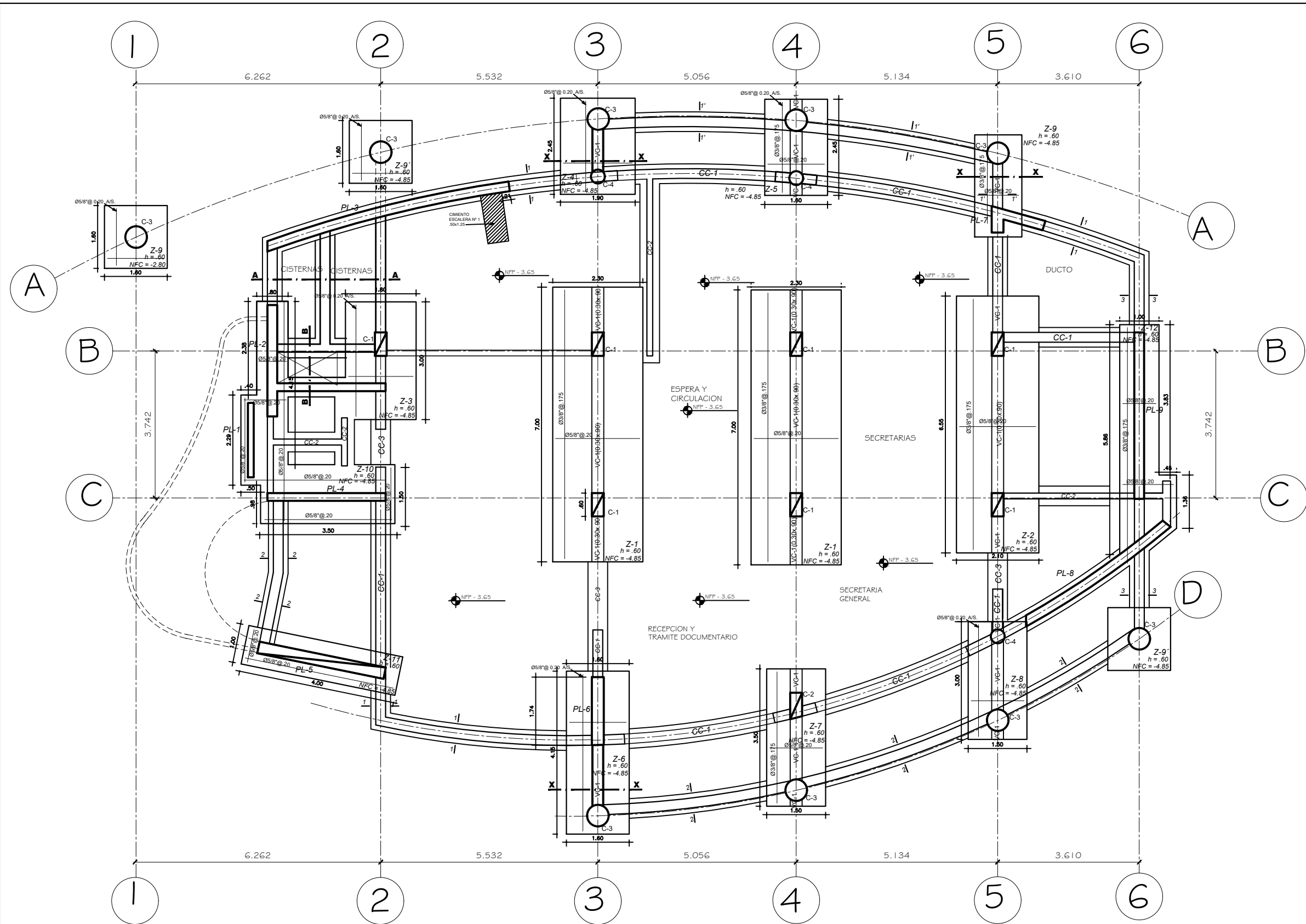
DEPARTAMENTO: N°CORRELATIVO

LIMA 1 DE 5

DIBUJADO POR:

LAMINA N°:

E-01



CIMENTACION
ESCALA 1/50



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

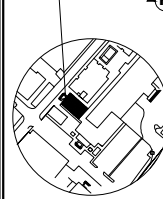


INFRAESTRUCTURA PERUANA UNIÓN

ACTIVIDAD:
Calibración del modelo numérico del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante mediante ensayos de identificación modal y eseterometría

RESPONSABLES:

UBICACIÓN:



NOMBRE DEL BLOQUE DE EDIFICIO:

EDIFICIO FÍA

ESPECIALIDAD:

ESTRUCTURAS

LAMINA:

ALIGERADO

DISTRITO:

LURIGANCHO

ESCALA:

1/50

PROVINCIA:

LIMA

FECHA:

D-M-A

DEPARTAMENTO:

LIMA

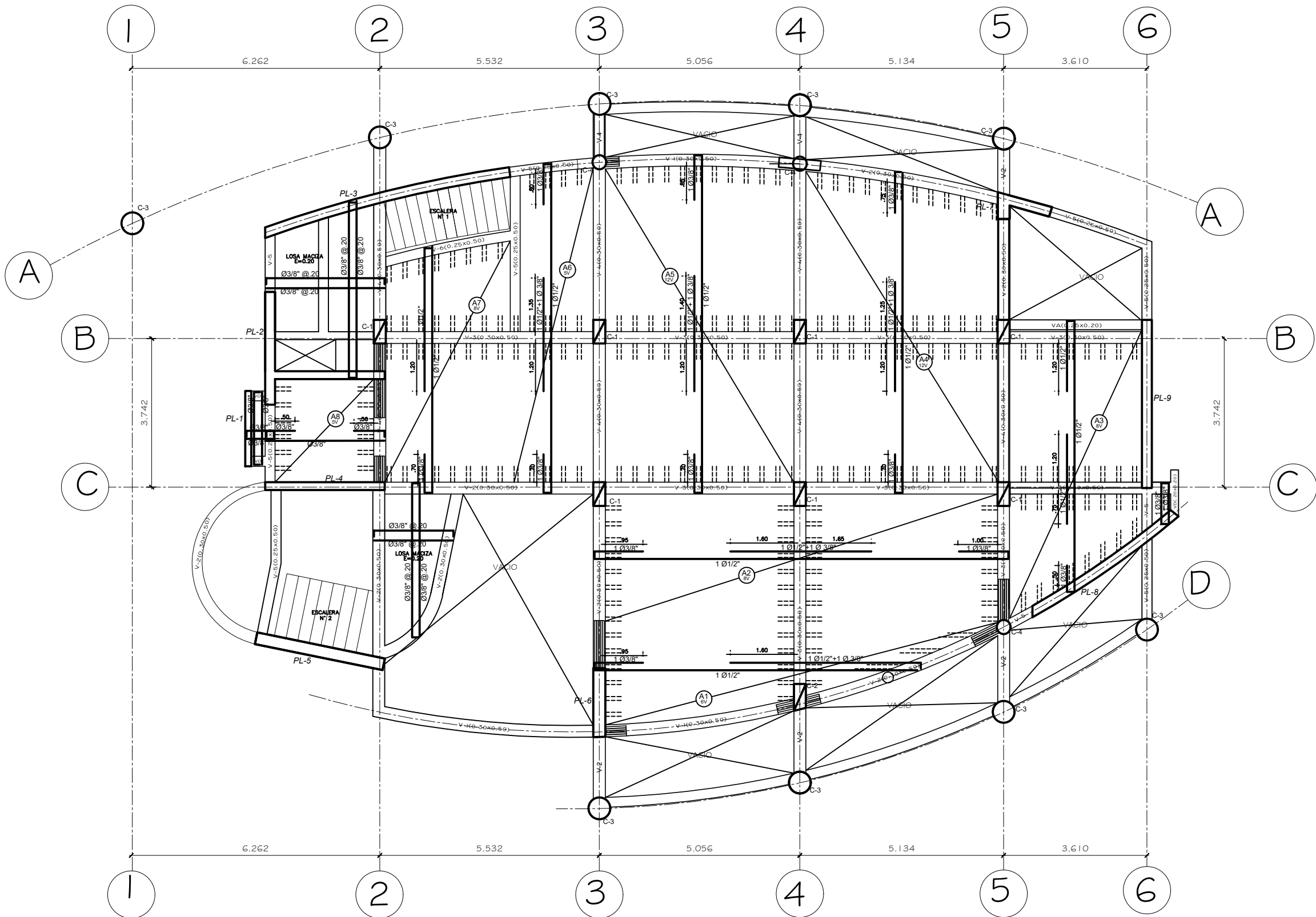
N°CORRELATIVO

1 DE 5

DIBUJADO POR:

LAMINA N°:

E-02



ALIGERADO : SOTANO
H = 0.20 m.
SOBRECARGAS OFICINAS = 250 Kg/m²



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

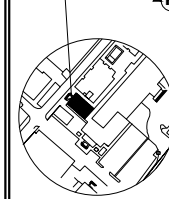


INFRAESTRUCTURA PERUANA UNIÓN

ACTIVIDAD:
Calibración del modelo numérico del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante mediante ensayos de identificación modal y eseterometría

RESPONSABLES:

UBICACIÓN:



NOMBRE DEL BLOQUE DE EDIFICIO:

EDIFICIO FÍA

ESPECIALIDAD:

ESTRUCTURAS

LAMINA:

ALIGERADO

DISTRITO:

LURIGANCHO

ESCALA:

1/50

PROVINCIA:

LIMA

FECHA:

D-M-A

DEPARTAMENTO:

LIMA

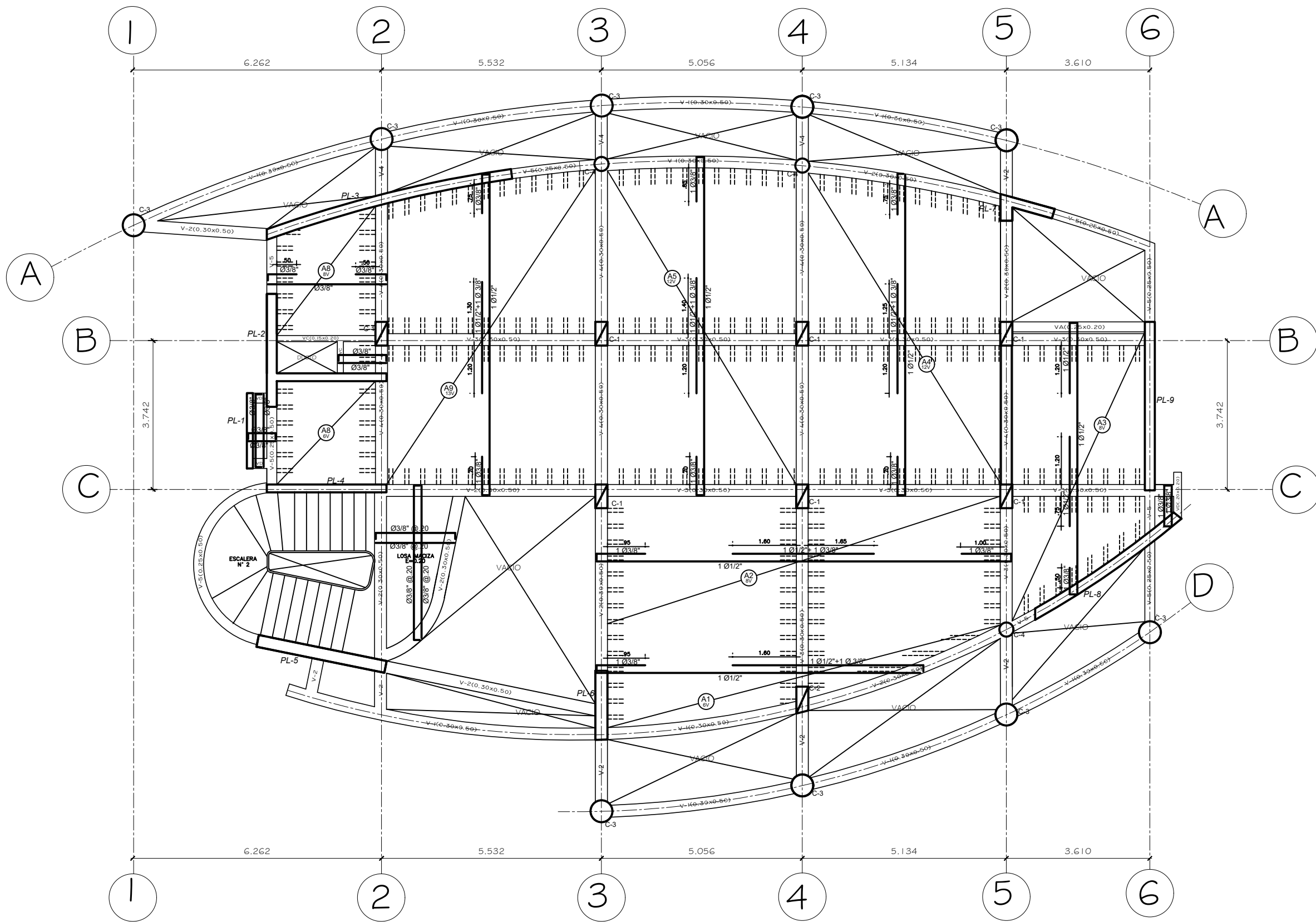
N°CORRELATIVO

1 DE 5

DIBUJADO POR:

LAMINA N°:

E-03



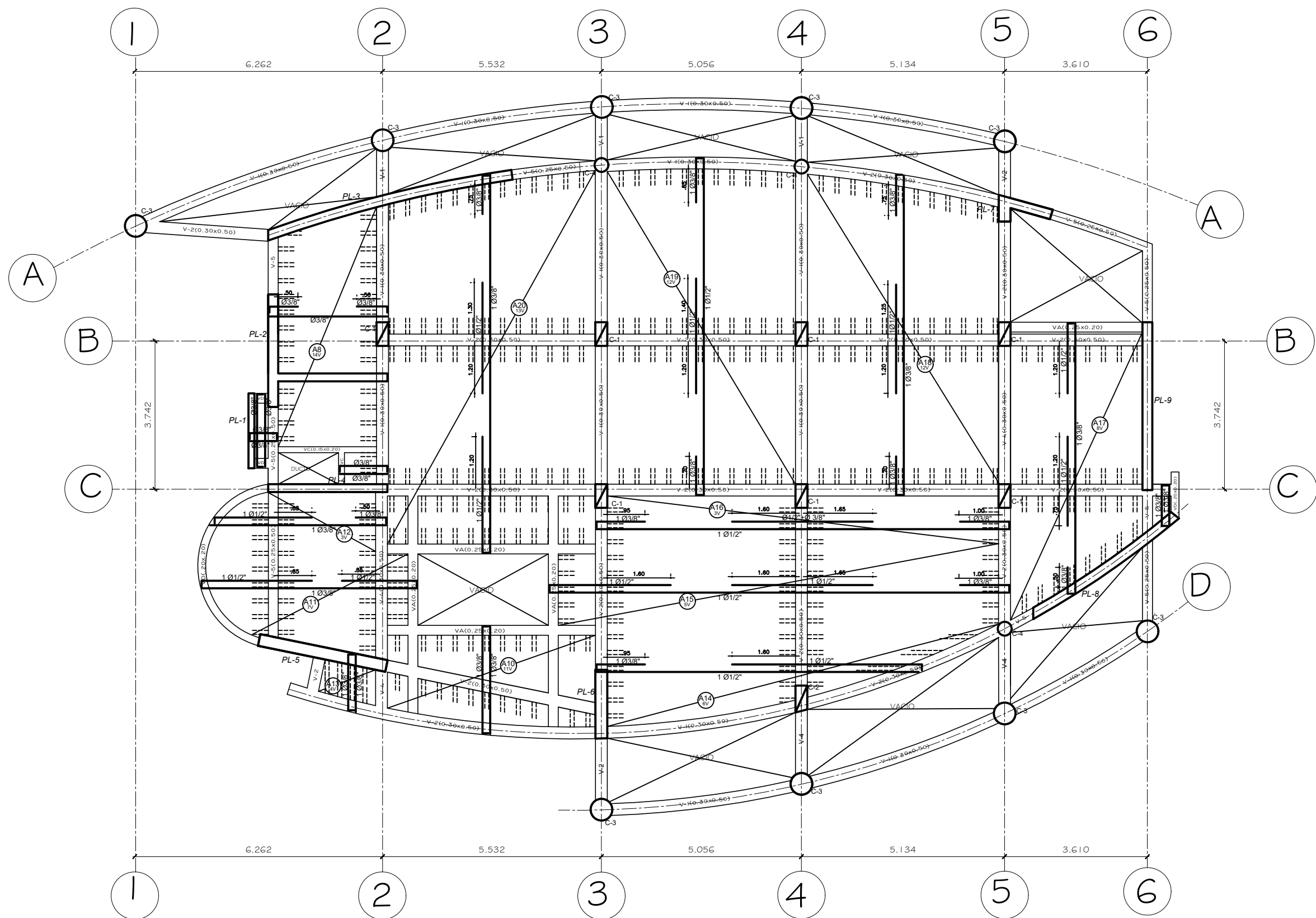
ALIGERADO : 1er., 2do. y 3er. PISO

H = 0.20 m.

SOBRECARGAS OFICINAS = 250 Kg/m²

SOBRECARGAS CORREDORES Y ESCALERAS = 400 Kg/m²

ESCALA 1/50



ALIGERADO : 4to. PISO
 H=0.20 m. / SOBRECARGA = 100 Kg/m²



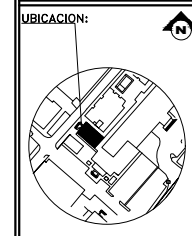
UNIVERSIDAD PERUANA UNION



INFRAESTRUCTURA PERUANA UNION

ACTIVIDAD:
 Calibración del modelo numérico del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante mediante ensayos de identificación modal y eseterometría

RESPONSABLES:



NOMBRE DEL BLOQUE DE EDIFICIO:
 EDIFICIO FÍA

ESPECIALIDAD:
 ESTRUCTURAS

LAMINA:
 ALIGERADO

DISTRITO:	ESCALA:
LURIGANCHO	1/50

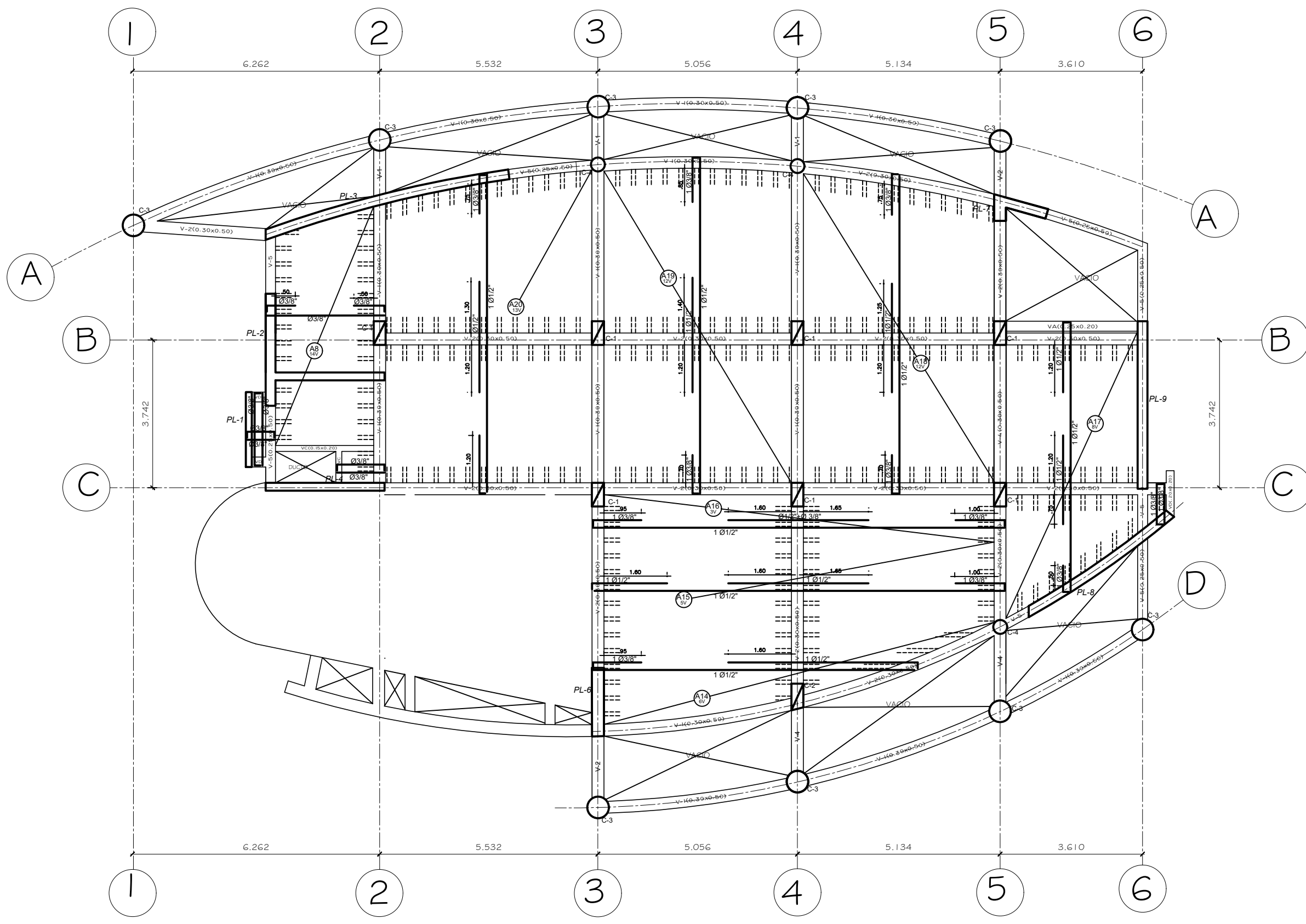
PROVINCIA:	FECHA:
LIMA	D-M-A

DEPARTAMENTO:	N°CORRELATIVO
LIMA	1 DE 5

DIBUJADO POR:

LAMINA N°:

E-04

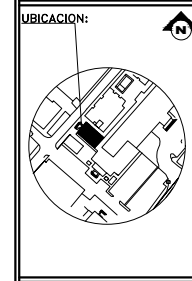


ALIGERADO : 5to. PISO



ACTIVIDAD:
Calibración del modelo numérico del edificio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante ensayos de identificación modal y eseterometría

RESPONSABLES:



NOMBRE DEL BLOQUE DE EDIFICIO:
EDIFICIO FÍA

ESPECIALIDAD:
ESTRUCTURAS

LAMINA:
ALIGERADO

DISTRITO:	ESCALA:
LURIGANCHO	1/50

PROVINCIA:	FECHA:
LIMA	D-M-A

DEPARTAMENTO:	N°CORRELATIVO
LIMA	1 DE 5

DIBUJADO POR:

LAMINA N°:
E-05

=====

ANEXO B - ENSAYOS DE ESCLEROMETRIA

=====

PROYECTO:

“Calibración del Modelo Numérico del Edificio de la Facultad de Ingeniería y
Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante Ensayos de
Identificación Modal y Esclerometría”

DATOS DE ENSAYO DE ESCLEROMETRO EN COLUMNAS

DATOS GENERALES

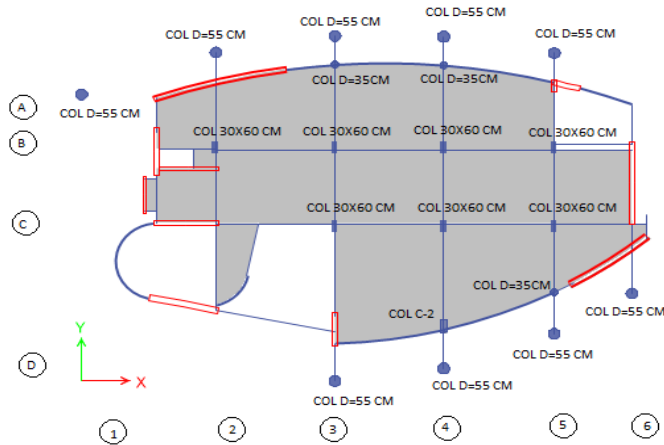
COL D=55 CM → C-3
 COL D=35 CM → C-4
 COL 30X60 CM → C-1
 COL C-2 → C-2

COLUMNAS COL D=55 CM → C-3

NIVEL 1

EJE 3 Y A

COLUMNA C-3	a
1	31
2	33
3	30
4	30
5	33
6	31
7	30
8	31
9	34
10	32



EJE 4 Y A

COLUMNA C-3	a
1	30
2	33
3	27
4	32
5	33
6	33
7	30
8	32
9	31
10	30

EJE 4 Y D

COLUMNA C-3	a
1	30
2	33
3	27
4	32
5	33
6	34
7	30
8	31
9	31
10	33

EJE 5 Y A

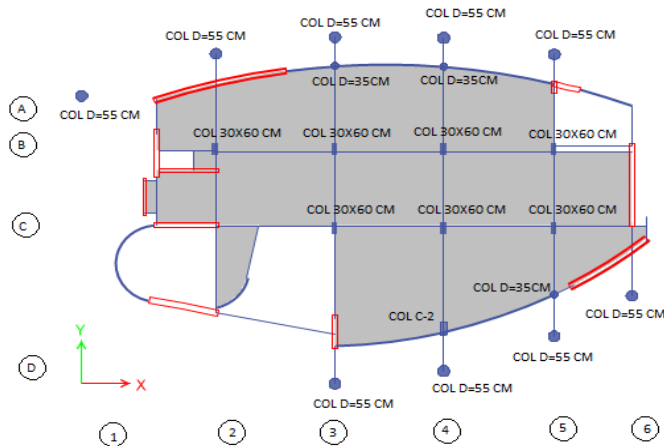
COLUMNA C-3	a
1	30
2	32
3	30
4	32
5	33
6	29
7	30
8	31
9	33
10	30

COL D=35 CM → C-4

NIVEL 1

EJE 4 Y A

COLUMNA C-4	a
1	33
2	35
3	34
4	33
5	34
6	33
7	34
8	33
9	32
10	33



NIVEL 3

EJE 5 Y D

COLUMNA C-4	a
1	33
2	34
3	33
4	34
5	34
6	33
7	34
8	33
9	34
10	32

EJE 4 Y A

COLUMNA C-4	a
1	33
2	33
3	33
4	35
5	34
6	32
7	35
8	34
9	34
10	35

EJE 5 Y D

COLUMNA C-4	a
1	31
2	33
3	33
4	35
5	36
6	35
7	36
8	35
9	35
10	35

NIVEL 5

EJE 4 Y A

COLUMNA C- 4	a
1	33
2	34
3	33
4	30
5	36
6	30
7	32
8	35
9	32
10	38

EJE 5 Y D

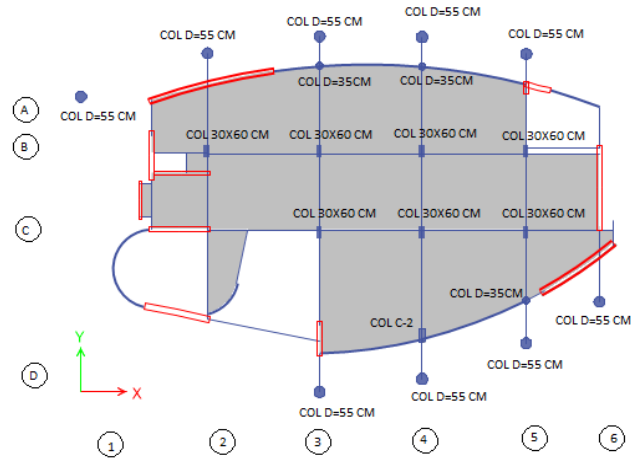
COLUMNA C- 4	a
1	32
2	32
3	33
4	34
5	33
6	34
7	32
8	33
9	34
10	33

COL 30X60 CM → C-1

EJE 3 Y B

NIVEL 1

COLUMNA C- 1	a
1	33
2	33
3	34
4	35
5	35
6	33
7	35
8	32
9	33
10	34



EJE 3 Y C

COLUMNA C- 1	a
1	32
2	33
3	33
4	34
5	33
6	31
7	33
8	31
9	34
10	33

EJE 4 Y B

COLUMNA C- 1	a
1	31
2	35
3	32
4	34
5	33
6	35
7	30
8	31
9	33
10	34

EJE 4 Y C

COLUMNA C- 1	a
1	32
2	31
3	34
4	32
5	32
6	33
7	34
8	31
9	35
10	33

NIVEL 3

EJE 3 Y B

COLUMNA C- 1	a
1	36
2	37
3	33
4	32
5	33
6	37
7	30
8	36
9	32
10	31

EJE 3 Y C

COLUMNA C- 1	a
1	35
2	35
3	34
4	36
5	34
6	34
7	36
8	34
9	33
10	33

EJE 4 Y B

COLUMNA C- 1	a
1	32
2	36
3	34
4	38
5	37
6	33
7	32
8	34
9	32
10	34

EJE 4 Y C

COLUMNA C- 1	a
1	33
2	34
3	33
4	32
5	34
6	32
7	32
8	34

EJE 3 Y B

NIVEL 5

COLUMNA C- 1	a
1	33
2	32
3	32
4	33
5	33
6	34
7	32
8	34

EJE 3 Y C

COLUMNA C- 1	a
1	32
2	35
3	34
4	32
5	34
6	32
7	33
8	33

9	33
10	32

9	34
10	33

9	35
10	32

EJE 4 Y B

COLUMNA C-1	a
1	34
2	32
3	35
4	33
5	32
6	33
7	34
8	33
9	35
10	32

EJE 4 Y C

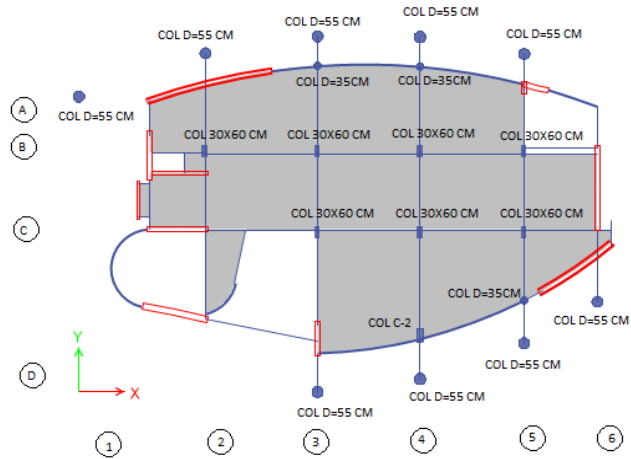
COLUMNA C-1	a
1	33
2	32
3	34
4	33
5	32
6	35
7	34
8	35
9	34
10	35

COL C-2 → C-2

EJE 4

NIVEL 1

COLUMNA C-2	a
1	31
2	33
3	32
4	35
5	30
6	36
7	32
8	34
9	33
10	32



NIVEL 3

EJE 4

COLUMNA C-2	a
1	30
2	30
3	33
4	34
5	33
6	32
7	35
8	37
9	34
10	34

NIVEL 5

EJE 4

COLUMNA C-2	a
1	34
2	32
3	35
4	36
5	31
6	33
7	34
8	31
9	32
10	34

PRIMER NIVEL

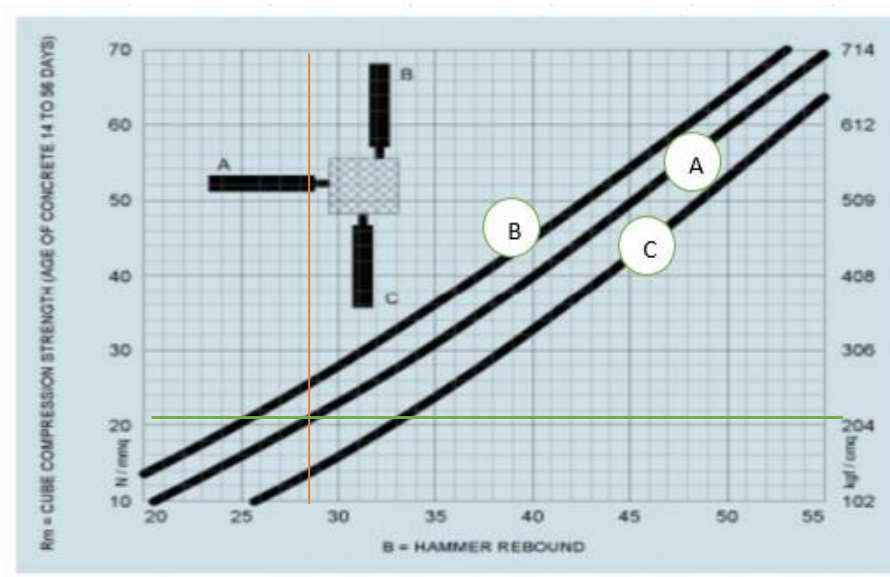
EJE 3 Y A-C3-PISO N1

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	28	28.5	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	21	214.1412	-0.50	ACEPTADO
	2	1	30					1.50	
	3	1	27					-1.50	
	4	1	27					-1.50	
	5	1	30					1.50	
	6	1	28					-0.50	
	7	1	27					-1.50	
	8	1	28					-0.50	
	9	1	31					2.50	
	10	1	29					0.50	
	10					MEDIANA	28		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



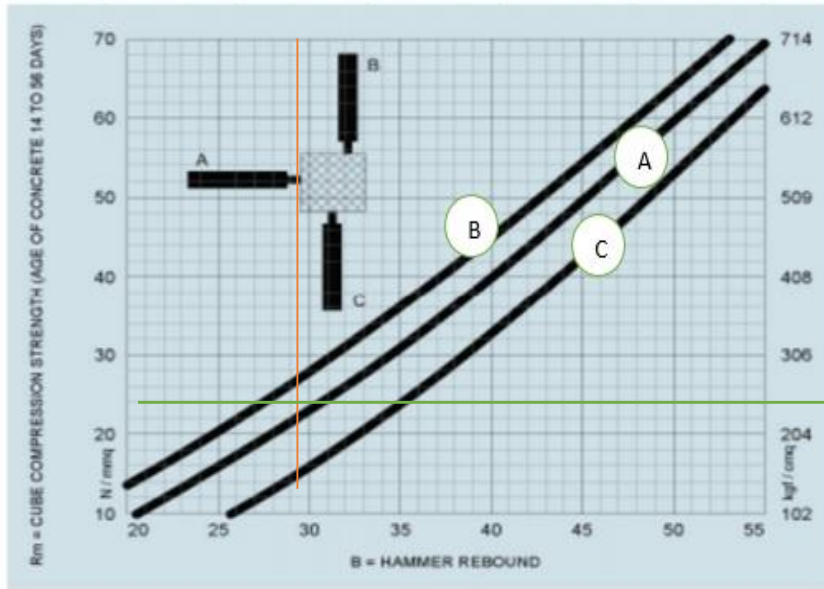
EJE 4 Y A-C3-PISO N1

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	27	28.1	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	21.2	216.18064	-1.50	ACEPTADO
	2	1	30					1.50	
	3	1	24					-4.50	
	4	1	29					0.50	
	5	1	30					1.50	
	6	1	30					1.50	
	7	1	27					-1.50	
	8	1	29					0.50	
	9	1	28					-0.50	
	10	1	27					-1.50	
	10					MEDIANA	28.5		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



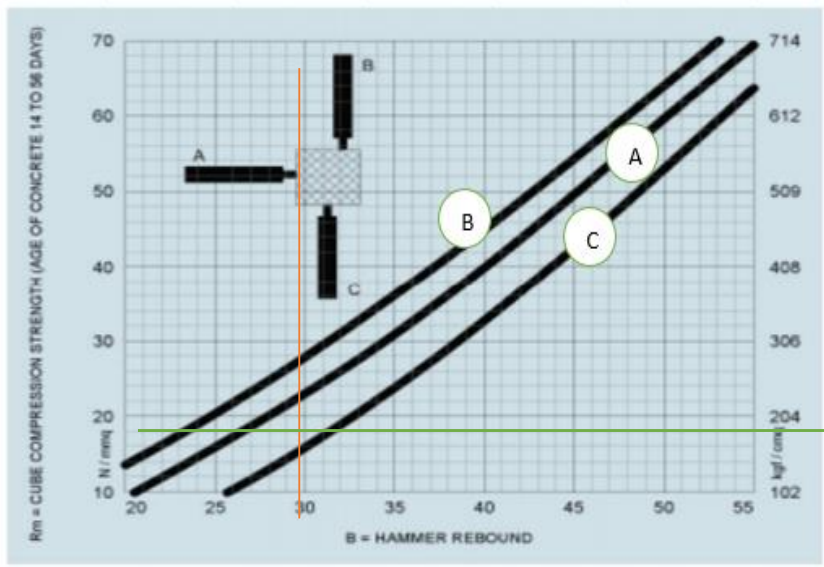
EJE 4 Y D-C3-PISO N1

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	27	28.4	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	21.5	219.2398	-1.50	ACEPTADO
	2	1	30					1.50	
	3	1	24					-4.50	
	4	1	29					0.50	
	5	1	30					1.50	
	6	1	31					2.50	
	7	1	27					-1.50	
	8	1	28					-0.50	
	9	1	28					-0.50	
	10	1	30					1.50	
		10				MEDIANA	28.5		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



EJE 5 Y A-C3-PISO N1

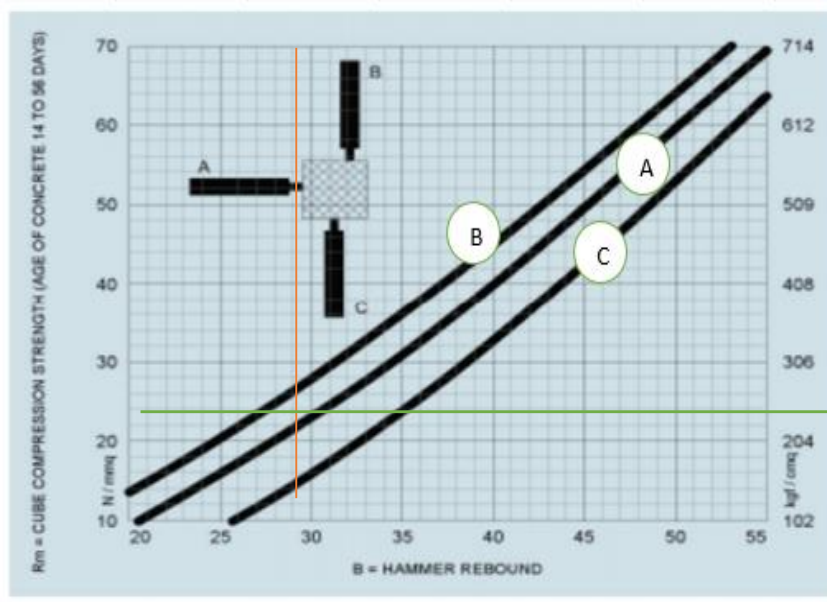
SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO

elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	27	28	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	21	214.1412	-1.50	ACEPTADO
	2	1	29					0.50	
	3	1	27					-1.50	
	4	1	29					0.50	
	5	1	30					1.50	
	6	1	26					-2.50	
	7	1	27					-1.50	
	8	1	28					-0.50	
	9	1	30					1.50	
	10	1	27					-1.50	
		10			MEDIANA	27.5			

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



RESISTENCIA EN COLUMNAS COL D=55 CM

UBIC. DE COLUMNAS	RESISTENCIA FC KG/CM2	PROMEDIO	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
EJE 3 Y A-C3-PISO N1	214.1412	215.92571	-1.01972	ACEPTADO
EJE 4 Y A-C3-PISO N1	216.18064		1.01972	
EJE 4 Y D-C3-PISO N1	219.2398		4.07888	
EJE 5 Y A-C3-PISO N1	214.1412		-1.01972	
			215.16092	

NOTA: PARA ACEPTACION DE ESTA RESISTENCIA EL VALOR QUE DEFIERE EN LA MEDIANA NO DEBE SER MAYO A 10

PRIMER NIVEL

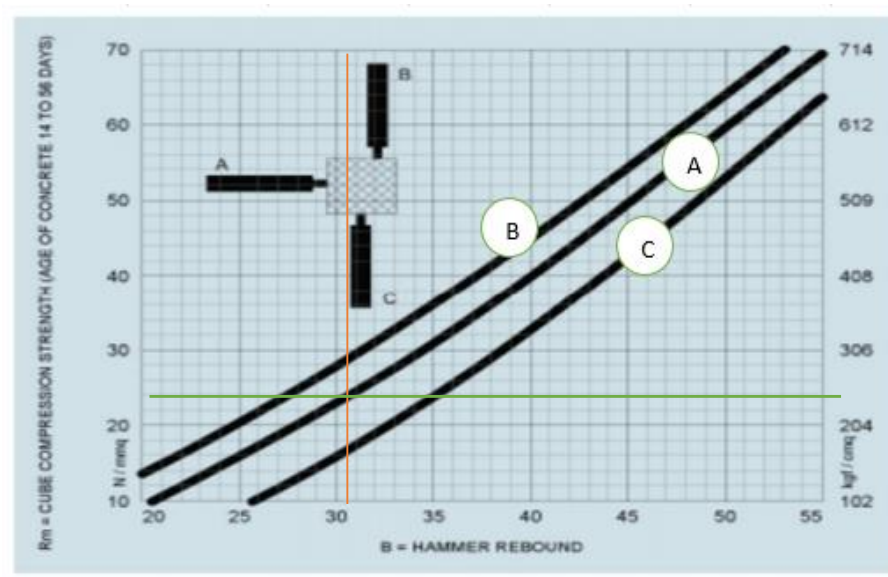
EJE 4 Y A-C4-PISO N1

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	30	30.4	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	24	244.7328	-0.40	ACEPTADO
	2	1	32					1.60	
	3	1	31					0.60	
	4	1	30					-0.40	
	5	1	31					0.60	
	6	1	30					-0.40	
	7	1	31					0.60	
	8	1	30					-0.40	
	9	1	29					-1.40	
	10	1	30					-0.40	
		10			MEDIANA	30			

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



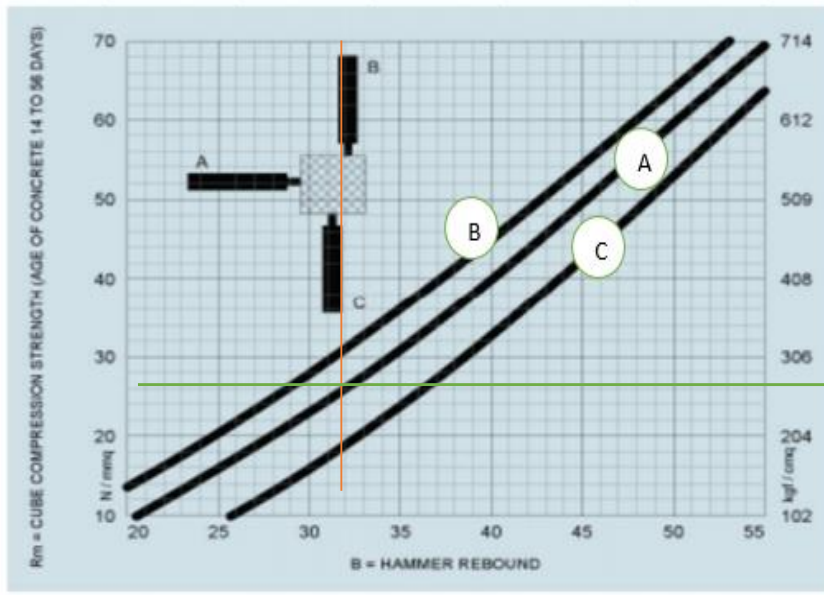
EJE 5 Y D-C4-PISO N1

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	30	30.4	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	24	244.7328	-0.40	ACEPTADO
	2	1	31					0.60	
	3	1	30					-0.40	
	4	1	31					0.60	
	5	1	31					0.60	
	6	1	30					-0.40	
	7	1	31					0.60	
	8	1	30					-0.40	
	9	1	31					0.60	
	10	1	29					-1.40	
		10			MEDIANA	30.5			

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



PERCENTILES

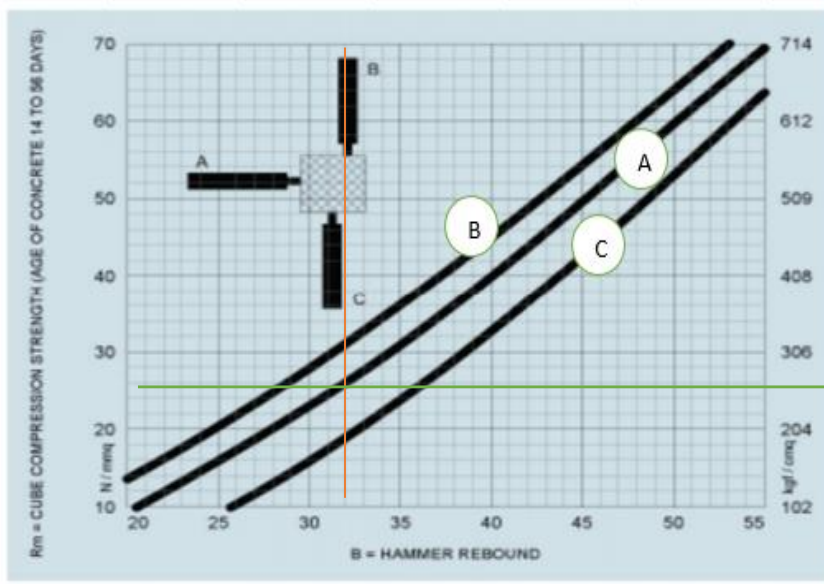
EJE 4 Y A-C4-PISO N3

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	30	30.8	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	24	244.7328	-0.40	ACEPTADO
	2	1	30					-0.40	
	3	1	30					-0.40	
	4	1	32					1.60	
	5	1	31					0.60	
	6	1	29					-1.40	
	7	1	32					1.60	
	8	1	31					0.60	
	9	1	31					0.60	
	10	1	32					1.60	
	10					MEDIANA	31		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



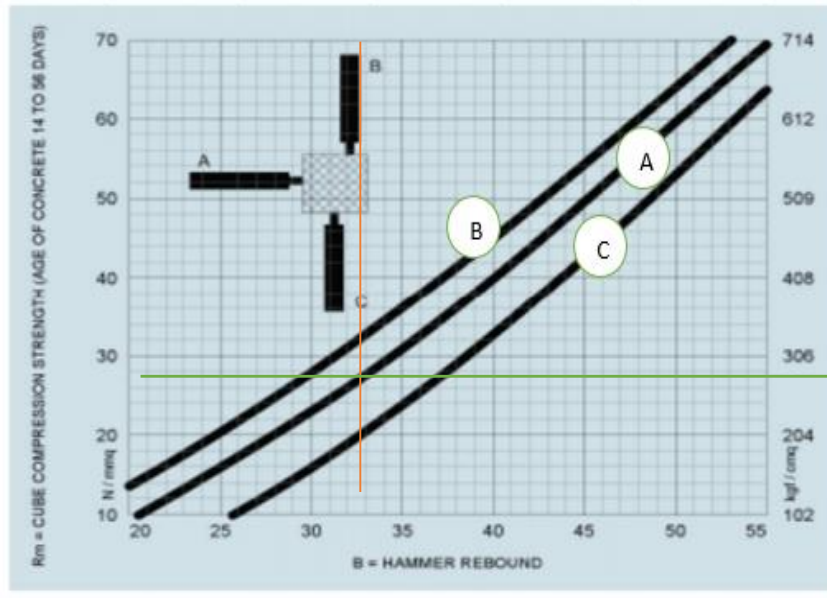
EJE 5 Y D-C4-PISO N3

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	28	31.4	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	25	254.93	-2.40	ACEPTADO
	2	1	30					-0.40	
	3	1	30					-0.40	
	4	1	32					1.60	
	5	1	33					2.60	
	6	1	32					1.60	
	7	1	33					2.60	
	8	1	32					1.60	
	9	1	32					1.60	
	10	1	32					1.60	
	10					MEDIANA	32		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



QUINTO NIVEL

EJE 4 Y A-C4-PISO N5

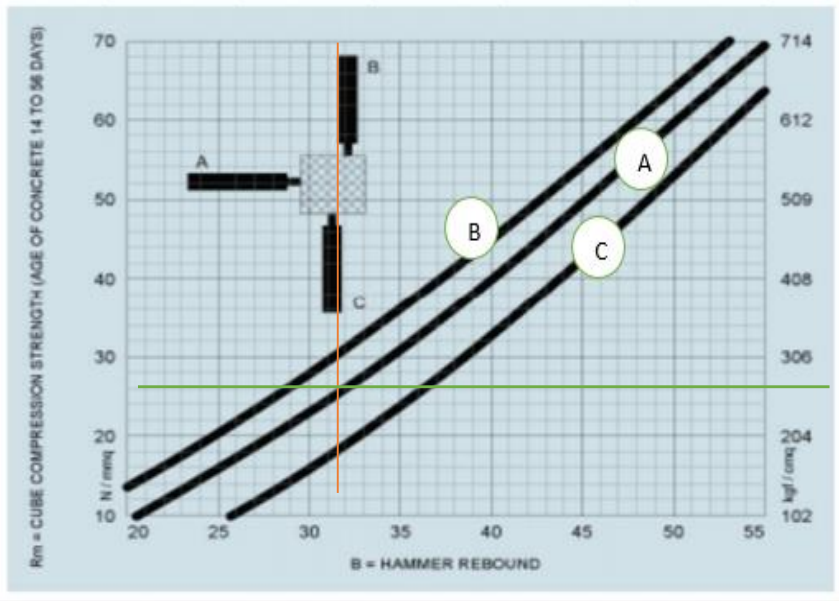
SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	30	30.3	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	23.5	239.6342	-0.40	ACEPTADO
	2	1	31					0.60	
	3	1	30					-0.40	
	4	1	27					-3.40	
	5	1	33					2.60	
	6	1	27					-3.40	
	7	1	29					-1.40	
	8	1	32					1.60	
	9	1	29					-1.40	
	10	1	35					4.60	
	10					MEDIANA	30		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio

- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



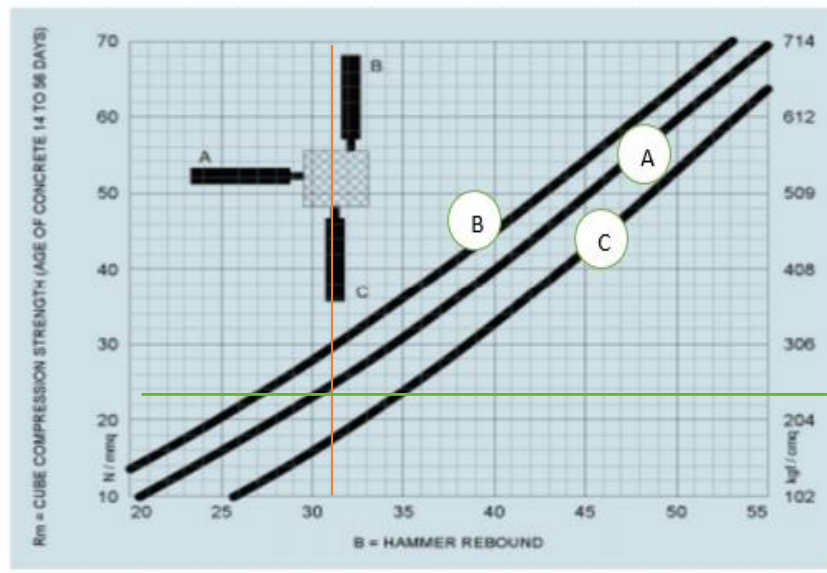
EJE 5 Y D-C4-PISO N5

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	29	30	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	23	234.5356	-1.40	ACEPTADO
	2	1	29					-1.40	
	3	1	30					-0.40	
	4	1	31					0.60	
	5	1	30					-0.40	
	6	1	31					0.60	
	7	1	29					-1.40	
	8	1	30					-0.40	
	9	1	31					0.60	
	10	1	30					-0.40	
		10				MEDIANA	30		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



RESISTENCIA EN COLUMNAS COL D=35 CM

UBIC. DE COLUMNAS	RESISTENCIA FC KG/CM2	PROMEDIO	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
EJE 4 Y A-C4-PISO N1	244.7328		0	ACEPTADO
EJE 5 Y D-C4-PISO N1	244.7328	243.883033	0	
EJE 4 Y A-C4-PISO N3	244.7328		0	
EJE 5 Y D-C4-PISO N3	254.93		10.1972	
EJE 4 Y A-C4-PISO N5	239.6342		-5.0986	
EJE 5 Y D-C4-PISO N5	234.5356		-10.1972	
			244.7328	

NOTA: PARA ACEPTACION DE ESTA RESISTENCIA EL VALOR QUE DEFIERE EN LA MEDIANA NO DEBE SER MAYOR A 10

PRIMER NIVEL

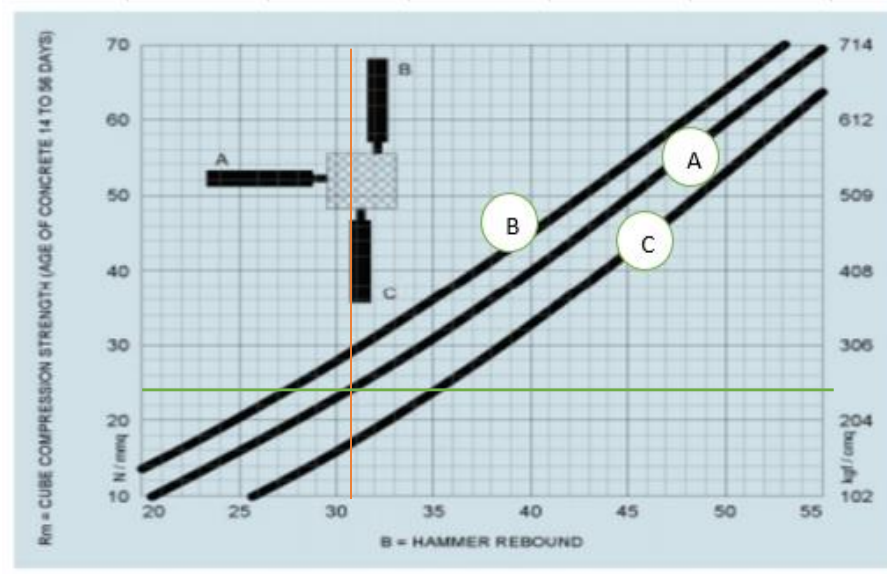
EJE 3 Y B-C1-PISO N1

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	30	30.7	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	24	244.7328	-0.70	ACEPTADO
	2	1	30					-0.70	
	3	1	31					0.30	
	4	1	32					1.30	
	5	1	32					1.30	
	6	1	30					-0.70	
	7	1	32					1.30	
	8	1	29					-1.70	
	9	1	30					-0.70	
	10	1	31					0.30	
		10				MEDIANA	30.5		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



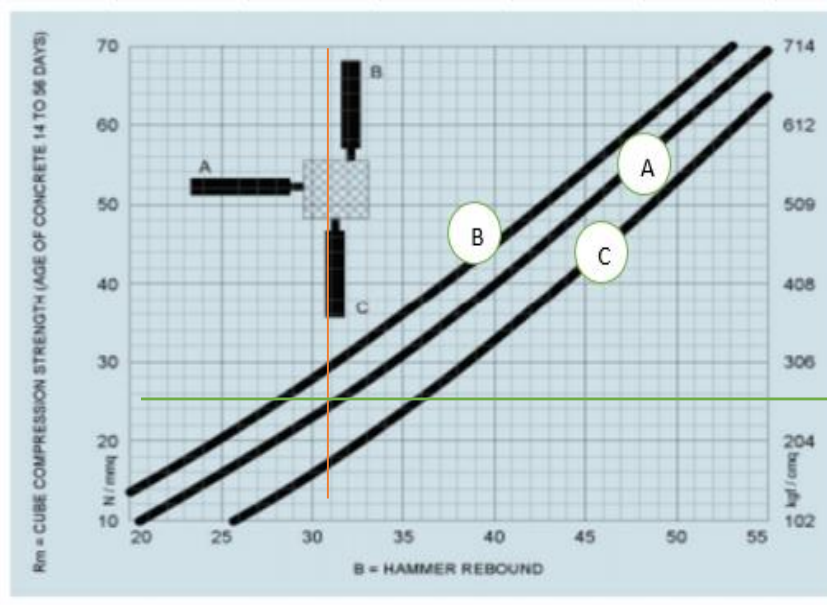
EJE 3 Y C-C1-PISO N1

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	29	29.7	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	23	234.5356	-1.70	ACEPTADO
	2	1	30					-0.70	
	3	1	30					-0.70	
	4	1	31					0.30	
	5	1	30					-0.70	
	6	1	28					-2.70	
	7	1	30					-0.70	
	8	1	28					-2.70	
	9	1	31					0.30	
	10	1	30					-0.70	
		10				MEDIANA	30		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



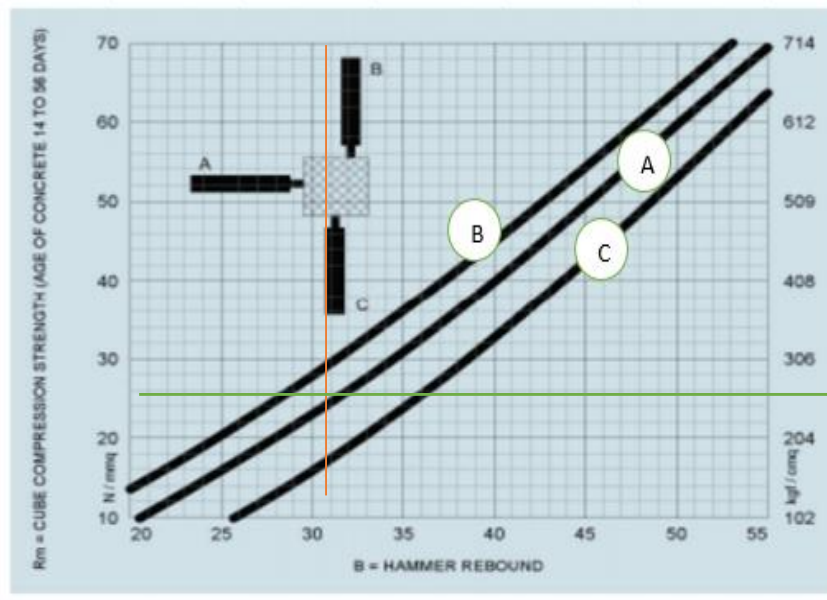
EJE 4 Y B-C1-PISO N1

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	28	29.8	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	23	234.5356	-2.70	ACEPTADO
	2	1	32					1.30	
	3	1	29					-1.70	
	4	1	31					0.30	
	5	1	30					-0.70	
	6	1	32					1.30	
	7	1	27					-3.70	
	8	1	28					-2.70	
	9	1	30					-0.70	
	10	1	31					0.30	
		10				MEDIANA	30		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



EJE 4 Y C-C1-PISO N1

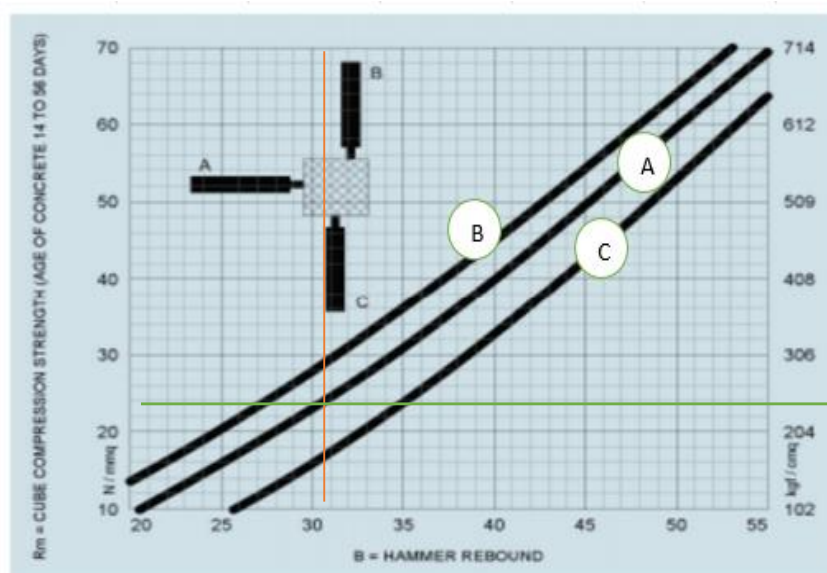
SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO

elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	29	29.7	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	22.5	229.437	-1.70	ACEPTADO
	2	1	28					-2.70	
	3	1	31					0.30	
	4	1	29					-1.70	
	5	1	29					-1.70	
	6	1	30					-0.70	
	7	1	31					0.30	
	8	1	28					-2.70	
	9	1	32					1.30	
	10	1	30					-0.70	
	10				MEDIANA		29.5		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



TERCER NIVEL

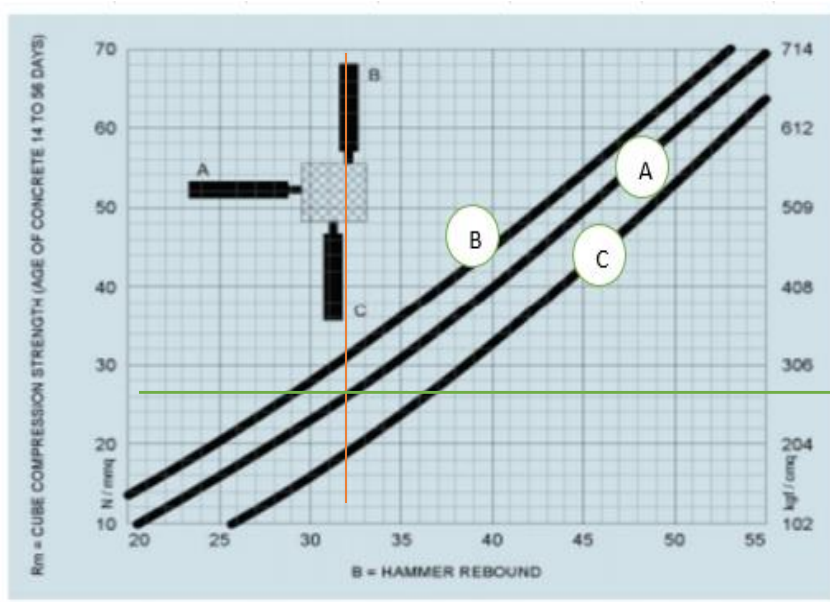
EJE 3 Y B-C1-PISO N3

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	33	30.7	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	24	244.7328	2.30	ACEPTADO
	2	1	34					3.30	
	3	1	30					-0.70	
	4	1	29					-1.70	
	5	1	30					-0.70	
	6	1	34					3.30	
	7	1	27					-3.70	
	8	1	33					2.30	
	9	1	29					-1.70	
	10	1	28					-2.70	
		10				MEDIANA	30		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



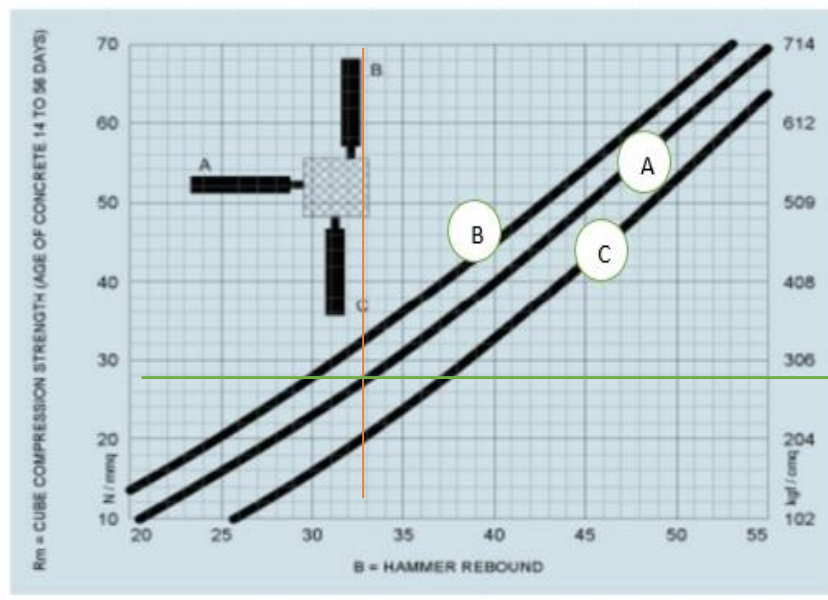
EJE 3 Y C-C1-PISO N3

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	32	31.4	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	25	254.93	1.30	ACEPTADO
	2	1	32					1.30	
	3	1	31					0.30	
	4	1	33					2.30	
	5	1	31					0.30	
	6	1	31					0.30	
	7	1	33					2.30	
	8	1	31					0.30	
	9	1	30					-0.70	
	10	1	30					-0.70	
		10				MEDIANA	31		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



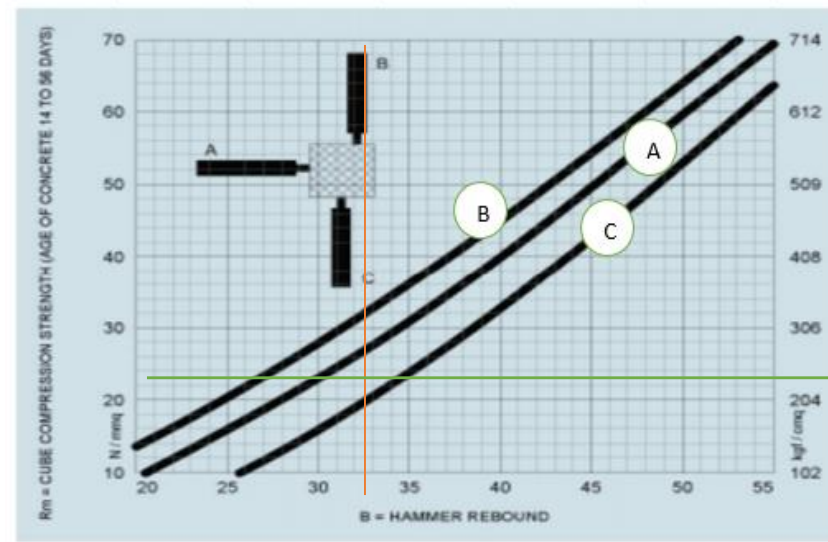
EJE 4 Y B-C1-PISO N3

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	29	31.2	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	25	254.93	-1.70	ACEPTADO
	2	1	33					2.30	
	3	1	31					0.30	
	4	1	35					4.30	
	5	1	34					3.30	
	6	1	30					-0.70	
	7	1	29					-1.70	
	8	1	31					0.30	
	9	1	29					-1.70	
	10	1	31					0.30	
	10				MEDIANA	31			

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



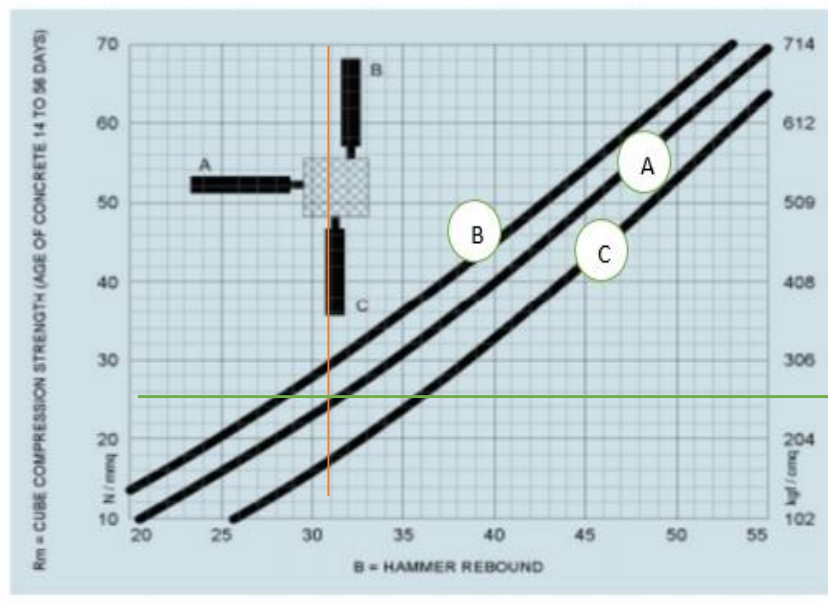
EJE 4 Y C-C1-PISO N3

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	30	29.9	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	22.9	233.51588	-0.70	ACEPTADO
	2	1	31					0.30	
	3	1	30					-0.70	
	4	1	29					-1.70	
	5	1	31					0.30	
	6	1	29					-1.70	
	7	1	29					-1.70	
	8	1	31					0.30	
	9	1	30					-0.70	
	10	1	29					-1.70	
	10					MEDIANA	30		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



QUINTO NIVEL

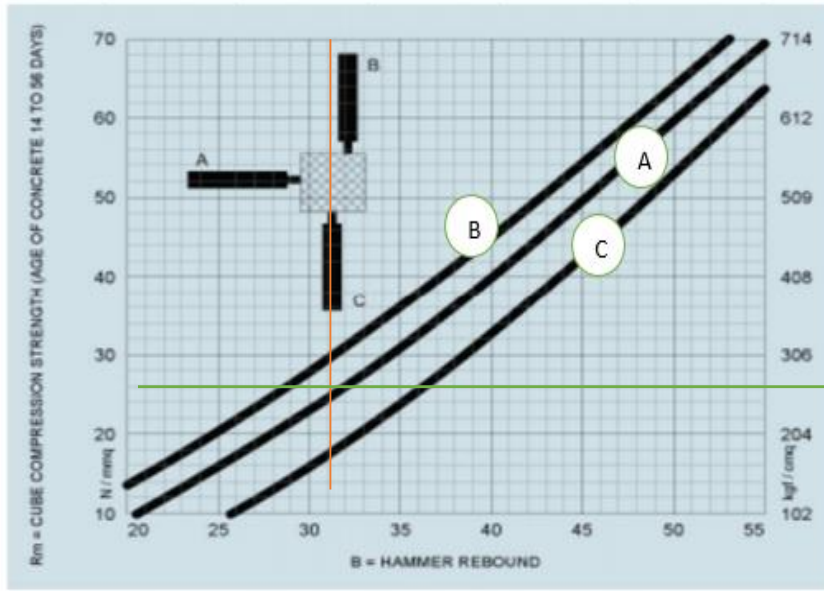
EJE 3 Y B-C1-PISO N5

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	30	30	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	23.4	238.61448	-0.70	ACEPTADO
	2	1	29					-1.70	
	3	1	29					-1.70	
	4	1	30					-0.70	
	5	1	30					-0.70	
	6	1	31					0.30	
	7	1	29					-1.70	
	8	1	31					0.30	
	9	1	31					0.30	
	10	1	30					-0.70	
	10					MEDIANA	30		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



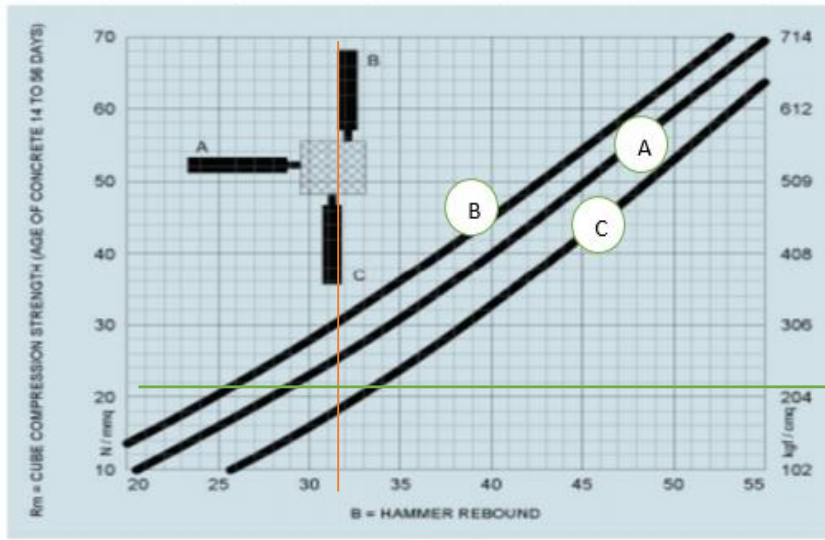
EJE 3 Y C-C1-PISO N5

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	29	30.2	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	23.6	240.65392	-1.70	ACEPTADO
	2	1	32					1.30	
	3	1	31					0.30	
	4	1	29					-1.70	
	5	1	31					0.30	
	6	1	29					-1.70	
	7	1	30					-0.70	
	8	1	30					-0.70	
	9	1	32					1.30	
	10	1	29					-1.70	
		10				MEDIANA	30		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



EJE 4 Y B-C1-PISO N5

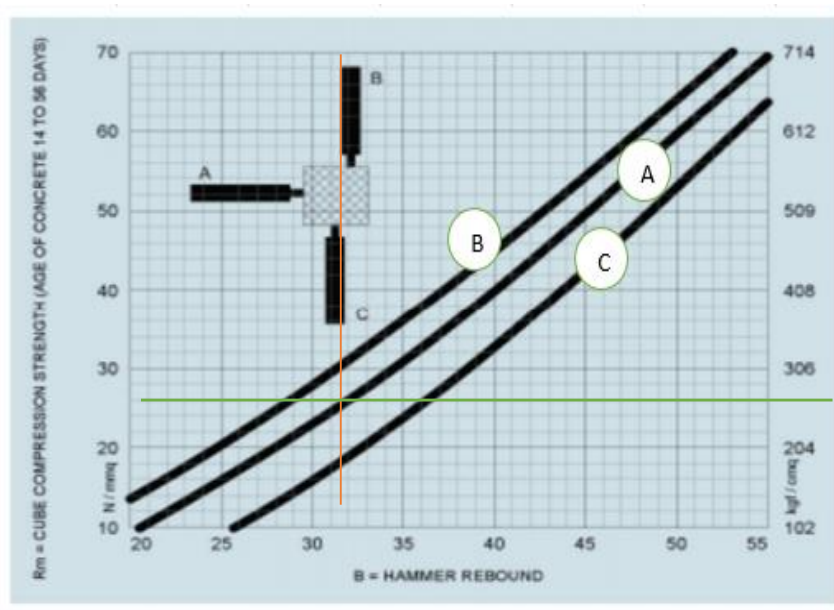
SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO

elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	31	30.3	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	23.5	239.6342	0.30	ACEPTADO
	2	1	29					-1.70	
	3	1	32					1.30	
	4	1	30					-0.70	
	5	1	29					-1.70	
	6	1	30					-0.70	
	7	1	31					0.30	
	8	1	30					-0.70	
	9	1	32					1.30	
	10	1	29					-1.70	
		10			MEDIANA	30			

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



EJE 4 Y C-C1-PISO N5

SENTIDO A

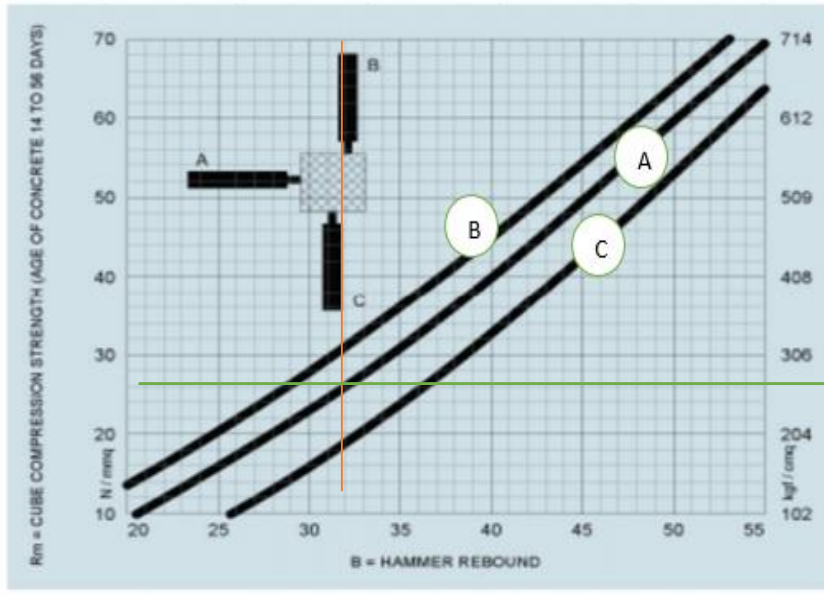
DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO

elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	30	30.7	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	24	244.7328	-0.70	ACEPTADO
	2	1	29					-1.70	
	3	1	31					0.30	
	4	1	30					-0.70	
	5	1	29					-1.70	
	6	1	32					1.30	
	7	1	31					0.30	
	8	1	32					1.30	
	9	1	31					0.30	
	10	1	32					1.30	
		10			MEDIANA	31			

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella

3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



RESISTE

UBIC. DE COLUMNAS	RESISTENCIA FC KG/CM2	PROMEDIO	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
EJE 3 Y B-C1-PISO N1	244.7328		4.58874	ACEPTADO
EJE 3 Y C-C1-PISO N1	234.5356		-5.60846	
EJE 4 Y B-C1-PISO N1	234.5356		-5.60846	
EJE 4 Y C-C1-PISO N1	229.437		-10.70706	
EJE 3 Y B-C1-PISO N3	244.7328		4.58874	
EJE 3 Y C-C1-PISO N3	254.93	241.248757	14.78594	
EJE 4 Y B-C1-PISO N3	254.93		14.78594	
EJE 4 Y C-C1-PISO N3	233.51588		-6.62818	
EJE 3 Y B-C1-PISO N5	238.61448		-1.52958	
EJE 3 Y C-C1-PISO N5	240.65392		0.50986	
EJE 4 Y B-C1-PISO N5	239.6342		-0.50986	
EJE 4 Y C-C1-PISO N5	244.7328		4.58874	
			240.14406	

NOTA: PARA ACEPTACION DE ESTA RESISTENCIA EL VALOR QUE DEFIERE EN LA MEDIANA NO DEBE SER MAYOR A 10

PRIMER NIVEL

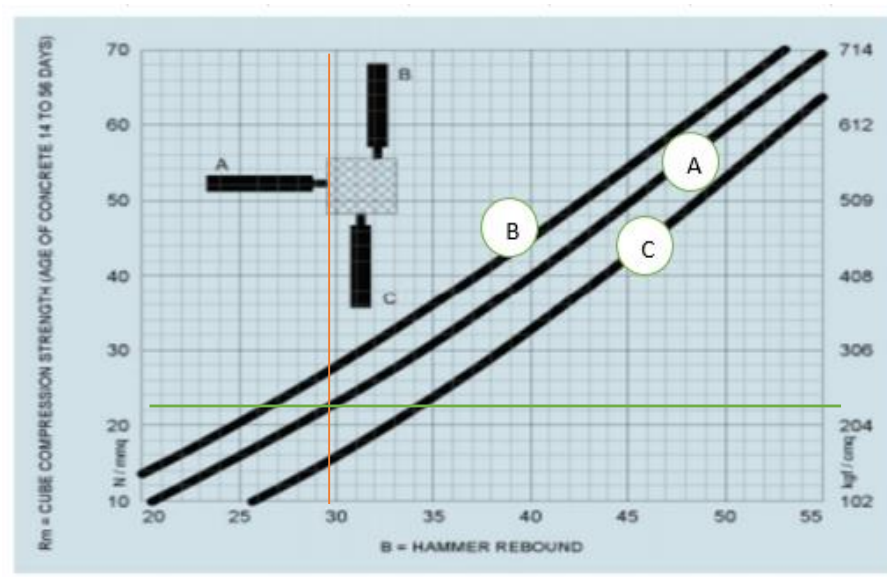
EJE 4-C2-PISO N1

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	28	29.8	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	22.5	229.437	-1.80	ACEPTADO
	2	1	30					0.20	
	3	1	29					-0.80	
	4	1	32					2.20	
	5	1	27					-2.80	
	6	1	33					3.20	
	7	1	29					-0.80	
	8	1	31					1.20	
	9	1	30					0.20	
	10	1	29					-0.80	
	10					MEDIANA	29.5		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



TERCER NIVEL

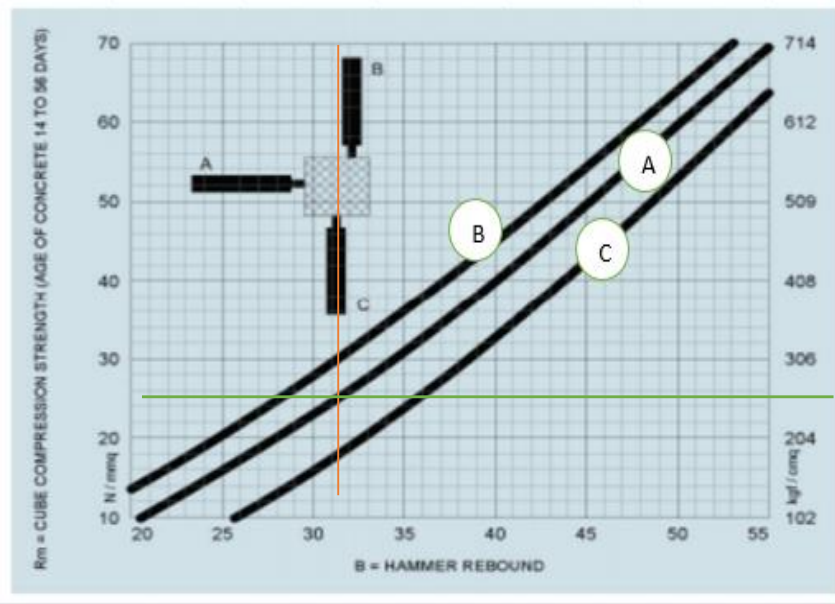
EJE 4 -C2-PISO N3

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	27	30.2	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	23.5	239.6342	-2.80	ACEPTADO
	2	1	27					-2.80	
	3	1	30					0.20	
	4	1	31					1.20	
	5	1	30					0.20	
	6	1	29					-0.80	
	7	1	32					2.20	
	8	1	34					4.20	
	9	1	31					1.20	
	10	1	31					1.20	
	10					MEDIANA	30.5		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



QUINTO NIVEL

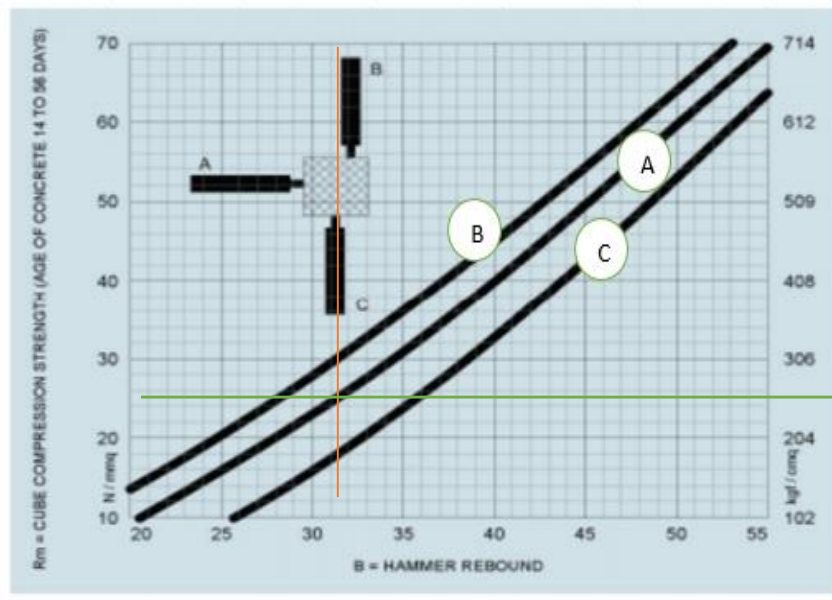
EJE 4-C2-PISO N5

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	31	30.2	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	23.6	240.65392	1.20	ACEPTADO
	2	1	29					-0.80	
	3	1	32					2.20	
	4	1	33					3.20	
	5	1	28					-1.80	
	6	1	30					0.20	
	7	1	31					1.20	
	8	1	28					-1.80	
	9	1	29					-0.80	
	10	1	31					1.20	
	10						MEDIANA	30.5	

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



RESISTENCIA EN COLUMNAS COL D=35 CM

UBIC. DE COLUMNAS	RESISTENCIA FC KG/CM2	PROMEDIO	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
EJE 4-C2-PISO N1	229.437	236.57504	-10.1972	ACEPTADO
EJE 4 -C2-PISO N3	239.6342		0	
EJE 4-C2-PISO N5	240.65392		1.01972	
			239.6342	

NOTA: PARA ACEPTACION DE ESTA RESISTENCIA EL VALOR QUE DEFIERE EN LA MEDIANA NO DEBE SER MAYOR A 10

DATOS DE ENSAYO DE ESCLEROMETRO EN PLACAS

DATOS GENERALES

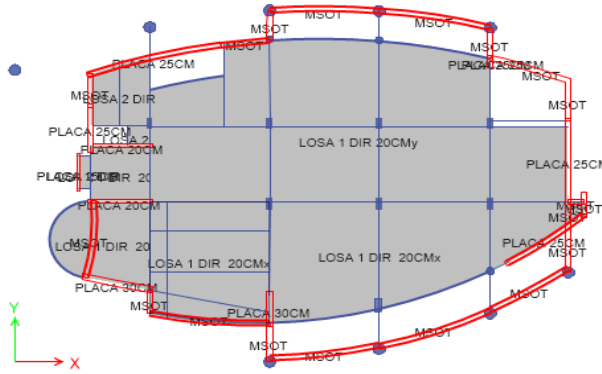
- PLACA 25 CM (3)
- PLACA 30CM (1)
- M SOT (3)
- PLACA 15 CM (1)
- PLACA 20CM (1)

PLACA 25 CM → TRES POR NIVEL

NIVEL 1

PLACA 25 CM (1)

	a
1	32
2	32
3	34
4	34
5	32
6	32
7	32
8	32
9	31
10	33



NIVEL 3

PLACA 25 CM (2)

	a
1	32
2	33
3	33
4	34
5	31
6	32
7	33
8	33
9	34
10	34

PLACA 25 CM (3)

	a
1	33
2	34
3	32
4	32
5	33
6	32
7	33
8	32
9	33
10	32

PLACA 25 CM (1)

	a
1	34
2	34
3	34
4	35
5	34
6	33
7	31
8	34
9	34
10	35

NIVEL 5

PLACA 25 CM (2)

	a
1	32
2	33
3	31
4	32
5	34
6	34
7	32
8	31
9	32
10	34

PLACA 25 CM (3)

	a
1	34
2	35
3	34
4	33
5	34
6	35
7	34
8	32
9	34
10	34

PLACA 25 CM (1)

	a
1	34
2	34
3	34
4	35
5	34
6	33
7	31
8	34
9	34
10	35

PLACA 25 CM (2)

	a
1	33
2	32
3	33
4	33
5	34
6	34
7	32
8	34
9	32
10	32

PLACA 25 CM (3)

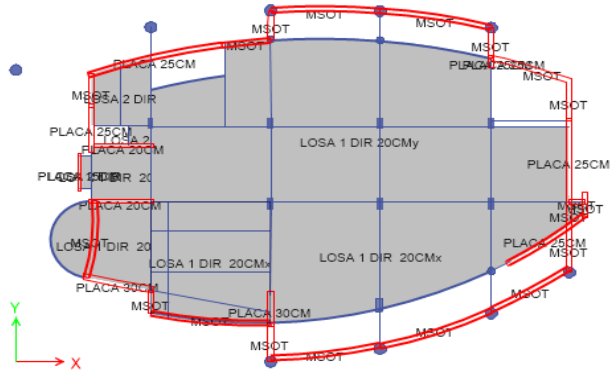
	a
1	35
2	32
3	32
4	31
5	35
6	32
7	30
8	35
9	32
10	30

PLACA 30CM (1) → UNO POR NIVEL

NIVEL 1

PLACA 30CM (1)

	a
1	35
2	34
3	34
4	36
5	34
6	34
7	35
8	36
9	35
10	34



NIVEL 3

PLACA 30CM (1)

	a
1	32
2	33
3	33
4	34
5	34
6	34
7	35
8	34
9	34
10	35

NIVEL 5

PLACA 30CM (1)

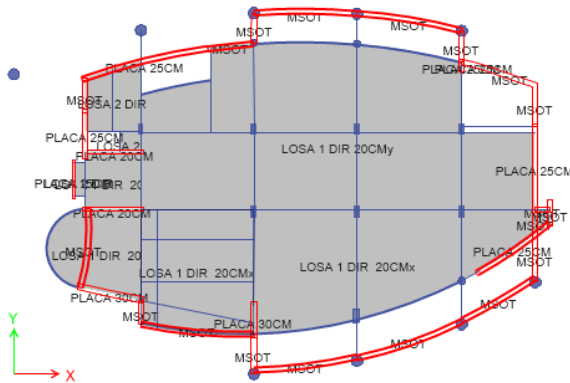
	a
1	33
2	34
3	34
4	33
5	34
6	34
7	33
8	34
9	33
10	33

M SOT (3) → TRES POR NIVEL

NIVEL 1

M SOT(1)

	a
1	33
2	33
3	30
4	33
5	32
6	33
7	32
8	32
9	33
10	33



M SOT (2)

	a
1	30
2	32
3	31
4	32
5	32
6	33
7	32
8	32
9	31
10	31

M SOT (3)

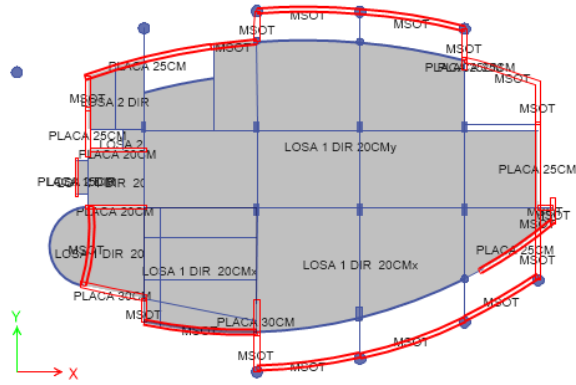
	a
1	32
2	32
3	32
4	28
5	32
6	33
7	33
8	32
9	34
10	33

PLACA 15 CM (1) → UNO POR NIVEL

NIVEL 1

PLACA 15CM (1)

	a
1	30
2	33
3	32
4	35
5	31
6	33
7	34
8	31
9	32
10	34



NIVEL 3

PLACA 15CM (1)

	a
1	34
2	34
3	33
4	35
5	33
6	36
7	33
8	32
9	33
10	35

NIVEL 5

PLACA 15CM (1)

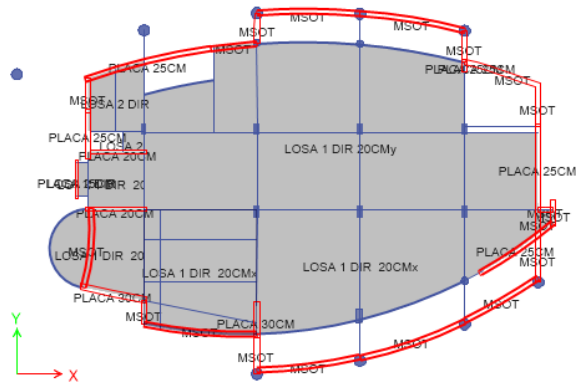
	a
1	34
2	34
3	33
4	36
5	34
6	34
7	35
8	36
9	36
10	33

PLACA 20CM (1) → UNO POR NIVEL

NIVEL 1

PLACA 20CM (1)

	a
1	32
2	31
3	32
4	31
5	30
6	33
7	31
8	32
9	30
10	32



NIVEL 3

PLACA 20CM (1)

	a
1	30
2	31
3	30
4	31
5	33
6	33
7	33
8	30
9	31
10	33

NIVEL 5

PLACA 20CM (1)

	a
1	32
2	33
3	30
4	33
5	34
6	32
7	33
8	34
9	33
10	30

PRIMER NIVEL

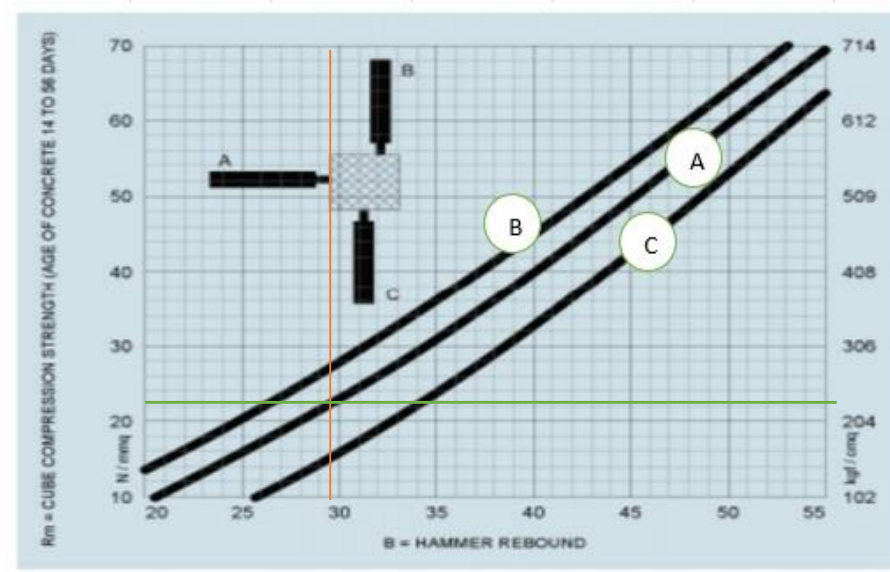
PLACA 25 CM (1)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	29		malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	22.5	229.437	-0.40	ACEPTADO
	2	1	29					-0.40	
	3	1	31					1.60	
	4	1	31					1.60	
	5	1	29	29.4				-0.40	
	6	1	29	-0.40					
	7	1	29	-0.40					
	8	1	29	-0.40					
	9	1	28	-1.40					
	10	1	30	0.60					
		10			MEDIANA	29			

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



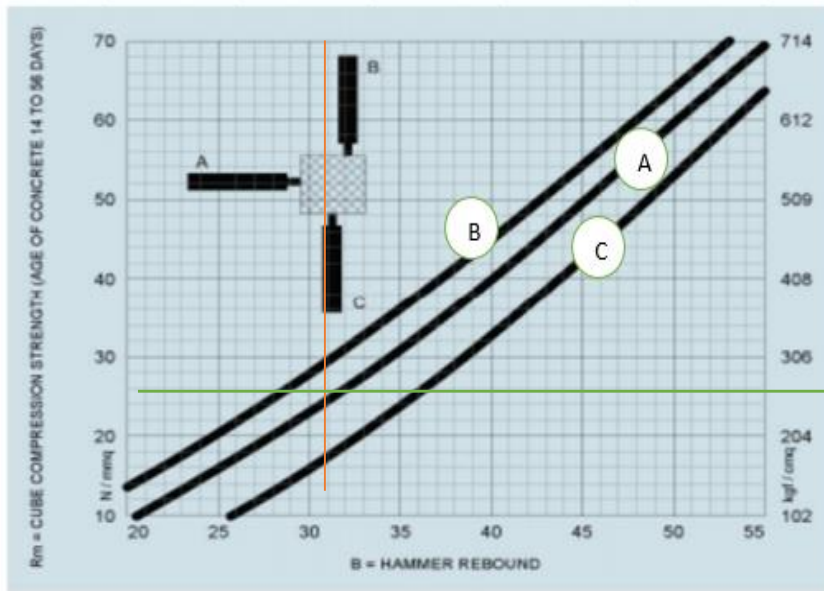
PLACA 25 CM (2)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	29		malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	23	234.5356	-0.40	ACEPTADO
	2	1	30					0.60	
	3	1	30					0.60	
	4	1	31					1.60	
	5	1	28	29.9				-1.40	
	6	1	29	-0.40					
	7	1	30	0.60					
	8	1	30	0.60					
	9	1	31	1.60					
	10	1	31	1.60					
		10			MEDIANA	30			

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



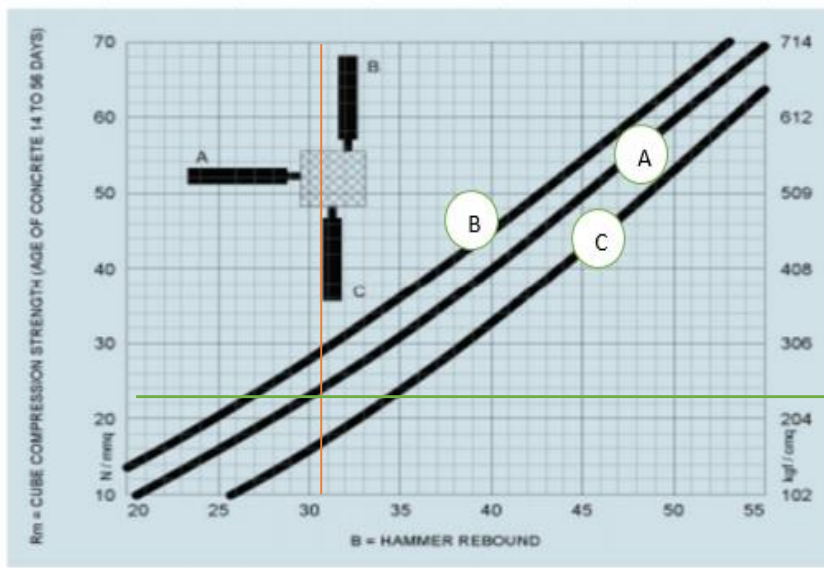
PLACA 25 CM (3)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	30	29.6	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	22.7	231.47644	0.60	ACEPTADO
	2	1	31					1.60	
	3	1	29					-0.40	
	4	1	29					-0.40	
	5	1	30					0.60	
	6	1	29					-0.40	
	7	1	30					0.60	
	8	1	29					-0.40	
	9	1	30					0.60	
	10	1	29					-0.40	
		10					MEDIANA	29.5	

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



TERCER NIVEL

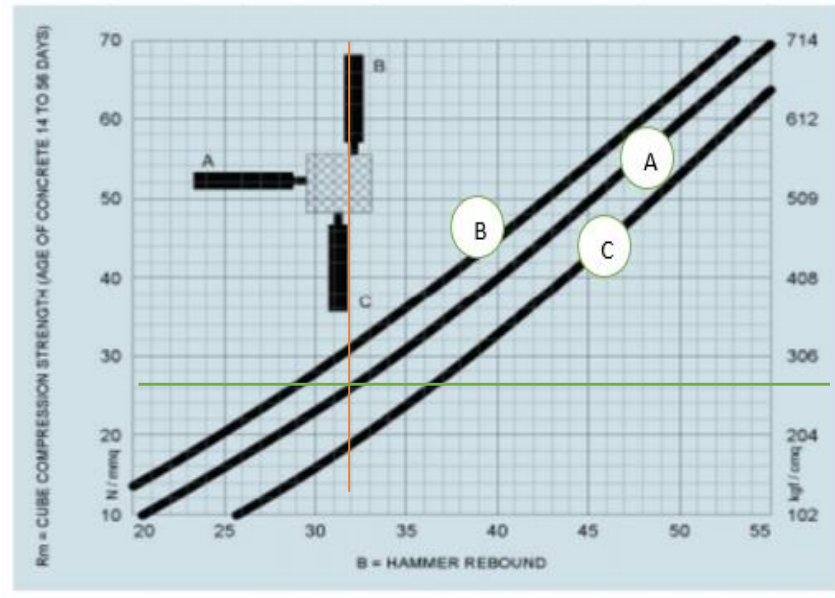
PLACA 25 CM (1)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	31	30.8	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	23.6	240.65392	1.60	ACEPTADO
	2	1	31					1.60	
	3	1	31					1.60	
	4	1	32					2.60	
	5	1	31					1.60	
	6	1	30					-1.40	
	7	1	28					1.60	
	8	1	31					1.60	
	9	1	31					2.60	
	10	1	32					1.60	
		10	MEDIANA				31		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



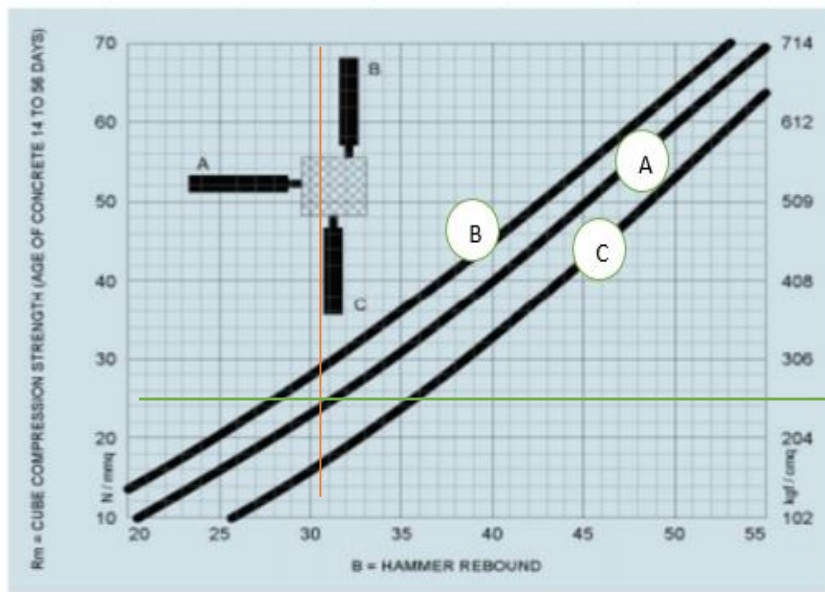
PLACA 25 CM (2)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	29	29.5	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	22.3	227.39756	-0.40	ACEPTADO
	2	1	30					0.60	
	3	1	28					-1.40	
	4	1	29					-0.40	
	5	1	31					1.60	
	6	1	31					1.60	
	7	1	29					-0.40	
	8	1	28					-1.40	
	9	1	29					-0.40	
	10	1	31					1.60	
		10	MEDIANA				29		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



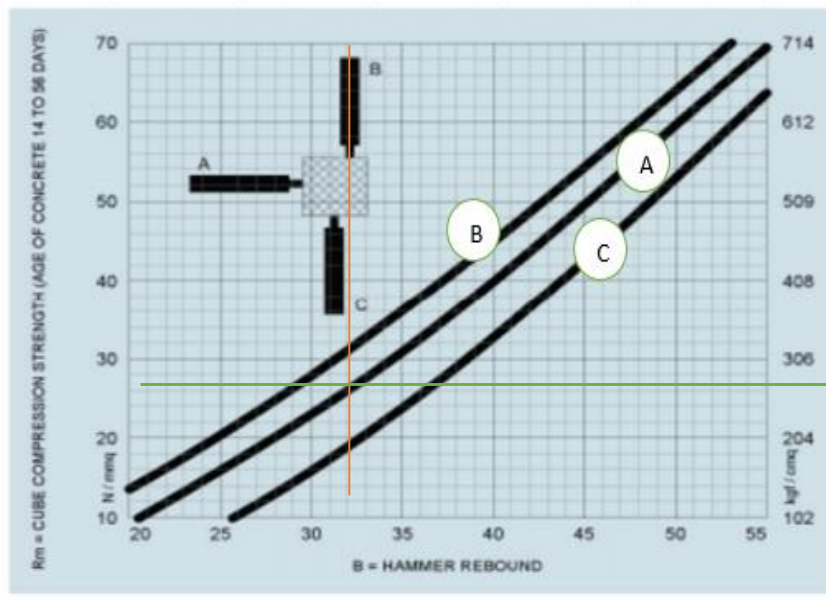
PLACA 25 CM (3)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	31	30.9	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	24	244.7328	1.60	ACEPTADO
	2	1	32					2.60	
	3	1	31					1.60	
	4	1	30					0.60	
	5	1	31					1.60	
	6	1	32					2.60	
	7	1	31					1.60	
	8	1	29					-0.40	
	9	1	31					1.60	
	10	1	31					1.60	
		10				MEDIANA	31		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



QUINTO NIVEL

PLACA 25 CM (1)

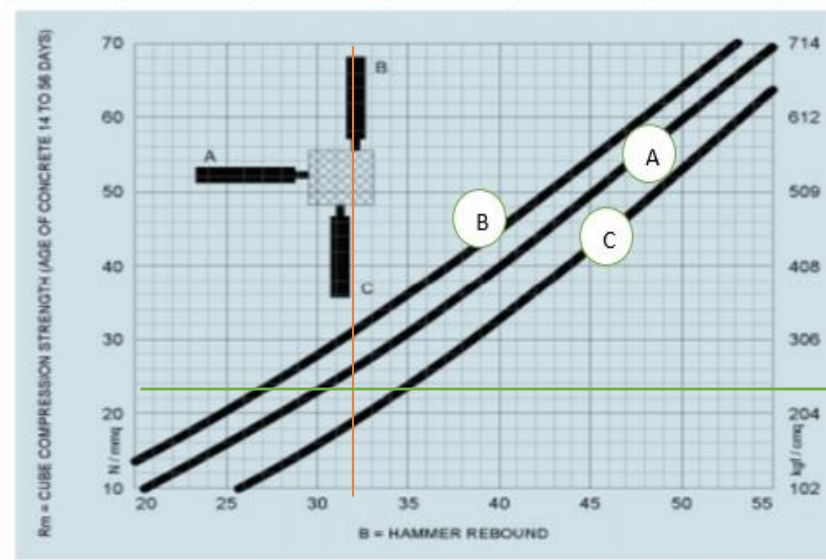
SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO

elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	31	30.8	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	23.6	240.65392	1.60	ACEPTADO
	2	1	31					1.60	
	3	1	31					1.60	
	4	1	32					2.60	
	5	1	31					1.60	
	6	1	30					-1.40	
	7	1	28					1.60	
	8	1	31					1.60	
	9	1	31					2.60	
	10	1	32					2.60	
	10					MEDIANA	31		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



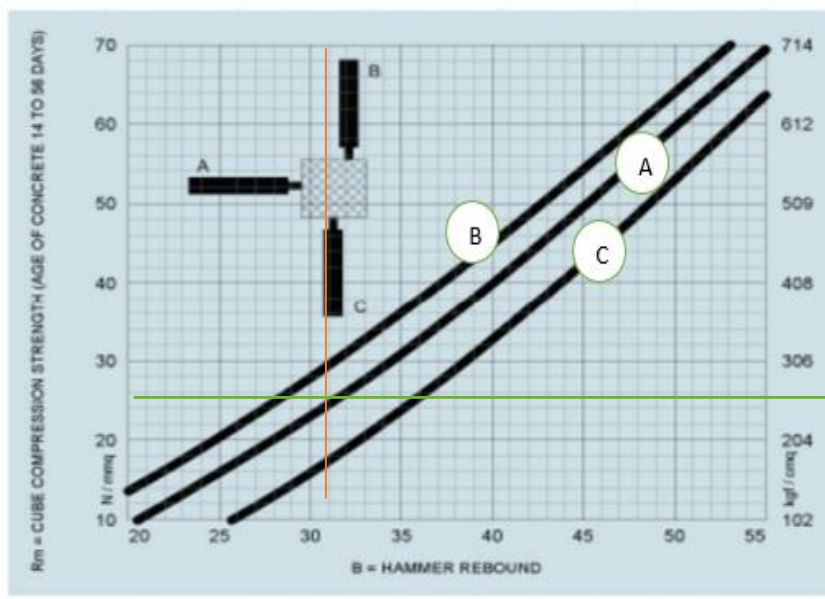
PLACA 25 CM (2)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	30	29.9	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	22.8	232.49616	0.60	ACEPTADO
	2	1	29					-0.40	
	3	1	30					0.60	
	4	1	30					0.60	
	5	1	31					1.60	
	6	1	31					1.60	
	7	1	29					-0.40	
	8	1	31					1.60	
	9	1	29					-0.40	
	10	1	29					-0.40	
	10					MEDIANA	30		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



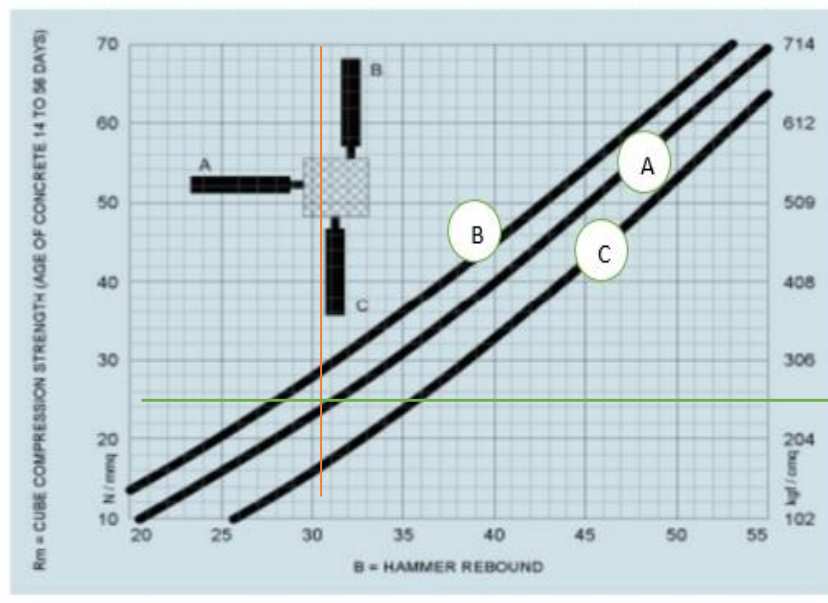
PLACA 25 CM (3)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	32	29.4	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	22.2	226.37784	2.60	ACEPTADO
	2	1	29					-0.40	
	3	1	29					-0.40	
	4	1	28					-1.40	
	5	1	32					2.60	
	6	1	29					-0.40	
	7	1	27					-2.40	
	8	1	32					2.60	
	9	1	29					-0.40	
	10	1	27					-2.40	
	10					MEDIANA	29		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



RESISTENCIA EN PLACAS 25 CM

UBIC. DE PLACAS	RESISTENCIA FC KG/CM2	PROMEDIO	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
PLACA 25 CM (1)	229.437	234.195693	-3.05916	ACEPTADO
PLACA 25 CM (2)	234.5356		2.03944	
PLACA 25 CM (3)	231.47644		-1.01972	
PLACA 25 CM (1)	240.65392		8.15776	
PLACA 25 CM (2)	227.39756		-5.0986	
PLACA 25 CM (3)	244.7328		12.23664	
PLACA 25 CM (1)	240.65392		8.15776	
PLACA 25 CM (2)	232.49616		0	
PLACA 25 CM (3)	226.37784		-6.11832	
			232.49616	

NOTA: PARA ACEPTACION DE ESTA RESISTENCIA EL VALOR QUE DEFIERE EN LA MEDIANA NO DEBE SER MAYOR A 10

PRIMER NIVEL

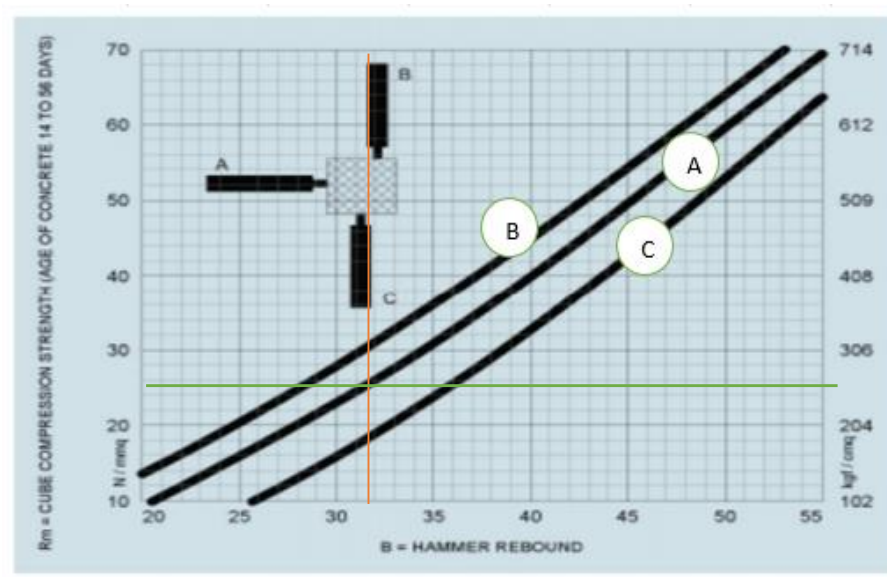
PLACA 30CM (1)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	32	31.7	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	25	254.93	0.30	ACEPTADO
	2	1	31					-0.70	
	3	1	31					-0.70	
	4	1	33					1.30	
	5	1	31					-0.70	
	6	1	31					0.30	
	7	1	32					1.30	
	8	1	33					0.30	
	9	1	32					-0.70	
	10	1	31					0.30	
		10				MEDIANA	31.5		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



TERCER NIVEL

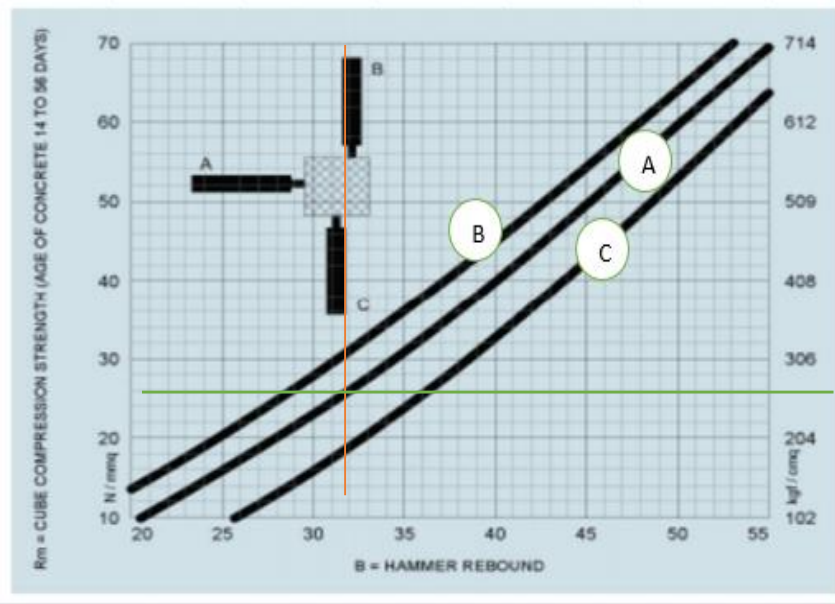
PLACA 30CM (1)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	29	30.8	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	24.2	246.77224	-2.70	ACEPTADO
	2	1	30					-1.70	
	3	1	30					-1.70	
	4	1	31					-0.70	
	5	1	31					-0.70	
	6	1	31					-0.70	
	7	1	32					0.30	
	8	1	31					-0.70	
	9	1	31					-0.70	
	10	1	32					0.30	
		10				MEDIANA	31		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



QUINTO NIVEL

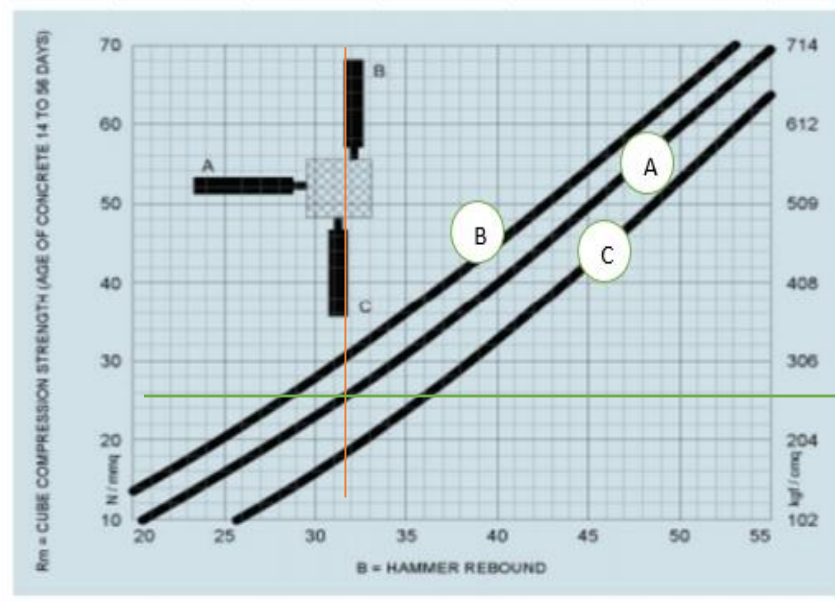
PLACA 30CM (1)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	30	30.5	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	23.9	243.71308	-1.70	ACEPTADO
	2	1	31					-0.70	
	3	1	31					-0.70	
	4	1	30					-1.70	
	5	1	31					-0.70	
	6	1	31					-0.70	
	7	1	30					-1.70	
	8	1	31					-0.70	
	9	1	30					-1.70	
	10	1	30					-1.70	
		10				MEDIANA	30.5		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



RESISTENCIA EN PLACAS 30CM

UBIC. DE PLACAS	RESISTENCIA FC KG/CM2	PROMEDIO	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
PRIMER NIVEL				
PLACA 30CM (1)	254.93		8.15776	ACEPTADO
PLACA 30CM (1)	246.77224	248.471773	0	
PLACA 30CM (1)	243.71308		-3.05916	
			246.77224	

NOTA: PARA ACEPTACION DE ESTA RESISTENCIA EL VALOR QUE DEFIERE EN LA MEDIANA NO DEBE SER MAYOR A 10

PRIMER NIVEL

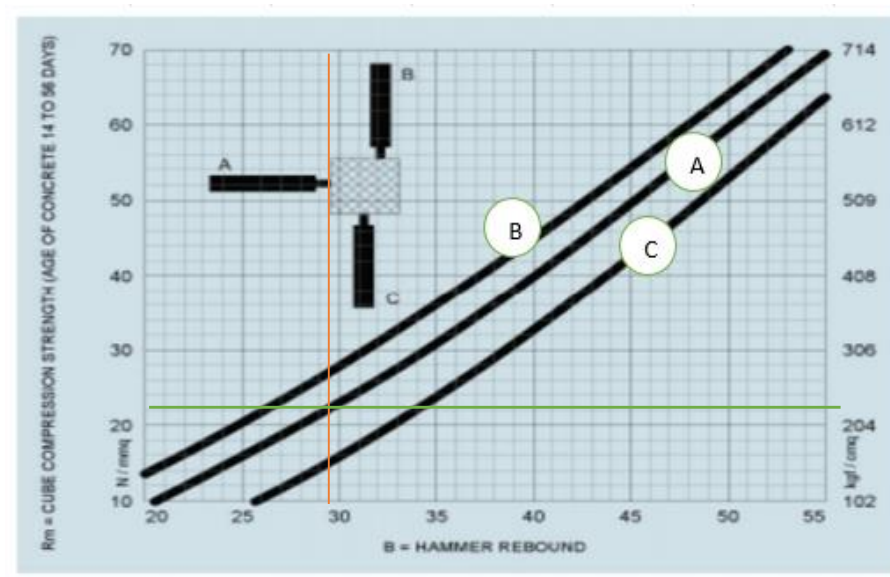
M SOT(1)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	30	29.4	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	22.3	227.39756	0.60	ACEPTADO
	2	1	30					0.60	
	3	1	27					-2.40	
	4	1	30					0.60	
	5	1	29					-0.40	
	6	1	30					0.60	
	7	1	29					-0.40	
	8	1	29					-0.40	
	9	1	30					0.60	
	10	1	30					0.60	
	10					MEDIANA	30		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio |
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



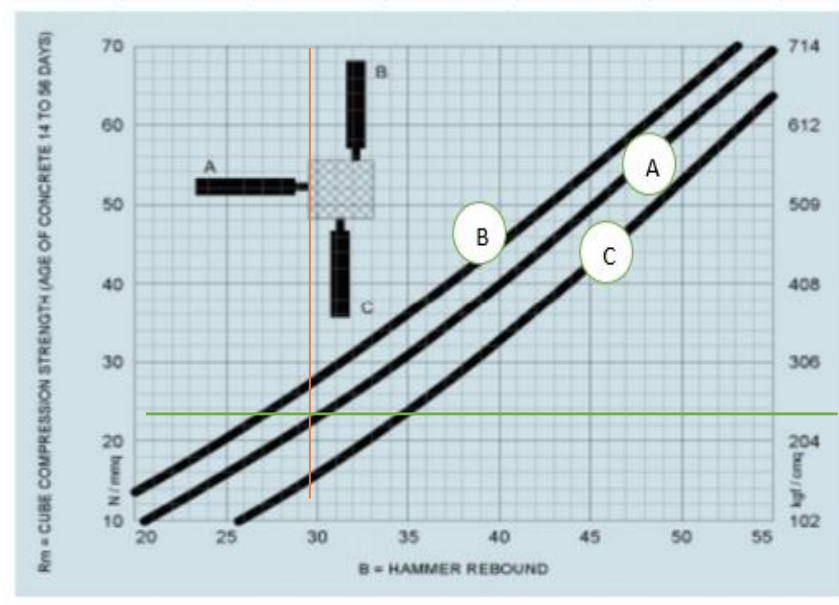
M SOT (2)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	27	28.6	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	21.9	223.31868	-2.40	ACEPTADO
	2	1	29					-0.40	
	3	1	28					-1.40	
	4	1	29					-0.40	
	5	1	29					-0.40	
	6	1	30					0.60	
	7	1	29					-0.40	
	8	1	29					-0.40	
	9	1	28					-1.40	
	10	1	28					-1.40	
	10					MEDIANA	29		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



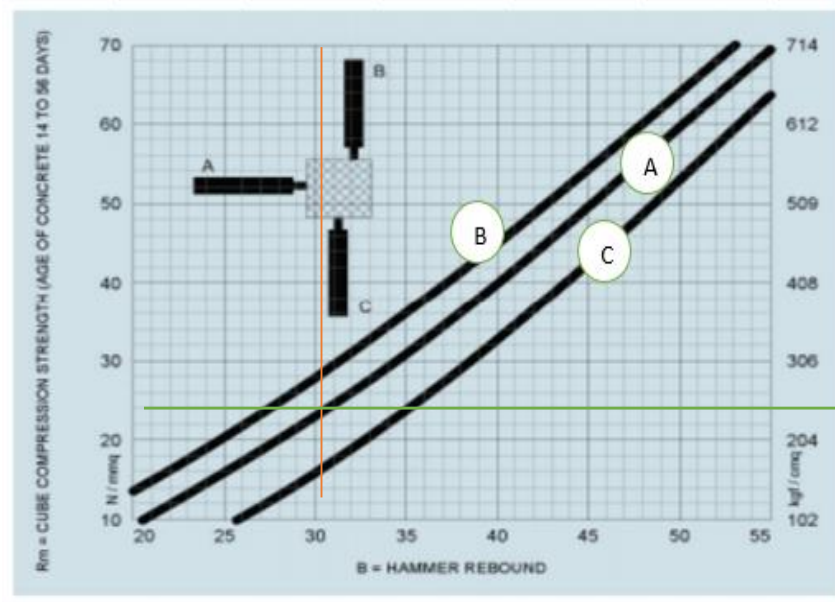
M SOT (3)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	29	29.1	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	22	224.3384	-0.40	ACEPTADO
	2	1	29					-0.40	
	3	1	29					-0.40	
	4	1	25					-4.40	
	5	1	29					-0.40	
	6	1	30					0.60	
	7	1	30					0.60	
	8	1	29					-0.40	
	9	1	31					1.60	
	10	1	30					0.60	
	10						MEDIANA	29	

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



RESISTENCIA EN PLACA MSOT

UBIC. DE PLACAS		RESISTENCIA FC KG/CM2	PROMEDIO	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
PRIMER NIVEL					
M SOT(1)		227.39756		3.05916	ACEPTADO
M SOT (2)		223.31868	225.018213	-1.01972	
M SOT (3)		224.3384		0	
				224.3384	

NOTA: PARA ACEPTACION DE ESTA RESISTENCIA EL VALOR QUE DEFIERE EN LA MEDIANA NO DEBE SER MAYOR A 10

PRIMER NIVEL

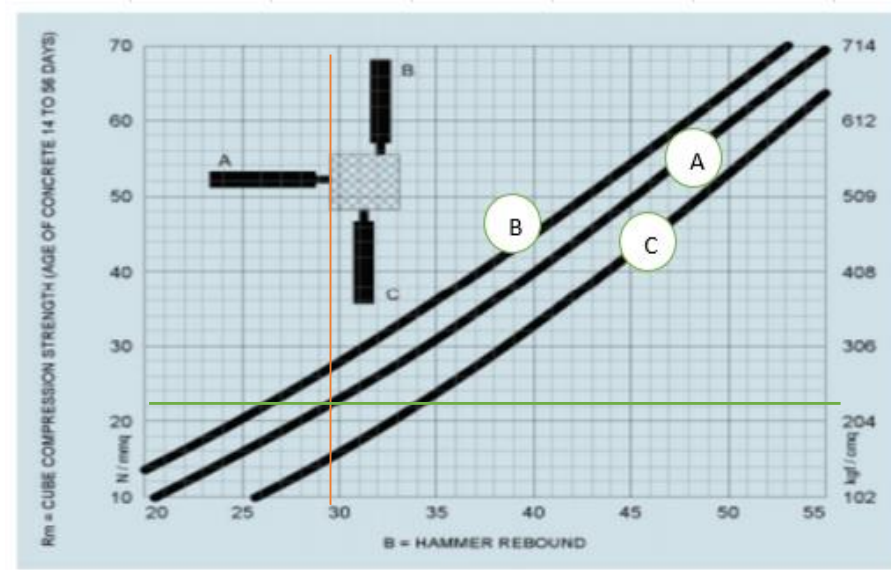
PLACA 15CM (1)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	27	29.5	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	23	234.5356	-2.50	ACEPTADO
	2	1	30					0.50	
	3	1	29					-0.50	
	4	1	32					2.50	
	5	1	28					-1.50	
	6	1	30					0.50	
	7	1	31					1.50	
	8	1	28					-1.50	
	9	1	29					-0.50	
	10	1	31					1.50	
		10			MEDIANA	29.5			

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



TERCER NIVEL

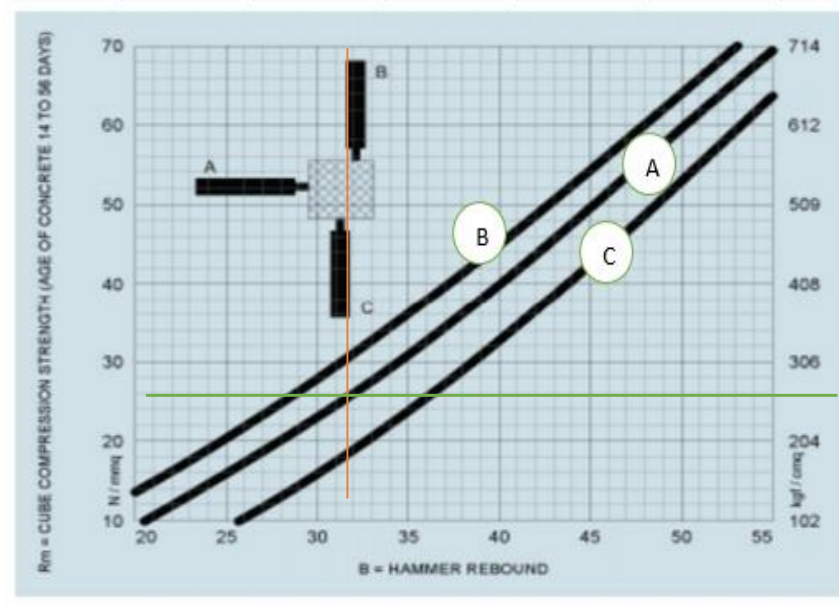
PLACA 15CM (1)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	31	30.8	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	24	244.7328	1.50	ACEPTADO
	2	1	31					1.50	
	3	1	30					0.50	
	4	1	32					2.50	
	5	1	30					0.50	
	6	1	33					3.50	
	7	1	30					0.50	
	8	1	29					-0.50	
	9	1	30					0.50	
	10	1	32					2.50	
		10			MEDIANA	30.5			

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



QUINTO NIVEL

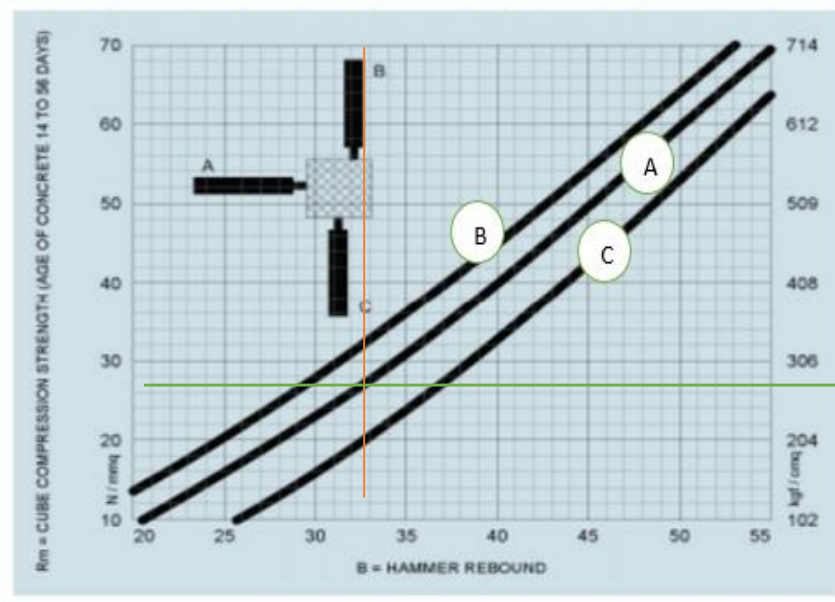
PLACA 15CM (1)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	31	31.5	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	25	254.93	1.50	ACEPTADO
	2	1	31					1.50	
	3	1	30					0.50	
	4	1	33					3.50	
	5	1	31					1.50	
	6	1	31					1.50	
	7	1	32					2.50	
	8	1	33					3.50	
	9	1	33					3.50	
	10	1	30					0.50	
		10				MEDIANA	31		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



RESISTENCIA EN PLACAS 15 CM

UBIC. DE PLACAS	RESISTENCIA FC KG/CM2	PROMEDIO	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
PRIMER NIVEL				
PLACA 15CM (1)	234.5356		-10.1972	ACEPTADO
PLACA 15CM (1)	244.7328	244.7328	0	
PLACA 15CM (1)	254.93		10.1972	
			244.7328	

NOTA: PARA ACEPTACION DE ESTA RESISTENCIA EL VALOR QUE DEFIERE EN LA MEDIANA NO DEBE SER MAYOR A 10

PRIMER NIVEL

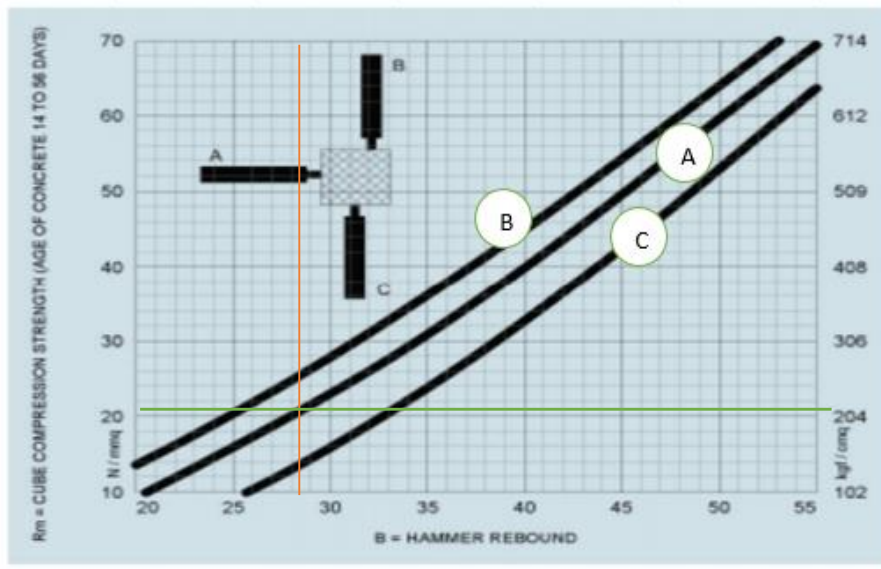
PLACA 20CM (1)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	29	28.4	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	21	214.1412	0.60	ACEPTADO
	2	1	28					-0.40	
	3	1	29					0.60	
	4	1	28					-0.40	
	5	1	27					-1.40	
	6	1	30					1.60	
	7	1	28					-0.40	
	8	1	29					0.60	
	9	1	27					-1.40	
	10	1	29					0.60	
		10			MEDIANA	28.5			

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



TERCER NIVEL

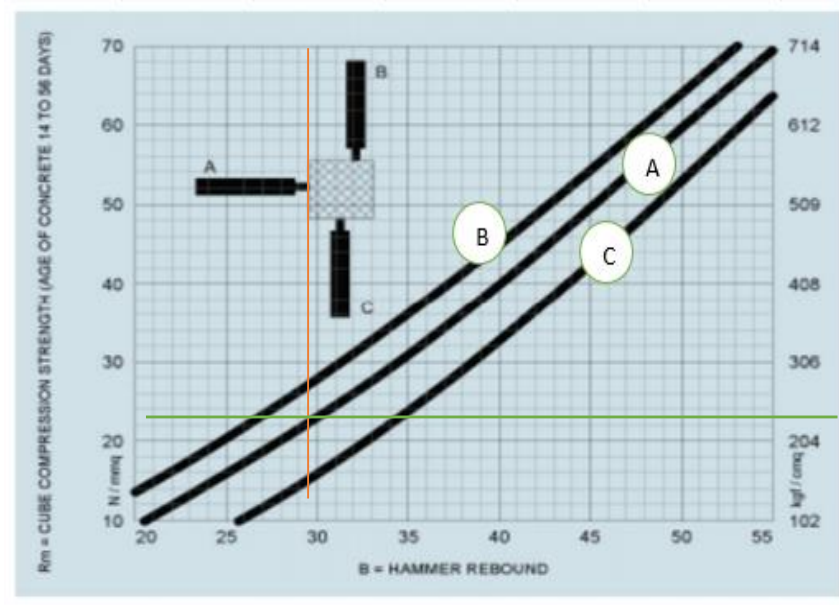
PLACA 20CM (1)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	27	28.5	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	21.5	219.2398	-1.40	ACEPTADO
	2	1	28					-0.40	
	3	1	27					-1.40	
	4	1	28					-0.40	
	5	1	30					1.60	
	6	1	30					1.60	
	7	1	30					1.60	
	8	1	27					-1.40	
	9	1	28					-0.40	
	10	1	30					1.60	
		10			MEDIANA	28			

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



QUINTO NIVEL

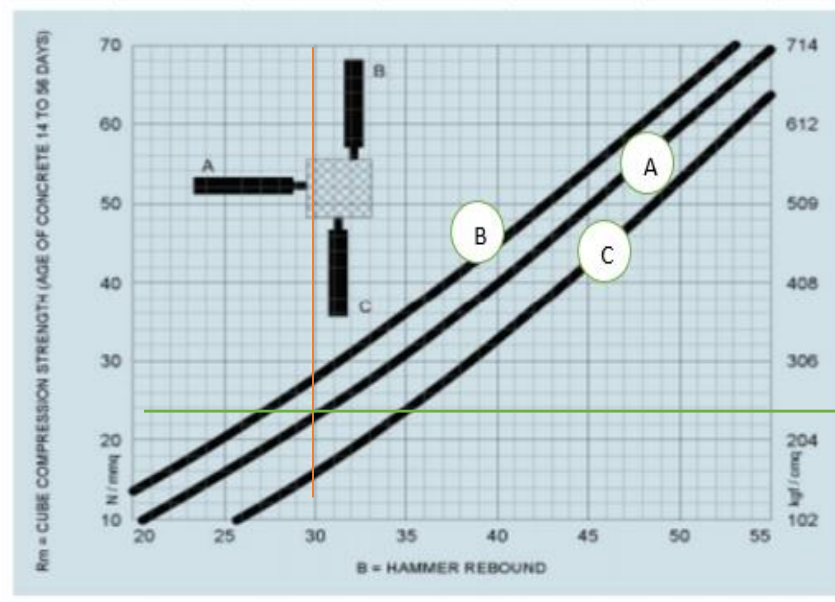
PLACA 20CM (1)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	29	29.4	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	22	224.3384	0.60	ACEPTADO
	2	1	30					1.60	
	3	1	27					-1.40	
	4	1	30					1.60	
	5	1	31					2.60	
	6	1	29					0.60	
	7	1	30					1.60	
	8	1	31					2.60	
	9	1	30					1.60	
	10	1	27					-1.40	
		10				MEDIANA	30		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



RESISTENCIA EN PLACAS 20CM

UBIC. DE COLUMNAS	RESISTENCIA FC KG/CM2	PROMEDIO	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
PRIMER NIVEL				ACEPTADO
PLACA 20CM (1)	214.1412		-5.0986	
PLACA 20CM (1)	219.2398	219.2398	0	
PLACA 20CM (1)	224.3384		5.0986	
			219.2398	

NOTA: PARA ACEPTACION DE ESTA RESISTENCIA EL VALOR QUE DEFIERE EN LA MEDIANA NO DEBE SER MAYOR A 10

DATOS DE ENSAYO DE ESCLEROMETRO EN VIGAS

DATOS GENERALES

V-30X50

V-25X50

V-30X50 → POR ESTUDIO SOLO LATERALES

NIVEL 1

V-30X50 (1)

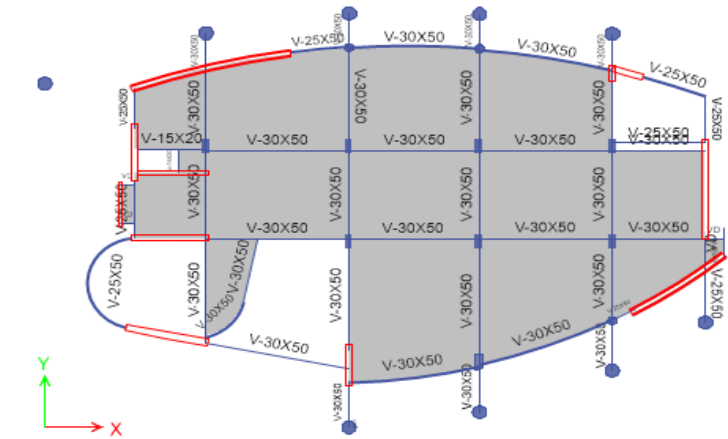
	a
1	34
2	35
3	35
4	35
5	34
6	35
7	34
8	32
9	33
10	34

V-30X50 (2)

	a
1	33
2	33
3	35
4	30
5	34
6	33
7	34
8	33
9	30
10	34

V-30X50 (5)

	a
1	32
2	32
3	34
4	32
5	33
6	33
7	32
8	34
9	32
10	33



V-30X50 (3)

	a
1	32
2	34
3	32
4	32
5	34
6	32
7	34
8	32
9	33
10	32

V-30X50 (4)

	a
1	34
2	34
3	34
4	35
5	34
6	33
7	31
8	34
9	34
10	35

V-30X50 (6)

	a
1	34
2	35
3	33
4	35
5	34
6	35
7	34
8	32
9	35
10	34

V-25X50 → POR ESTUDIO SOLO LATERALES

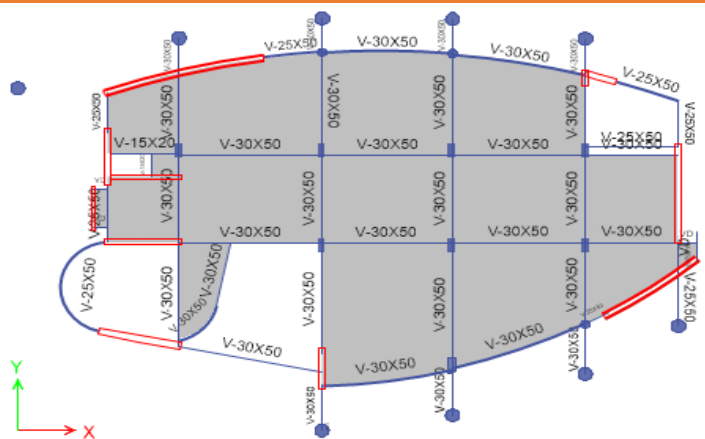
NIVEL 1

V-25X50 (1)

	a
1	34
2	34
3	34
4	35
5	34
6	33
7	31
8	34
9	34
10	35

V-25X50 (1)

	a
1	35
2	34
3	33
4	35
5	34
6	33
7	35
8	35
9	36
10	35



PRIMER NIVEL

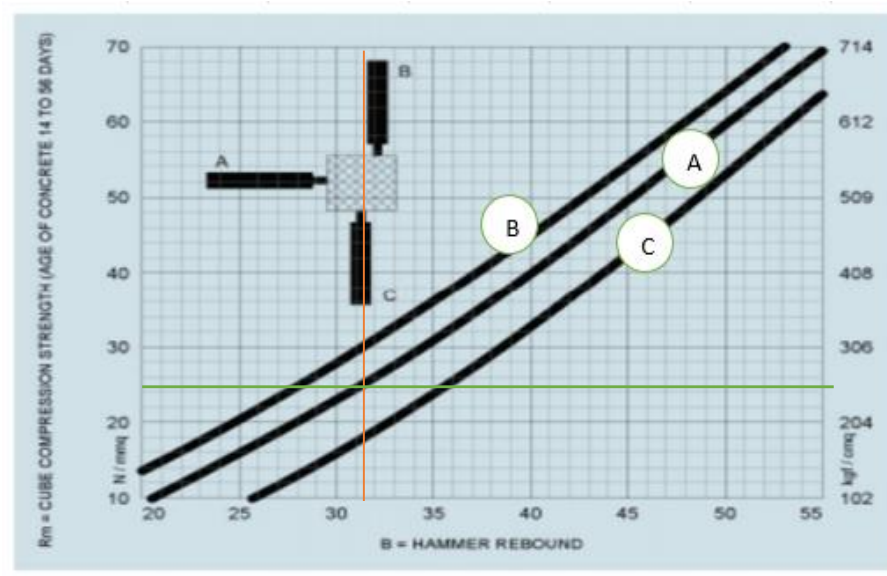
V-30X50 (1)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	31	31.1	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	25	254.93	-0.10	ACEPTADO
	2	1	32					0.90	
	3	1	32					0.90	
	4	1	32					0.90	
	5	1	31					-0.10	
	6	1	32					0.90	
	7	1	31					-0.10	
	8	1	29					-2.10	
	9	1	30					-1.10	
	10	1	31					-0.10	
		10				MEDIANA	31		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



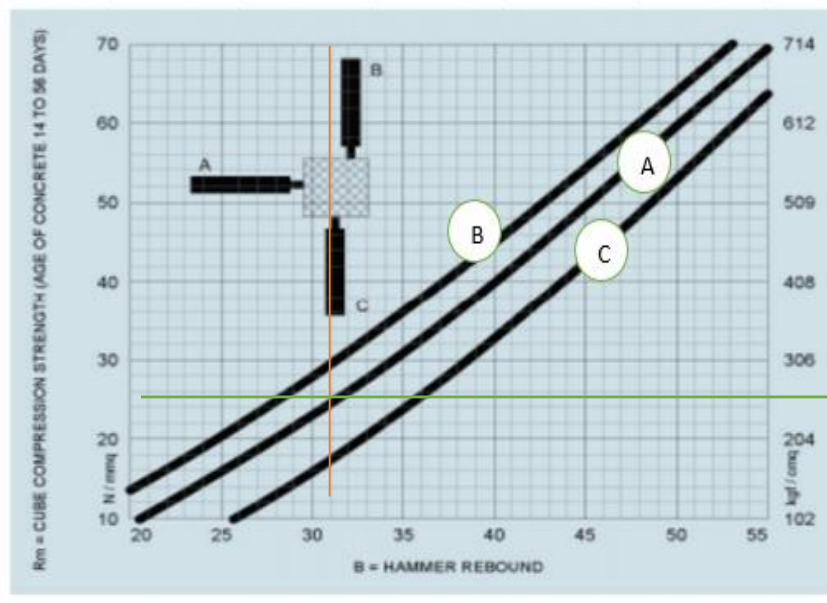
V-30X50 (2)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	30	29.9	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	23	234.5356	-1.10	ACEPTADO
	2	1	30					-1.10	
	3	1	32					0.90	
	4	1	27					-4.10	
	5	1	31					-0.10	
	6	1	30					-1.10	
	7	1	31					-0.10	
	8	1	30					-1.10	
	9	1	27					-4.10	
	10	1	31					-0.10	
		10				MEDIANA	30		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



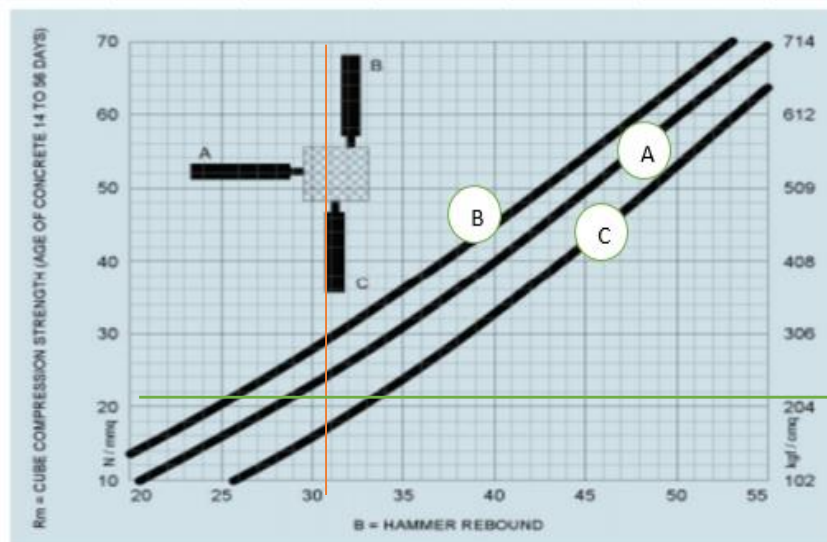
V-30X50 (3)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	29	29.7	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	22.5	229.437	-2.10	ACEPTADO
	2	1	31					-0.10	
	3	1	29					-2.10	
	4	1	29					-2.10	
	5	1	31					-0.10	
	6	1	29					-2.10	
	7	1	31					-0.10	
	8	1	29					-2.10	
	9	1	30					-1.10	
	10	1	29					-2.10	
		10				MEDIANA	29		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



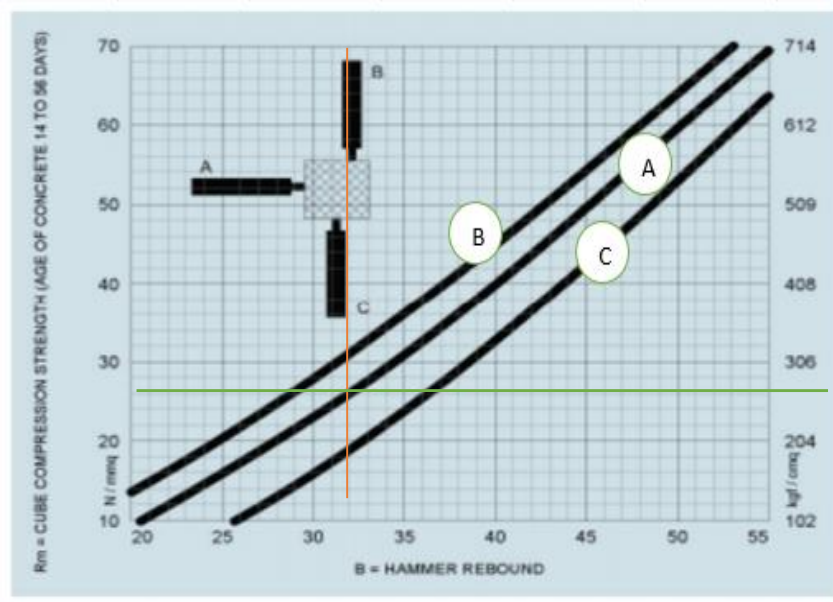
V-30X50 (4)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	31	30.8	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	23.6	240.65392	-0.10	ACEPTADO
	2	1	31					-0.10	
	3	1	31					-0.10	
	4	1	32					0.90	
	5	1	31					-0.10	
	6	1	30					-1.10	
	7	1	28					-3.10	
	8	1	31					-0.10	
	9	1	31					-0.10	
	10	1	32					0.90	
		10				MEDIANA	31		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



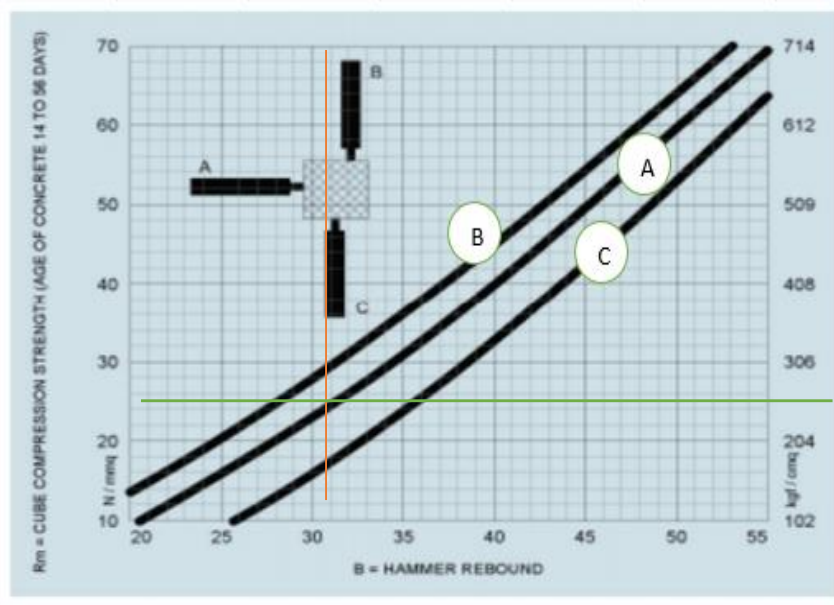
V-30X50 (5)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	29	29.7	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	23	234.5356	-2.10	ACEPTADO
	2	1	29					-2.10	
	3	1	31					-0.10	
	4	1	29					-2.10	
	5	1	30					-1.10	
	6	1	30					-1.10	
	7	1	29					-2.10	
	8	1	31					-0.10	
	9	1	29					-2.10	
	10	1	30					-1.10	
		10				MEDIANA	29.5		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



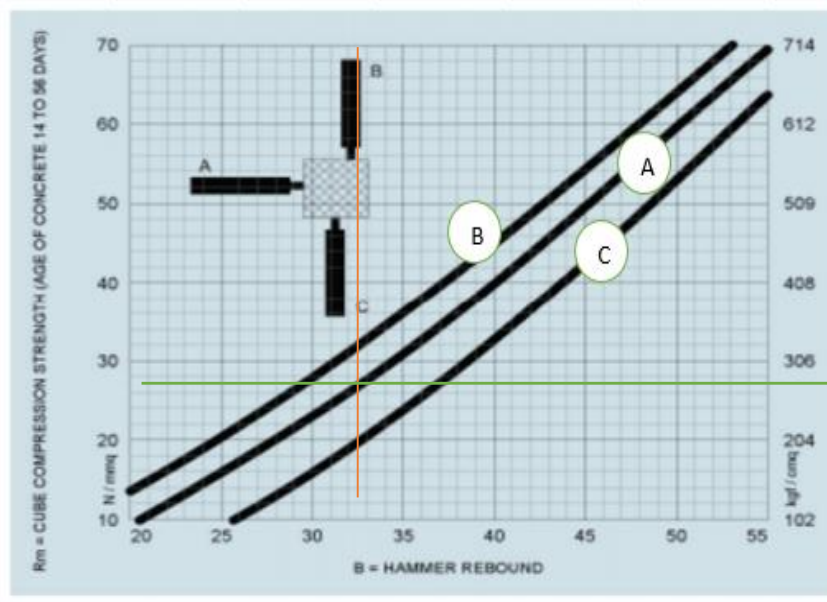
V-30X50 (6)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	Nº de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingenieria y arquitectura	1	1	31	31.1	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	24.9	253.91028	-0.10	ACEPTADO
	2	1	32					0.90	
	3	1	30					-1.10	
	4	1	32					0.90	
	5	1	31					-0.10	
	6	1	32					0.90	
	7	1	31					-0.10	
	8	1	29					-2.10	
	9	1	32					0.90	
	10	1	31					-0.10	
		10				MEDIANA	31		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



RESISTENCIA EN VIGAS V-30X50 CM

UBIC. DE VIGAS	RESISTENCIA FC KG/CM2	PROMEDIO	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
PRIMER NIVEL				ACEPTADO
V-30X50 (1)	254.93		17.33524	
V-30X50 (2)	234.5356		-3.05916	
V-30X50 (3)	229.437	241.333733	-8.15776	
V-30X50 (4)	240.65392		3.05916	
V-30X50 (5)	234.5356		-3.05916	
V-30X50 (6)	253.91028		16.31552	
			237.59476	

NOTA: PARA ACEPTACION DE ESTA RESISTENCIA EL VALOR QUE DEFIERE EN LA MEDIANA NO DEBE SER MAYOR A 10

PRIMER NIVEL

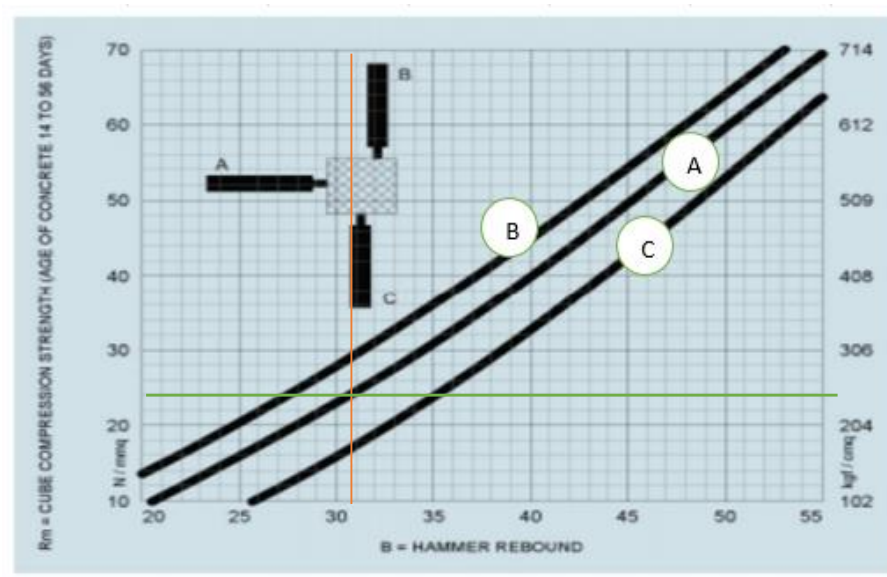
V-25X50 (1)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	31	30.8	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	23.7	241.67364	0.20	ACEPTADO
	2	1	31					0.20	
	3	1	31					0.20	
	4	1	32					1.20	
	5	1	31					0.20	
	6	1	30					-0.80	
	7	1	28					-2.80	
	8	1	31					0.20	
	9	1	31					0.20	
	10	1	32					1.20	
		10				MEDIANA	31		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



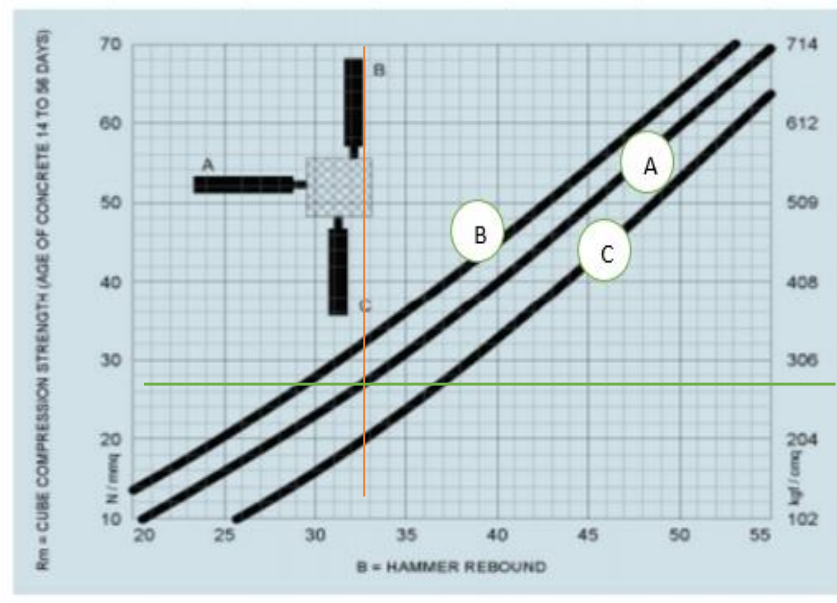
V-25X50 (1)

SENTIDO A

DETERMINACION DEL INDICE DE REBOTE UTILIZANDO EL DISPOSITIVO CONOCIDO COMO ESCLEROMETRO									
elemento	Nro. Toma	N° de disparos	Indice de rebote	promedio	E. Ensayo	fc(N/mm2)	fc(Kg/cm2)	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
columna del edificio de la facultad de ingeniería y arquitectura	1	1	32	31.5	malla cuadrada de 15cmx15cm y espacio interno de cuadrado de 1"	25	254.93	1.20	ACEPTADO
	2	1	31					0.20	
	3	1	30					-0.80	
	4	1	32					1.20	
	5	1	31					0.20	
	6	1	30					-0.80	
	7	1	32					1.20	
	8	1	32					1.20	
	9	1	33					2.20	
	10	1	32					1.20	
		10				MEDIANA	32		

PARAMETROS DE ACEPTACION DE ENSAYO

- 1) Valores no considerados en el promedio
- 2) 20% de valores tomados en la mediana no se acercan a la diferencia de 6 con respecto a ella
- 3) valor de mediana redondeado a numero par (tomamos promedio de la toma 4 y 6)



RESISTENCIA EN VIGAS V-25X50

UBIC. DE VIGAS	RESISTENCIA FC KG/CM2	PROMEDIO	valor que defiere de la mediana	Aceptacion de ensayo
PRIMER NIVEL				
V-25X50 (1)	241.67364		-6.62818	ACEPTADO
V-25X50 (1)	254.93	248.30182	6.62818	
			248.30182	

NOTA: PARA ACEPTACION DE ESTA RESISTENCIA EL VALOR QUE DEFIERE EN LA MEDIANA NO DEBE SER MAYOR A 10

**ANEXO C - FICHA TECNICA DEL
ACELERÓMETRO X16-1D**

PROYECTO:

“Calibración del Modelo Numérico del Edificio de la Facultad de Ingeniería y
Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante Ensayos de
Identificación Modal y Esclerometría”

X16-1D

Acelerómetro USB

Registrador de datos



Manual de usuario

Revisión del documento: Rev B

Versión del firmware: 1110

Fecha: 23 de Enero de 2019

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 Sobre este manual	4
1.2 Convenciones del documento	4
1.3 Apéndice	4
1.4 Resumen del producto.....	4
1.5 Lista de características.....	4
1.6 Items incluidos con X16-1D	5
1.6.1 Compra de una sola unidad.....	5
1.6.2 Kit de 5 unidades	5
1.7 Nombres de componentes	6
1.8 Guía de inicio rápido.....	7
2. OPERACIÓN	10
2.1 Interfaz USB	10
2.2 Tarjeta de memoria	10
2.3 Bateria.....	11
2.4 Configurando el RTC	12
2.5 Indicadores de estado.....	13
2.6 Opciones de configuración del sistema	14
2.6.1 Banda muerta	16
2.6.2 Tiempo muerto de banda muerta	16
2.6.3 Habitar	16
2.6.4 Microres	17
2.6.5 Reinicio de desconexión	17
2.6.6 Muestras perfiladas	18
2.6.7 Frecuencia de muestreo	18
2.6.8 Hora de inicio y hora de finalización	18
2.6.9 Parada en usb(stoponvusb)	18
2.6.10 Indicadores de estado.....	18
2.7 Archivos de configuración de ejemplo	18
2.7.1 Ejemplo A	18
2.7.2 Ejemplo B	19
2.7.3 Ejemplo C	19
3. INTERPRETACIÓN DE DATOS	20
3.1 Archivo de Datos.....	20
3.2 Formato de datos.....	21

3.3	Conversion de Datos.....	21
4.	DETALLES DEL SISTEMA	22
4.1	Sensor	22
4.1.1	Sensor de características especiales.....	23
4.2	Condiciones de funcionamiento y almacenamiento.....	23
4.3	Dimensiones	24
5.	SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....	24
6.	APÉNDICE.....	26
6.1	¿Qué es un acelerómetro?.....	26
6.2	Utilizando "R" para analizar datos	27
6.2.1	¿Qué es "R"	27
6.2.2	Introducción a los comandos R.....	29
6.2.3	Recursos en línea para R.....	31
6.2.4	Scripts de ejemplo en R	31

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Sobre este manual

Gracias por comprar el registrador de datos del acelerómetro X16-1D. Gulf Coast Data Concepts dedicó considerables esfuerzos a desarrollar un registrador de datos fácil de usar para el investigador científico, el estudiante o el aficionado. Lea este manual para comprender el funcionamiento y las capacidades del X16-1D. Si el registrador no funciona como se espera, consulte la guía de solución de problemas (página 21).

1.2 Convenciones del documento

La guía de inicio rápido en la sección 1.8 proporciona un resumen básico de operación para comenzar a usar el registrador de datos X16-1D. Este manual del usuario continúa con más detalles de las configuraciones y capacidades que comienzan en la sección 2. Cada sección también presenta consejos y advertencias relevantes para ayudar al usuario.



Este icono indica una sugerencia útil que puede mejorar el rendimiento del registrador o ayudante en la aplicación del registrador



Este icono indica una advertencia, restricción o limitación que el usuario debe tener en cuenta con respecto a la operación del registrador.

1.3 Apéndice

Los apéndices de este documento incluyen varias discusiones educativas sobre acelerómetros (sección 6.1), así como procedimientos de análisis y software (sección 6.2). Estas breves discusiones ayudarán a los nuevos usuarios a aprender sobre el X16-1D y cómo usar los datos.

1.4 Resumen del producto

El X16-1D es un registrador de datos de acelerómetro de grabación automática compacto y de bajo costo. Los datos del sensor del acelerómetro digital de 3 ejes se marcan con un reloj en tiempo real y se almacenan en una tarjeta microSD en un formato de texto simple. Cuando se conecta mediante un USB a una computadora personal, el X16-1D aparece como un dispositivo de almacenamiento masivo estándar que contiene los archivos de datos delimitados por comas y el archivo de configuración del usuario. El X16-1D se alimenta de una batería alcalina tipo AA reemplazable (o LR6)

1.5 Lista de características

- Acelerómetro de 3 ejes $\pm 16g$
- Resolución de 16 bits.
- Frecuencia de muestreo seleccionable por el usuario de 12, 25, 50, 100, 200, 400 hercios
- Filtro de respuesta de impulso finito
- Datos precisos de marca de tiempo usando el reloj en tiempo real (RTC)
- Conveniente botón de encendido / apagado
- Datos grabados en una tarjeta microSD extraíble (8 GB incluidos)
- Archivos de datos de texto separados por comas y fácilmente legibles
- Transferencia de datos compatible con Windows o Linux a través de la interfaz de bus serie universal (USB) (no se requiere software especial)

- Utiliza una batería alcalina tipo "AA" reemplazable estándar
- Peso 2oz (55g) con pila alcalina
- Tamaño 1x1x4.1 pulgadas (26x26x104 mm)



Figura 1: Registrador de datos X16-1D

1.6 Items incluidos con X16-1D

1.6.1 Compra de una sola unidad

El X16-1D está empaquetado con el registrador, un cable de extensión USB, un destornillador y una batería alcalina AA.



Figura 2: X16-1D y accesorios

1.6.2 Kit de 5 unidades

Un kit incluye 5 registradores X16-1D, un cable extensor USB y un destornillador. Las baterías no están incluidas con los kits.



Figura 3: Kit de 5 unidades de madereros

1.7 Nombres de componentes

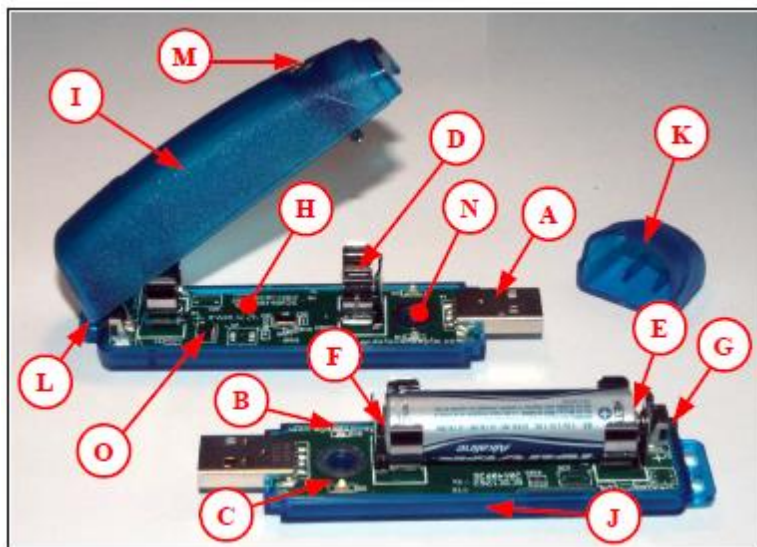


Figura 4: Componentes del registrador de datos X16-1D

A	Conector USB tipo A	I	Parte superior del recinto
B	Indicador de estado LED azul	J	Parte inferior del recinto
C	Indicador de datos LED rojo	K	Tapa del recinto
D	Soporte de pilas AA	L	Bisagra de cerramiento
E	Terminal positivo	M	# 6-32 tornillo de 3/4 "
F	Terminal negativo	N	# 6 tuerca
G	Boton de encendido / apagado	O	Sensor ADXL345
H	Tarjeta MicroSD (bajo placa de circuito)		

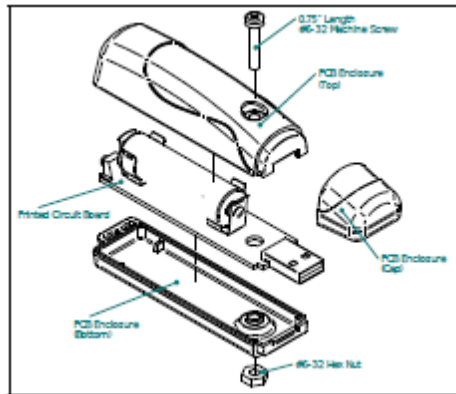


Figura 5: Vista despiezada del X16-1D

1.8 Guía de inicio rápido

El X16-1D es una solución simple y económica para capturar datos de movimiento continuo y entregar rápidamente la información para su análisis. Las siguientes instrucciones describen los pasos para comenzar a utilizar el X16-1D. Los ajustes de configuración y los métodos de montaje dependerán de la aplicación en particular.

Paso 1: desmonte la carcasa desatornillando el tornillo de la máquina n. ° 6 y abriendo las piezas como una cubierta de almeja. Coloque una batería de tipo AA en el soporte de la batería con el terminal positivo de la batería orientado hacia afuera del conector USB. Vuelva a montar el recinto.

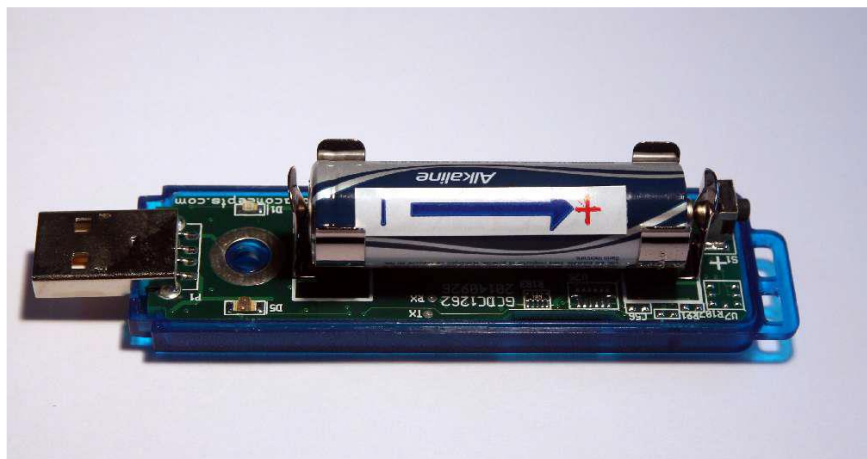


Figura 6: Instalación de la batería

Paso 2: Conecte el X16-1D a una computadora y permita que el sistema operativo de la computadora registre el dispositivo como un dispositivo de almacenamiento masivo. Observe que el registrador se montará con una etiqueta de unidad utilizando los últimos dígitos del número de serie.

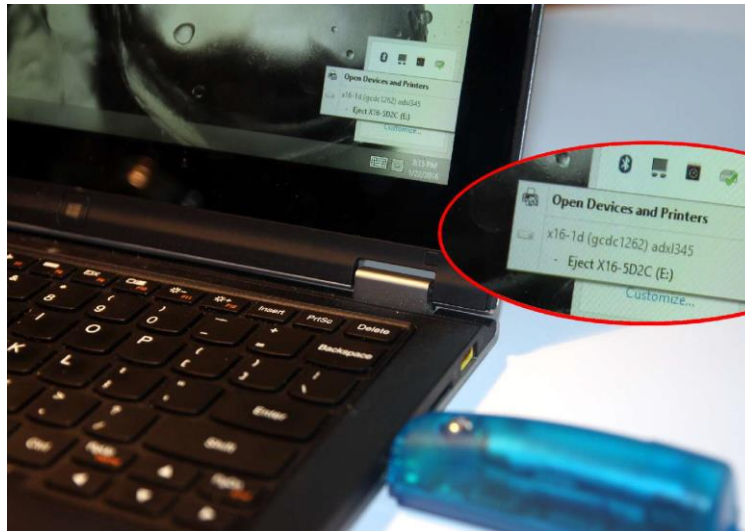


Figura 7: Conexión a PC

Paso 3:

Configure el X16-1D editando las etiquetas apropiadas en el archivo config.txt usando un editor de texto simple. En Windows, no use el Bloc de notas ya que el editor no termina correctamente las nuevas líneas. GCDC recomienda Windows Wordpad o Notepad ++ para editar el archivo config.txt. Consulte la sección 2.6 para obtener una lista completa de las opciones de configuración.

```
;Example X16-1D config file
;set sample rate
;available rates 12, 25, 50, 100, 200, 400
samplerate = 100
;record constantly
deadband = 0
deadbandtimeout = 0
;set file size to 15 minutes of data
samplesperfile = 90000
;set status indicator brightness
statusindicators = high
;rebootOnDisconnect
;see X16-1D user manual for other config options
```

Figura 8: Edición del archivo Config.txt

Paso 4:

Si es necesario, inicialice el reloj RTC creando un archivo time.txt (consulte la sección 2.4). Una vez que se guarda el archivo time.txt, desenchufe inmediatamente el registrador para iniciar el proceso de inicialización. El registrador cargará el archivo time.txt, inicializará el reloj y eliminará el archivo time.txt. Inicializar el RTC garantiza que los archivos de datos incluyan el año, el mes y el día correctos y que las muestras de datos se puedan correlacionar con una fecha y hora específicas.

Paso 5:

Después de retirarlo del puerto USB, conecte el registrador X16-1D al objeto de destino. El registrador es pequeño y liviano, por lo que la cinta de doble cara, el velcro o una mancha de pegamento de cianoacrilato son métodos suficientes de fijación.



La X16-1D es pequeña y liviana, por lo que los métodos de conexión no necesitan ser sustanciales. Cinta de doble cara, un punto de pegamento de cianoacrilato (cemento de contacto), bridas, base magnética o masilla adhesiva son ejemplos de métodos de fijación. Estos métodos no causan una atenuación de señal adversa teniendo en cuenta el ancho de banda de frecuencia relativamente baja del registrador X16-1D. Las tiras adhesivas Command Poster de 3M ofrecen una excelente sujeción temporal del registrador a la mayoría de las superficies.

Paso 6:

Presione el botón de encendido / apagado ubicado en la parte posterior del gabinete para iniciar la grabación de datos (vea la Figura 9). El inicio de sesión comenzará unos 3-5 segundos después de presionar el botón. El LED rojo parpadeará cuando se acceda al archivo de configuración. Si el archivo time.txt está presente, el RTC se inicializa con la hora escrita en el archivo. Entonces, el LED azul comenzará a parpadear en un intervalo de 1 segundo indicando que el sistema está funcionando. El LED rojo parpadeará periódicamente a medida que los datos se escriben en la tarjeta microSD.



Figura 9: Iniciando el X16-1D

Paso 7:

Para detener la grabación, mantenga presionado el botón durante aproximadamente 3 segundos. Los LED rojos y azules comenzarán a parpadear rápidamente durante 2 segundos y luego se apagarán. Suelta el botón y el X16-1D se apaga. Al presionar nuevamente el botón, se reinicia el registrador y los datos se graban en un nuevo archivo.

Paso 8:

Conecte el registrador a una PC y permita que el registrador se monte como una unidad USB. El archivo de datos aparecerá en el directorio "GCDC".

Paso 9:

Los datos grabados en los archivos se deben convertir para determinar la aceleración en unidades "g". Divida las columnas Ax, Ay, Az por 2048 para determinar g unidades. Ver la sección 3.3 para una discusión completa de la conversión de datos

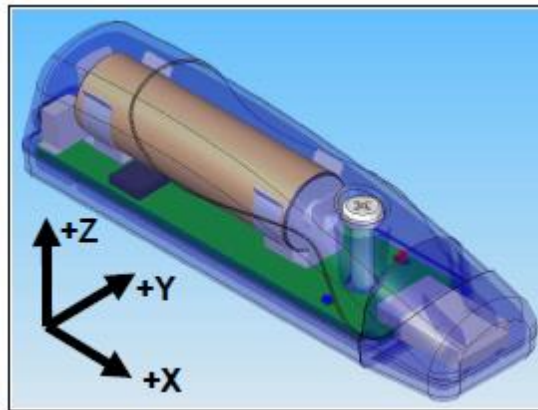


Figura 10: Orientación del sensor

2. OPERACIÓN

2.1 Interfaz USB

El X16-1D se conecta a una PC con un conector USB estándar tipo A y es compatible con la interfaz del dispositivo de almacenamiento masivo USB para acceso a archivos y transferencias de archivos. Casi todos los sistemas operativos de la computadora reconocen el X16-1D como una unidad de memoria externa USB típica. Cuando se conecta a una PC, el X16-1D desactiva el registro y funciona solo como una interfaz USB a la tarjeta microSD. Tenga en cuenta que algunos sistemas operativos de tabletas bloquean el acceso a dispositivos de almacenamiento masivo USB y no reconocen el X16-1D.

2.2 Tarjeta de memoria

El X16-1D almacena datos en una tarjeta de memoria flash microSD removible de 8GB y es compatible con tarjetas de tipo microSD y microSDHC. El registrador solo necesita el archivo config.txt para operar. El X16-1D usará la configuración predeterminada si el archivo config.txt no está presente. Los archivos "config.txt" y "time.txt" deben aparecer en el directorio raíz (consulte la sección 2.6 y la sección 2.4). El X16-1D creará una carpeta llamada "GCDC", si no está presente, para colocar los archivos de datos.



Interrumpir la alimentación del registrador puede dañar la tarjeta microSD. Por ejemplo, quitar el registrador del puerto USB durante las transferencias de archivos a la PC o quitar la batería durante la actividad de registro. Vuelva a formatear la tarjeta si se daña (estructura de archivos FAT32). Si las transferencias de datos a / desde la tarjeta se vuelven lentas, considere formatear la tarjeta utilizando el software "Formateador de tarjetas SD" proporcionado por la Asociación SD (www.sdcard.org).

2.3 Batería

El X16-1D funciona con una sola batería de tamaño "AA". Gulf Coast Data Concepts recomienda una batería alcalina (ANSI tipo 15A o IEC tipo LR6) o batería de litio (ANSI tipo 15L o IEC FR6) para operar el X16-1D. La batería no se usa cuando el dispositivo está conectado a un puerto USB de la computadora. El X16-1D registrará constantemente durante aproximadamente 48 horas a 50 Hz y aproximadamente 28 horas a 100 Hz cuando se usa una batería alcalina AA estándar. La Figura 11 ilustra el tiempo de registro continuo esperado frente a la velocidad de muestreo.

El RTC continúa funcionando desde la batería cuando el dispositivo está "apagado". El RTC debe reiniciarse si la batería se retira o se agota por completo (consulte la Sección 2.4).



Use una batería AA primaria de litio para mejorar el rendimiento a baja temperatura y extender el tiempo de operación. La química del litio tiene una temperatura de funcionamiento más amplia -40 ° F - 140 ° F (-40 ° C - 60 ° C) y aproximadamente un 30% más de capacidad sobre una batería alcalina estándar.



Un suministro de 5 V a través del conector USB proporciona un funcionamiento extendido del dispositivo independientemente de la batería interna. Los adaptadores de alimentación USB comunes o los paquetes de baterías USB para productos electrónicos de consumo pueden proporcionar el suministro de 5 voltios requerido. El registrador no implementa funciones de ahorro de energía cuando está conectado a una fuente de alimentación externa, por lo que el consumo de energía será mayor que cuando se usa la batería AA.



El registrador está siempre "encendido" manteniendo el reloj en tiempo real y, finalmente, descargará la batería completamente después de varios meses. La batería descargada puede derramar sustancias químicas y corroer los componentes electrónicos. Retire la batería AA antes del almacenamiento a largo plazo del X16-1D.



El X16-1D no es compatible con baterías recargables de tipo NiMH. La batería de NiMH entrega 1.2 voltios nominalmente, que está cerca del límite de corte de voltaje del registrador. El X16-1D no funcionará por mucho tiempo o puede activarse en absoluto.

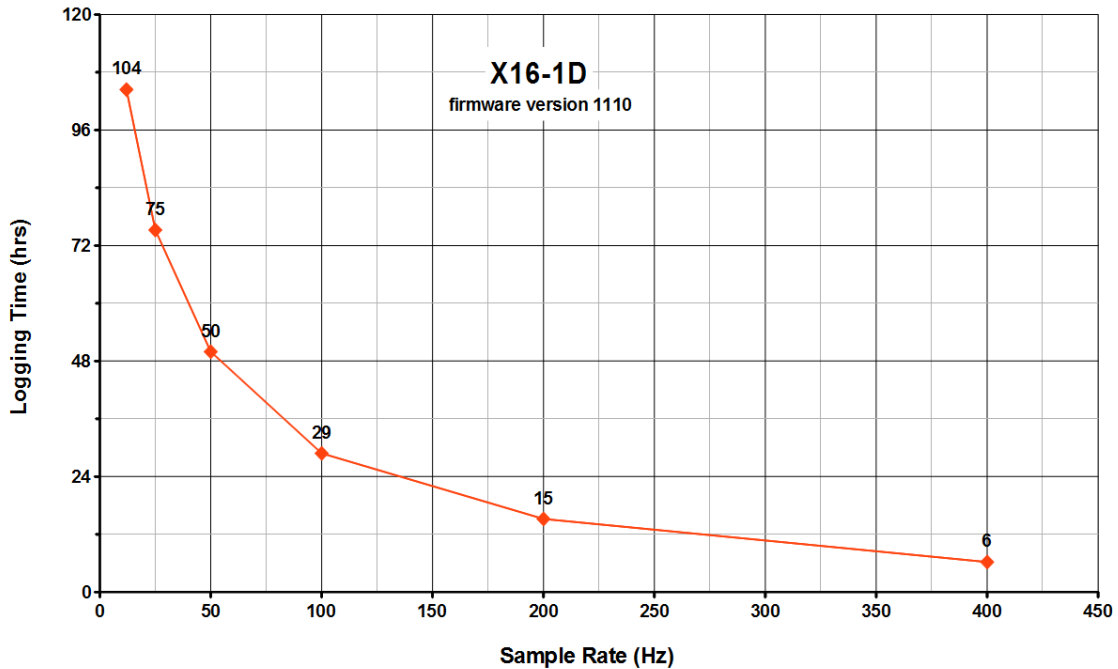


Figura 11: Duración esperada de la batería

2.4 Configurando el RTC

Un reloj de tiempo real (RTC) integrado en el X16-1D determina el tiempo para cada línea de datos grabados. El RTC se inicializa utilizando un archivo de texto creado por el usuario llamado "time.txt" ubicado en el directorio raíz de la tarjeta microSD. Este es un archivo separado del archivo config.txt y solo se necesita al inicializar el RTC. El sistema busca el archivo time.txt al arrancar. Si el archivo existe, el tiempo almacenado en el archivo se carga en el RTC y se borra el archivo time.txt. La información de tiempo en el archivo time.txt debe estar en el formato exacto "aaa-MM-dd HH:mm:ss" de 24 horas, aparece en la primera línea y termina con un carácter de nueva línea. La Figura 12 proporciona un ejemplo de archivo time.txt que inicializará el RTC a las 2:26:30 pm del 16 de junio de 2014.

El método de archivo de tiempo para configurar el RTC no requiere controladores de comunicación especiales, por lo que se puede implementar utilizando un editor de texto simple. La inicialización directa del RTC es posible, pero requiere controladores de dispositivo y software específicos de Gulf Coast Data Concepts.

El RTC mantiene una precisión de $\pm 50\text{ppm}$ (-40°C a $+85^\circ\text{C}$), lo que significa que la precisión puede variar unos 4 segundos al día. El RTC funciona con la batería en todo momento, incluso cuando el registrador está "apagado".

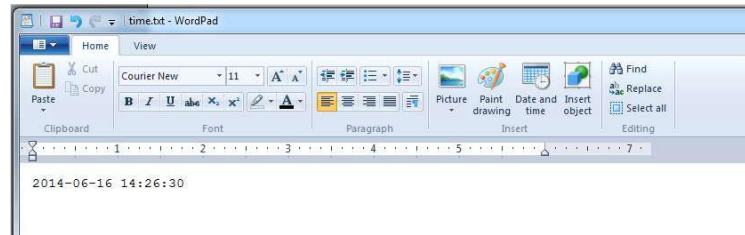


Figura 12: Ejemplo de entrada de tiempo en el archivo time.txt



La inicialización del RTC garantiza que la hora de inicio y las marcas de tiempo individuales se puedan correlacionar con una hora absoluta: año, mes, día, hora, minuto, segundo y segundo fraccional. Un RTC no inicializado o un reinicio del RTC dará lugar a un tiempo de inicio indeterminado registrado en el encabezado del archivo de datos.



Después de desconectar el registrador del puerto USB, el registrador cargará el archivo config.txt y el archivo time.txt, si está presente. Por lo tanto, hay un retraso entre el momento en que se creó time.txt y el momento en que el registrador carga la información del tiempo. Para la mayoría de las aplicaciones, este método simple de inicializar el reloj da como resultado una precisión suficiente.



La inicialización del RTC está limitada a ± 1 segundo. El registro RTC que maneja el contador de segundos fraccionarios no es accesible, por lo que el proceso de inicialización no puede restablecer los segundos a un valor par.

2.5 Indicadores de estado

El estado del sistema se indica mediante los dos LED ubicados cerca del conector USB. El LED azul indica el funcionamiento del sistema y parpadea una vez por segundo para indicar que el sistema funciona correctamente. El LED azul parpadea cuando el X16-1D está grabando datos, en el modo de espera, o está conectado a una computadora a través del puerto USB. El LED rojo parpadea cuando se escriben o leen datos desde la tarjeta de memoria microSD. En el modo de registro de datos, el período en el que parpadea el LED rojo depende de la frecuencia de muestreo y otras configuraciones. Los LED parpadearán durante el apagado iniciado por el usuario. La etiqueta "Indicadores de estado" en el archivo de configuración se apaga o cambia el brillo de los indicadores de estado (consulte la sección 3.2.4.10).



Figura 13: Indicadores LED de estado

2.6 Opciones de configuración del sistema

El X16-1D se configura utilizando un conjunto de etiquetas y configuraciones almacenadas en un archivo de texto llamado "config.txt", que se encuentra en el directorio raíz de la tarjeta microSD. El sistema lee el archivo de configuración en el momento del arranque. La Tabla 1 enumera las etiquetas del archivo de configuración. Una etiqueta es seguida por un signo igual ("=") y una configuración de etiqueta aplicable. Una línea termina con un carácter de nueva línea. Las etiquetas no distinguen mayúsculas de minúsculas. Los caracteres de tabulador y espacio se ignoran. Las líneas que comienzan con un punto y coma (";") se tratan como comentarios y el sistema las ignora. El sistema utilizará las configuraciones predeterminadas enumeradas en la Tabla 1 si no se encuentra el archivo config.txt.



No utilice el editor de Bloc de notas de Windows porque no finaliza las nuevas líneas correctamente. GDCDC recomienda Windows Wordpad o Notepad ++ para editar el archivo config.txt.

Tabla 1: Etiquetas y descripciones del archivo de configuración

Etiqueta	Configuraciones válidas	Defecto	Descripción
banda muerta	Un número entero entre 0 y 16384	0	Establece la banda muerta a un rango expresado en "conteos". Se registra una nueva muestra si cualquier eje del sensor excede la lectura registrada anterior por el valor de la banda muerta
tiempo muerto de banda muerta	Un número entero entre 0 y 65535	3	Especifica el período en segundos cuando se graba una muestra independientemente de la configuración de banda muerta. Esta característica asegura que los datos periódicos se graban durante períodos muy largos de inactividad.
habitar	Un número entero entre 0 y 65535	1	La cantidad de muestras registradas después de un evento desencadenado por umbral de banda muerta
microres	-	Apagado	La presencia de esta etiqueta establece que el dispositivo registre marcas de tiempo con una precisión efectiva de 0.1 ms.
reiniciar desconexión	-	desconectado	La presencia de esta etiqueta hace que el sistema comience a grabar después de desconectarse de un puerto USB.
samplesperfile	Un número entero mayor que 0	90000	La cantidad de líneas de datos por archivo de datos antes de crear un nuevo archivo
frecuencia de muestreo	12, 25, 50, 100, 200, 400	100	Establece la velocidad a la que se recopilan y registran los datos en la tarjeta microSD.
tiempo de inicio y tiempo de parada	Ver la sección 2.6.8	-	Define cuándo comenzar y detener la grabación
stoponvusb	-	Apagado	Detiene el registro de datos si hay 5v de alimentación USB (ver sección 2.6.9)
indicadores de estado	"Normal", "Alto", "Desactivado"	Normal	Los indicadores LED de estado se pueden activar con brillo normal (Normal), se activan con brillo alto (Alto) o completamente desactivado (Desactivado).

2.6.1 Banda muerta

"Banda muerta" define la diferencia mínima entre las lecturas del sensor registradas. Una nueva muestra del sensor del acelerómetro debe exceder la lectura registrada previamente antes de que el registrador registre los datos. La configuración de banda muerta se expresa en unidades de "conteos" y se aplica a la salida de cada eje. El valor de la banda muerta se puede establecer en un número entero entre 0 y 32767. La función de banda muerta es una forma efectiva de reducir la cantidad de datos recopilados al definir la granularidad de los datos.

La banda muerta funciona como un límite de umbral de evento cuando se usa junto con la función de "espera".

La Figura 14 ilustra la función de banda muerta que filtra pequeños cambios en la aceleración de los datos registrados. Solo cuando se excede el límite de banda muerta se insertará una nueva muestra de datos en el archivo. Tenga en cuenta que esta función dará como resultado muestras con periodos de tiempo inconsistentes. Por lo tanto, los conjuntos de datos se deben volver a muestrear para establecer períodos de tiempo uniformes.

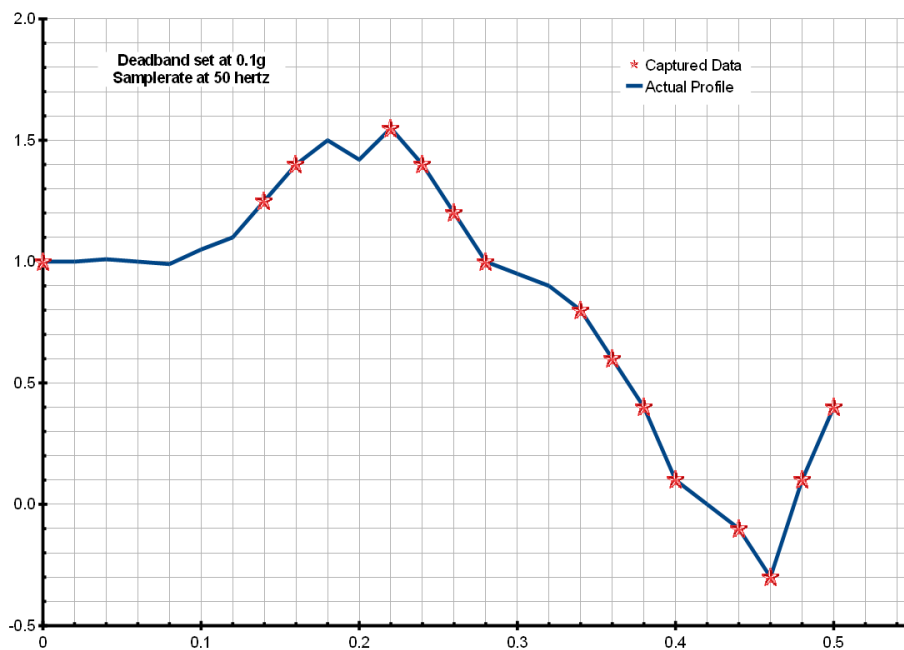


Figura 14: Ilustración gráfica de la característica de banda muerta

2.6.2 Tiempo muerto de banda muerta

El "tiempo de espera de la banda muerta" define el período en segundos cuando el registrador registra una muestra, independientemente de la configuración de la banda muerta. Esta función garantiza que los datos periódicos se graben durante largos períodos de inactividad. Una configuración válida para el tiempo de espera de banda muerta es un número entero entre 0 y 16384.

2.6.3 Habitar

Utilice "habitar" junto con "banda muerta" para crear una configuración de activación de eventos. La etiqueta "espera" define el número de muestras consecutivas registradas a la frecuencia de

muestreo establecida después de un evento de umbral de banda muerta. El evento de umbral de banda muerta ocurre cuando una lectura del sensor excede el último valor registrado por la configuración de la banda muerta. Una configuración de permanencia válida es un número entero entre 0 y 65535. Consulte la sección 2.7.2 para ver una implementación de ejemplo de las funciones de banda muerta / espera.

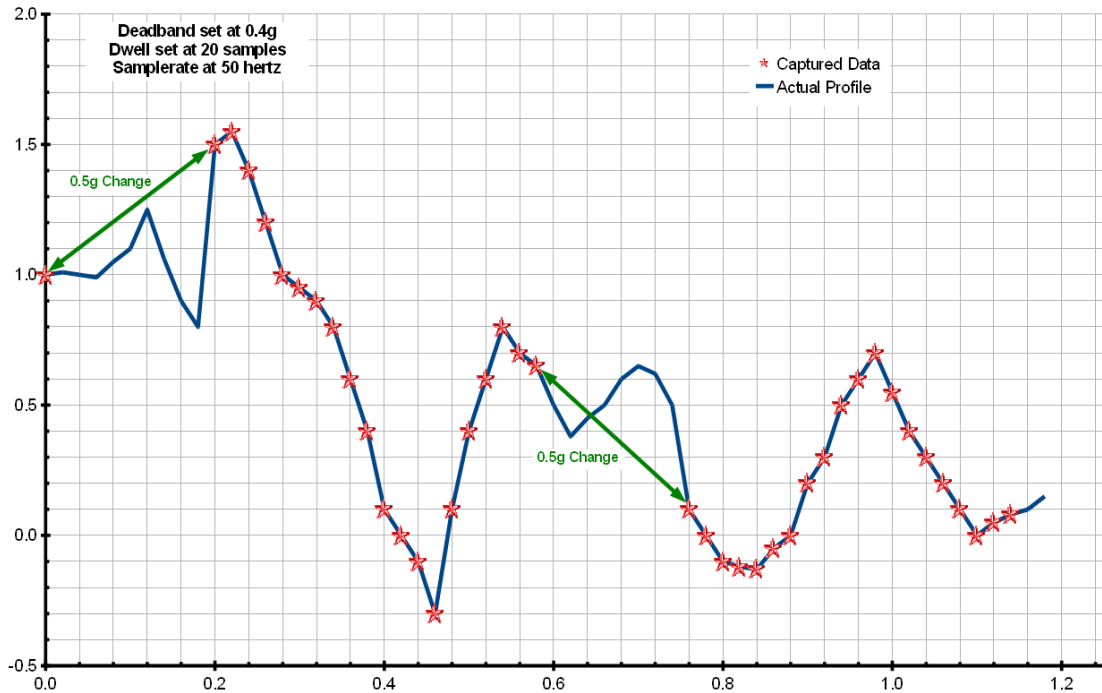


Figura 15: Ilustración gráfica de la característica Dwell

2.6.4 Microres

La opción "microres" configura el dispositivo para grabar sellos de tiempo con una precisión de 0.1 ms. En el modo de micro resolución, las marcas de tiempo se registran como XX.YYYYZZ, donde XX son segundos, YYYY son 0.1 milisegundos, y ZZ son dígitos espurios más allá de la capacidad de precisión. La opción de resolución micro debe implementarse a frecuencias de muestreo superiores a 200 hertz para proporcionar la mejor precisión de tiempo.



La micro resolución es más adecuada para aplicaciones que requieren una sincronización precisa, como el análisis de vibración, y se recomienda para frecuencias de muestreo superiores a 200 Hz. La precisión de tiempo estándar (predeterminada) de 1 milisegundo es adecuada para la mayoría de las aplicaciones generales, como la supervisión del movimiento humano.

2.6.5 Reinicio de desconexión

El X16-1D incorpora un botón de encendido / apagado para iniciar y finalizar el proceso de grabación de datos. La grabación de datos se inicia automáticamente al desconectarse del puerto USB de una computadora si la palabra de la etiqueta "rebootdisconnect" se incluye en el archivo de configuración.

2.6.6 Muestras perfiladas

“Muestras perfiladas” define la cantidad de líneas de datos que puede tener cada archivo antes de crear un nuevo archivo. Esta etiqueta controla el tamaño de los archivos de datos en longitudes fáciles de administrar para su posterior procesamiento. Esta configuración se carga como un entero de 32 bits con signo, que se puede traducir en archivos de datos muy grandes. El usuario debe tener precaución antes de configurar archivos grandes y probar las limitaciones de datos en la aplicación de software del usuario final.

2.6.7 Frecuencia de muestreo

La etiqueta "frecuencia de muestreo" define la velocidad de datos en Hertz, o muestras por segundo. Los ajustes de frecuencia de muestreo válidos son 12, 25, 50, 100, 200 y 400 Hz. Vea la sección 4.1 para características especiales con respecto a las tasas de muestreo.

2.6.8 Hora de inicio y hora de finalización

El X16-1D inicia y detiene la grabación de datos en función de los tiempos definidos utilizando las etiquetas "hora de inicio" y "hora de parada". Los tiempos deben estar en formato “MM HH DD” de 24 horas con las tres entradas separadas por un espacio. Las entradas marcadas con “*” funcionan como comodines. El X16-1D continúa grabando después de la hora de inicio, a menos que la etiqueta de tiempo de detención lo defina. Tenga en cuenta que la opción de configuración no incluye el mes. Ejemplo de configuraciones de tiempo:

Example 1: On the 15th day, start recording at 12:30pm and stop recording at 6:00pm.

starttime = 30 12 15

stoptime = 00 18 15

Example 2: Start recording at the beginning of every hour and stop recording 45 minutes later.

starttime = 00 *

stoptime = 45 *

2.6.9 Parada en usb(stoponvusb)

La etiqueta "stoponvusb" detiene las operaciones de registro de datos cuando se detecta un suministro de 5v en el conector USB. Sin la opción stoponvusb (predeterminada), el dispositivo cambia la alimentación de la batería interna al USB 5v y continúa registrando datos.

2.6.10 Indicadores de estado

La intensidad del brillo de los indicadores LED de estado se define mediante la etiqueta "indicadores de estado" y las configuraciones válidas de "normal", "alto" y "apagado".

2.7 Archivos de configuración de ejemplo

2.7.1 Ejemplo A

La siguiente configuración registra datos a 100 hertz. Deadband y deadbandtimeout se establecen en cero, por lo que el registrador grabará constantemente a la frecuencia de muestreo establecida.

Cada archivo de datos tiene una longitud de 90,000 líneas, lo que equivale a 15 minutos de datos. Los indicadores de estado están configurados en alto brillo. El registrador se activa con el botón de encendido / apagado (el aviso "rebootdisconnect" no está activo).

```
;Example X16-1D config file
;set sample rate
;available rates 12, 25, 50, 100, 200, 400
samplerate = 100
;record constantly
deadband = 0
deadbandtimeout = 0
;set file size to 15 minutes of data
samplesperfile = 90000
;set status indicator brightness
statusindicators = high
;rebootOnDisconnect
;see X16-1D user manual for other config options
```

Figura 16: Ejemplo de archivo de configuración A

2.7.2 Ejemplo B

La banda muerta y los ajustes de permanencia configuran el dispositivo para registrar al menos 5 segundos de datos cuando se detecta un cambio superior a 0,1 g. La configuración de deadbandtimeout obliga a una muestra de escritura cada hora.

```
; Example X16-1D Config file
; set to 25Hz
samplerate = 25
; trigger at 0.1g
deadband = 100
; record 5 seconds of data
dwell = 125
;force a write every hour
deadbandtimeout = 3600
; set file length
samplesperfile = 30000
; LEDs on
statusindicators = normal
```

Figura 17: Ejemplo de archivo de configuración B

2.7.3 Ejemplo C

El registrador debe estar encendido con el botón de encendido / apagado. Entrará en modo de espera (el LED azul parpadea) mientras espera la hora de inicio. El registrador comenzará a grabar a las 10:30 am y se apagará a las 2:00 pm. El registrador grabará constantemente a 400Hz y creará 51 archivos de datos en las 3.5 horas. La resolución micro se activa para proporcionar la mejor precisión de tiempo a la frecuencia de muestreo de 400 Hz.

```
; Example X16-1D Config file
; set to 400Hz
samplerate = 400
; activate precision timing
microres
; record constantly
deadband = 0
deadbandtimeout = 0
; set file length
samplesperfile = 100000
; set logger to turn on with clock
starttime = 30 10
stoptime = 00 14
; LEDs on
statusindicators = normal
```

Figura 18: Ejemplo de archivo de configuración C

3. INTERPRETACIÓN DE DATOS

3.1 Archivo de Datos

El X16-1D crea un nuevo archivo de datos cuando se inicia el sistema o cuando se alcanza el número máximo de líneas de datos en el archivo de datos anterior. Se produce una condición de inicio del sistema cuando se presiona el botón de encendido / apagado, se restablece la alimentación de 5v al sistema a través del conector USB o cuando se retira el X16-1D de un puerto USB de la computadora con la función "rebootdisconnect" habilitada. Los archivos de datos se colocan en una carpeta llamada "GCDC" y se denominan data-XXX.csv, donde XXX es un número secuencial que comienza con 001. El sistema creará hasta 999 archivos. Al comienzo de cada archivo, se escribe un encabezado que describe la configuración del sistema y la hora actual cuando se creó el archivo. La Figura 19 representa un archivo de datos de ejemplo.



Se puede producir un pequeño espacio en los datos entre los archivos secuenciales a medida que se eliminan los datos de la memoria caché y se asigna un nuevo archivo a la tarjeta microSD.

```
; Título, http://www.gcdadataconcepts.com, x16-1d, ADXL345;
; Versión, 1110, fecha de compilación, 30 de diciembre de 2015, SN:
CCDC4016131F31B
; Start_time, 2016-01-04, 10: 25: 14.000
; Temperatura, -999.00, grados C, Vbat, 1444, mv
; SampleRate, 100, Hz
; Deadband, 0, cuenta
DeadbandTimeout, 0, sec
; Encabezados, tiempo, Axe, Ay, Az
0.003,799,650, -1773
0.013.805.661, -1808
0.023,766,687, -1844
0.033,790,670, -1818
0.042,801,663, -1808
0.052.769.657, -1786
0.062,790,683, -1795
0.072.813.719, -1853
0.081,824,670, -1784
```

Figura 19: archivo de datos de ejemplo

3.2 Formato de datos

Los datos se escriben en archivos en formato de texto separado por comas, comenzando con la información del encabezado del archivo y seguidos por las entradas de datos del evento. La Tabla 2 enumera las etiquetas de encabezado válidas, aunque no todas las etiquetas pueden aparecer en el encabezado. Cada línea de datos contiene una entrada de tiempo y las lecturas del sensor del acelerómetro en bruto de los ejes X, Y y Z. La entrada de tiempo es segundos transcurridos desde la hora de inicio registrada en el encabezado. Agregue el tiempo transcurrido a la hora de inicio para determinar la fecha y hora completa de la muestra.

La última línea del archivo de datos final registra el motivo de la terminación, como "apagado: apagado", "apagado: batería baja", "apagado: archivos máx. Excedidos", "apagado: desconexión de bus" o "conectado a computadora". La línea se designa como un comentario con un punto y coma (";").

Tabla 2: Etiquetas de encabezado de archivo de datos

Etiqueta	Descripción
Deadband	Una nueva muestra del sensor debe superar la última lectura por el valor de banda muerta
DeadbandTimeout	El período en segundos cuando se graba una muestra independientemente de la configuración de banda muerta
Headers	Los nombres de cada columna de datos en el archivo
SampleRate	Velocidad a la que se graban los datos en la tarjeta microSD
Start_Time	La hora actual cuando se creó el archivo de datos
Temperature	No compatible con X16-1D, informa -999
Title	El nombre de la unidad USB Accelerometer X16-1D y el tipo de sensor
Vbat	Voltaje de la batería medido en la hora de inicio del archivo
Version	La información de control de versión del firmware, incluido el número de serie único

3.3 Conversión de Datos

El X16-1D registra los datos digitales brutos del sensor del acelerómetro. Esto ayuda a reducir la carga del procesador, aumenta la capacidad de frecuencia de muestreo y evita los errores de datos debido a los cálculos de coma flotante. Los datos de 16 bits, o 65536 conteos discretos, cubren el rango completo del sensor +/- 16g. Por lo tanto, el factor de conversión es $65536/32 = 2048$ cuentas / g.

La Tabla 3 enumera los datos convertidos utilizando los datos brutos de ejemplo en la Figura 19.

Tabla 3: Ejemplo de conversión de datos

Datos sin procesar (baja ganancia)				Datos convertidos			
Hora	Ax	Ay	Az	Hora	Ax (g)	Ay (g)	Az (g)
0.003	799	650	-1773	01/04/2016 10:25:14.003	0.390137	0.317383	-0.865723
0.013	805	661	-1808	01/04/2016 10:25:14.013	0.393066	0.322754	-0.882813
0.023	766	687	-1844	01/04/2016 10:25:14.023	0.374023	0.335449	-0.900391
0.033	790	670	-1818	01/04/2016 10:25:14.033	0.385742	0.327148	-0.887695
0.042	801	663	-1808	01/04/2016 10:25:14.042	0.391113	0.323730	-0.882813
0.052	769	657	-1786	01/04/2016 10:25:14.052	0.375488	0.320801	-0.872070
0.062	790	683	-1795	01/04/2016 10:25:14.062	0.385742	0.333496	-0.876465
0.072	813	719	-1853	01/04/2016 10:25:14.072	0.396973	0.351074	-0.904785
0.081	824	670	-1784	01/04/2016 10:25:14.081	0.402344	0.327148	-0.871094



Para determinar la aceleración en g, divida los datos brutos en 2048. Una "g" es 32.174 pies / seg² o 9.807 m / seg².

4. DETALLES DEL SISTEMA

4.1 Sensor

El X16-1D utiliza el sensor de acelerómetro digital de 3 ejes ADXL345 de Analog Devices, que se basa en la tecnología de semiconductores mecanizados microelectro (MEMS). Este sensor acelerómetro es similar a los utilizados en teléfonos celulares, computadoras portátiles, discos duros y otros productos electrónicos de consumo. El Apéndice 6.1 describe cómo funciona un sensor acelerómetro MEMS. La Tabla 4 enumera los parámetros básicos de rendimiento del sensor y el registrador, pero consulte Dispositivos analógicos para obtener especificaciones detalladas del sensor.

Tabla 4: Características del sensor del acelerómetro

Parámetro	Condición	Min	Típico	Max	Unidades
Rango de aceleración			±16.0		g
Sensibilidad			2048		count/g
Desviación de la sensibilidad			±1.0		%
No linealidad	Eje X, Y, Z		±0.5		%FS
Precisión de nivel de compensación cero-g	Eje X, Y, Z	-150		+150	mg
	Eje Z	-250		+250	mg
Error de alineación entre ejes			±0.1		Grados
Sensibilidad del eje transversal			±1		%

El sensor del acelerómetro ADXL345 "empuja" los datos al registrador a velocidades seleccionadas en función de un reloj interno del sensor. La precisión y la deriva del reloj del sensor no están definidas. Por ejemplo, una frecuencia de muestreo seleccionada de 50 Hz puede en realidad empujar datos a 52 Hz. El X16-1D incorpora un reloj de tiempo real preciso para marcar de forma independiente los datos a medida que sale del sensor y para garantizar que se registre la sincronización precisa en el archivo de datos. Por lo tanto, las marcas de tiempo se deben utilizar como referencia para determinar las tasas de muestreo reales.



El sensor del acelerómetro se basa en la tecnología de sistemas microelectromecánicos (MEMS) y no se ve afectado por los campos magnéticos. Pegue un imán a la parte inferior de la carcasa de plástico para facilitar el acoplamiento a las superficies de hierro.



El sensor del acelerómetro MEMS detectará la aceleración de la gravedad, que es una característica conveniente para validar la operación del sensor. Configurar el registrador en una superficie plana y nivelada resultará en -2048 conteos (-1g) en el eje z.

4.1.1 Sensor de características especiales

El X16-1D implementa un algoritmo de filtro de respuesta de impulso finito (FIR, por sus siglas en inglés, por sus siglas en inglés, por sus siglas en inglés, 8X), a frecuencias de muestreo de hasta 400Hz. Esto significa que el sensor del acelerómetro digital proporciona 8 veces la frecuencia de muestreo solicitada en el archivo config.txt. Por ejemplo, "samplerate = 400" establece que el sensor se transmita a 3200 Hz, que es la capacidad máxima del ADXL345. Las ocho muestras se promedian y procesan a través del filtro FIR para mejorar las características de respuesta. El sobremuestreo y el algoritmo FIR aumentan la resolución nativa de 13 bits del sensor a los datos de 16 bits registrados en el archivo de datos.

El X16-1D admitirá frecuencias de muestreo de 800, 1600 y 3200 Hz, pero el X16-1D desactiva el sobremuestreo y el filtro FIR y registra la resolución nativa de 13 bits del sensor. Sin embargo, estas tasas de muestreo no están garantizadas y las marcas de tiempo pueden volverse inexactas o la operación del registrador podría volverse inestable. El rendimiento depende de la capacidad de la tarjeta microSD.

La Figura 20 muestra un ejemplo de configuración que configura el registrador para grabar a 800 Hz. Los datos de 13 bits del sensor se rellenan a la derecha (LSB) en un valor de 16 bits para mantener la coherencia con los datos muestreados en exceso. Por lo tanto, el factor de conversión sigue siendo 2048 cuentas / g.

```
; Example X16-1D Config file
; set to 800Hz
samplerate = 800
; record constantly
deadband = 0
deadbandtimeout = 0
; set file length
samplesperfile = 100000
; set logger to turn on with clock
statusindicators = normal
```

Figura 20: configuración de muestra de 800Hz

4.2 Condiciones de funcionamiento y almacenamiento

El X16-1D está protegido de las condiciones generales de manejo por la carcasa de plástico, pero no está protegido de condiciones ambientales adversas, como la lluvia, el sudor, las salpicaduras y la inmersión en el agua. El rango de temperatura está limitado principalmente por la capacidad de la batería AA.

Tabla 5: Condiciones de operación y almacenamiento

Parámetro	Valor
Rango de temperatura (pila alcalina)	-0°F ~ 130°F (-18°C ~ 55°C)
Humedad relativa (pila alcalina)	<90%

4.3 Dimensiones

La electrónica X16-1D está encerrada en una caja de plástico azul semitransparente de tres partes. Los componentes superior e inferior del gabinete y la placa de circuito impreso se aseguran juntos con un tornillo y tuerca # 6-32 de 0.75 "de largo. Una tapa deslizante protege el conector USB. El X16-1D pesa 2 oz (55 g) con una batería alcalina.

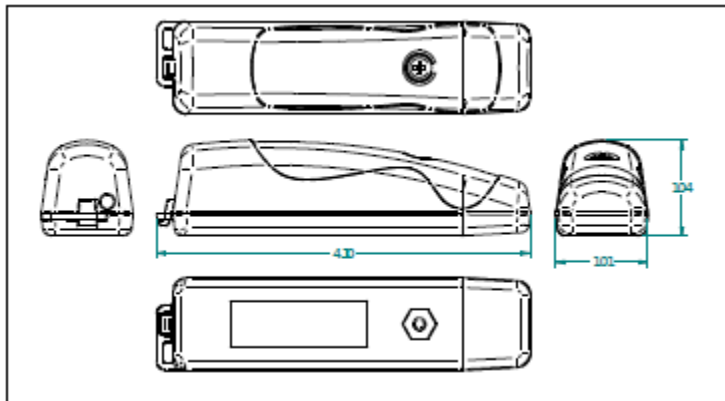


Figura 21: Dimensiones del recinto

5. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Problema	Resolución
Presiono el botón de encendido / apagado pero el registrador no parece activarse y no parpadean los LED.	Instale una batería nueva.
	El registrador podría estar funcionando correctamente pero los indicadores de estado están apagados. Verifique la opción "indicador de estado" en el archivo config.txt.
Presiono el botón de encendido / apagado, el LED azul parpadea una vez por segundo, pero el LED rojo no indica el registro.	La configuración de banda muerta está configurada demasiado alta y el registrador está esperando para detectar un evento.
	El registrador está en modo de espera esperando que ocurra una hora de inicio. Verifique el archivo config.txt para la configuración de inicio / parada.
El LED azul parpadea lentamente.	La tarjeta microSD no está presente o está dañada. Compruebe que la tarjeta esté insertada correctamente y que la tarjeta no esté dañada.
Presiono el botón de encendido / apagado pero el registrador graba solo por un corto período de tiempo.	Instale una batería nueva.
	La tarjeta microSD está llena y los archivos de datos deben eliminarse.
	Compruebe que el archivo config.txt tenga el formato correcto y que no esté dañado. Cada

<p>El registrador parece ignorar el archivo config.txt y usar la configuración predeterminada.</p>	<p>configuración debe ocurrir en una línea separada.</p> <p>Algunas organizaciones de TI implementan un cifrado automático de todos los dispositivos de medios extraíbles. Esto cifrará el archivo config.txt y el registrador no podrá acceder al archivo. No permitir el cifrado del dispositivo.</p>
<p>El LED azul parpadea de forma irregular y / o el LED rojo permanece encendido. El registrador no se montará en una PC.</p>	<p>El registrador es inestable debido a un problema de configuración. Retire la tarjeta microSD y use un lector de tarjetas para acceder al archivo config.txt. Edite el archivo config.txt de modo que la frecuencia de muestreo sea de 400 Hz o menos. Vuelva a instalar la tarjeta microSD. Tire y reemplace la batería para reiniciar el sistema. Presione el botón de encendido / apagado y el registrador volverá al funcionamiento normal.</p>
<p>Conecto el registrador a un puerto USB pero la PC no indica que haya una unidad externa presente.</p>	<p>La tarjeta microSD no está presente en el registrador o no está insertada correctamente. Retire y vuelva a insertar la tarjeta para asegurarse de que esté correctamente encajada en el soporte de la tarjeta.</p> <p>La tarjeta microSD está dañada o dañada. Vuelva a formatear la tarjeta o sustitúyala.</p> <p>El botón de encendido / apagado podría estar atascado en el gabinete de plástico y el registrador está bloqueado en el estado "apagado". Verifique que el botón se mueva libremente y "haga clic" cuando se presiona.</p> <p>La conexión USB podría estar defectuosa o el cable extensor (si está presente) podría estar defectuoso. Retire el cable de extensión y conecte el registrador a otro puerto USB.</p>
<p>La hora de inicio en el encabezado del archivo de datos es incorrecta.</p>	<p>Inicializa el RTC.</p>
<p>Los datos del eje Z faltan en el archivo.</p>	<p>No, está presente, pero los encabezados de columna se desplazan debido a la presencia de la etiqueta "encabezados".</p>
<p>El registrador es estacionario pero registra 1g.</p>	<p>Esto es normal e indica que la gravedad de la Tierra es completamente operativa y estable.</p>
<p>Pero el registrador en realidad registra algo distinto de 1g cuando está parado.</p>	<p>El sensor exhibirá un ligero error de desplazamiento. Suma o resta la cantidad apropiada para corregir el error. Una prueba de calibración de caída de 3 ejes es el mejor método para determinar el error de compensación del sensor. Los errores son específicos del sensor y normalmente son consistentes en todos los conjuntos de datos.</p>

6. APÉNDICE

6.1 ¿Qué es un acelerómetro?

La aceleración es el cambio en la velocidad. Un cuerpo estacionario no tiene aceleración y un cuerpo que se mueve a una velocidad constante no tiene aceleración. Sin embargo, un cuerpo que cambia de una condición estacionaria a movimiento experimenta aceleración por medio de una fuerza. La segunda ley de Newton establece esta relación como $F = ma$.

Un sensor de acelerómetro [ak-se-lə-'rā-mə-tər] mide la fuerza que actúa sobre una masa conocida para determinar la aceleración "adecuada". Hay muchas maneras de medir la fuerza con cada método que tiene beneficios y limitaciones. Un método simple mide el desplazamiento de un sistema de masa de resorte (consulte la Figura 22). Cuando una fuerza actúa sobre la masa, como la gravedad, el resorte se estira una cierta distancia en relación con la constante del resorte. Conociendo la constante del resorte y el desplazamiento del resorte, se calcula la fuerza que actúa sobre la masa. La aceleración es la fuerza dividida por la masa.

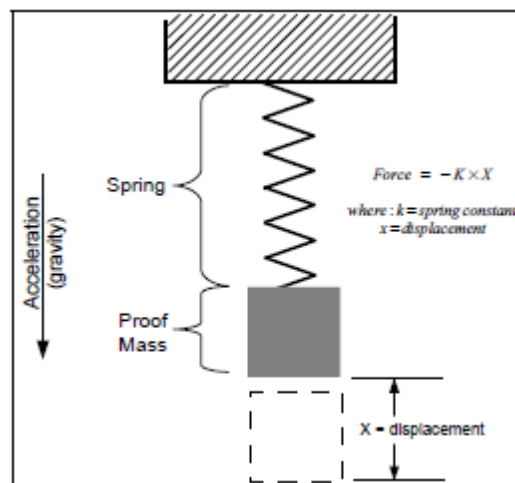


Figura 22: Acelerómetro de masa de resorte

La tecnología de sensor micro mecanizado (MEMS) toma el concepto de masa de resorte y lo miniaturiza en un chip semiconductor. La Figura 23 ilustra el concepto general de un sistema de acelerómetro MEMS y Error: la fuente de referencia no encontrada muestra el diseño interno de un sensor de acelerómetro MEMS real. El sistema de masa y resorte está grabado en la capa semiconductor. Cuando el sensor experimenta una aceleración, la masa de prueba se mueve y la distancia entre los "dedos" de entrelazado cambia. El cambio en la capacitancia eléctrica entre los dedos es proporcional al desplazamiento del sistema de masa de resorte. La capacitancia se mide, se filtra y se convierte en una salida digital que representa la aceleración.

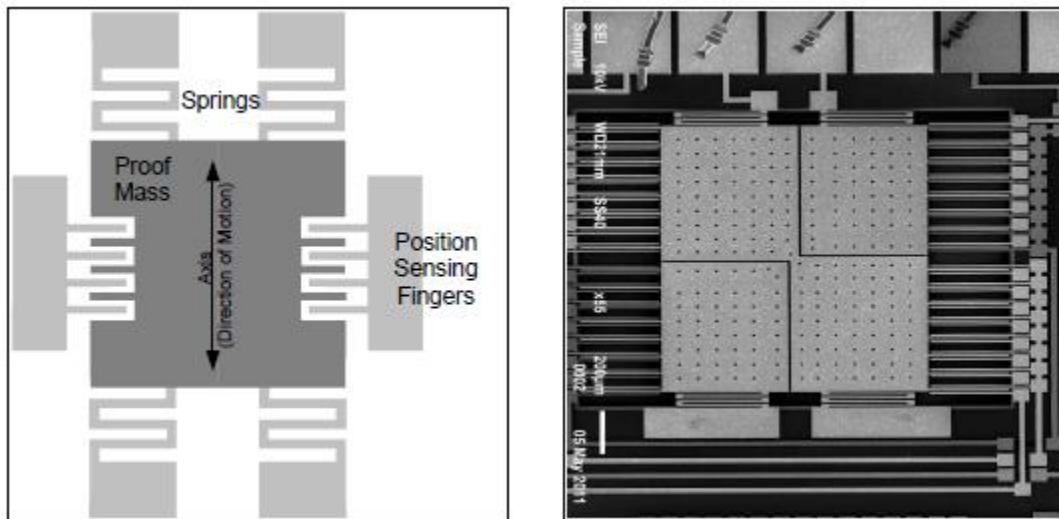


Figura 23: Diseño del acelerómetro MEMS simplificado (L) y Acelerómetro MEMS real (R)

Los sensores del acelerómetro presentan varios tipos de limitaciones, que incluyen error de desplazamiento, error de deriva, error de sensibilidad y ruido. Los errores de compensación y de sensibilidad se corrigen al calibrar el sensor contra aceleraciones conocidas. Los errores de deriva suelen estar relacionados con los cambios de temperatura, pero se pueden minimizar manteniendo una temperatura ambiente constante. El ruido son las variaciones aleatorias introducidas en el sistema sensor. Los algoritmos de sobremuestreo y los filtros de señal minimizan los efectos del ruido del sensor. Cada uno de estos errores de sensor afecta la forma en que los datos se procesan en un resultado utilizable. Por ejemplo, la integración de la aceleración para determinar el desplazamiento está muy sesgada debido a las características de deriva y ruido del sensor.

Los sensores del acelerómetro detectan el movimiento de traslación dentro del eje de la masa de prueba. El movimiento de rotación causa una aceleración centrípeta que se interpreta como movimiento de traslación por el acelerómetro. Por ejemplo, girar sobre el eje z causará una aceleración en los ejes x / y aunque no haya movimiento de traslación en el plano x / y. Se necesita un sensor de giroscopio, que mide la velocidad de rotación alrededor de un eje, para discernir el movimiento de rotación del movimiento de traslación. Se requieren un sensor de acelerómetro y un sensor de giroscopio para determinar las seis variables del movimiento 3D. Esta combinación de sensores se considera un sistema de unidad de medición inercial (IMU). Algunos sistemas IMU incluyen un sensor magnetómetro adicional (brújula) y GPS para ayudar aún más a los cálculos de movimiento.

6.2 Utilizando "R" para analizar datos

6.2.1 ¿Qué es "R"

Recolectó un conjunto de datos utilizando un registrador GCDC y se dio cuenta: "¡Guau, eso es una gran cantidad de datos! ¿Ahora que?". El análisis de datos es tedioso y el proceso es particular para la aplicación de cada usuario. No espere encontrar una solución de software mágica que reduzca sus datos a su respuesta perfecta. Sin embargo, no desespere. Hay varias opciones disponibles, combinadas con un poco de esfuerzo del usuario, que proporcionan capacidades de análisis potentes y versátiles.



Las hojas de cálculo, como Microsoft Excel o OpenOffice Calc, son excelentes opciones para trazar conjuntos de datos de tamaño moderado. Las interfaces de usuario son altamente pulidas y la representación personalizada es fácil de manejar. Sin embargo, la mayoría de las hojas de cálculo pueden manejar solo unas 100.000 líneas de datos antes de que el rendimiento comience a disminuir. Además, los procedimientos de análisis de secuencias de comandos complejos en una hoja de cálculo son engorrosos. Recomendamos probar "R" porque es más potente que una hoja de cálculo y es fácil de aprender.

"R" es un lenguaje de programación de alto nivel utilizado más comúnmente para el análisis estadístico de datos. R se basa en el lenguaje "S", que fue desarrollado por los Laboratorios Bell en la década de 1970. R proporciona un entorno de espacio de trabajo simple que puede manipular grandes conjuntos de datos utilizando comandos matemáticos simples y bibliotecas de funciones complejas. R es ampliamente utilizado por estadísticos y mineros de datos y el lenguaje está bien respaldado por la comunidad de código abierto. El software es compacto, gratuito y está disponible para Windows, Mac y Linux (visite www.r-project.org).

Matlab es otra aplicación de software común para analizar datos, pero generalmente está reservada a universidades o empresas con presupuestos abundantes (¡es un software costoso!). Octave es una adaptación gratuita de código abierto de Matlab con casi las mismas capacidades. Aunque, Octave es una descarga significativamente más grande y una instalación más complicada que R. Advertimos R porque es pequeña, fácil de aprender y gratuita.

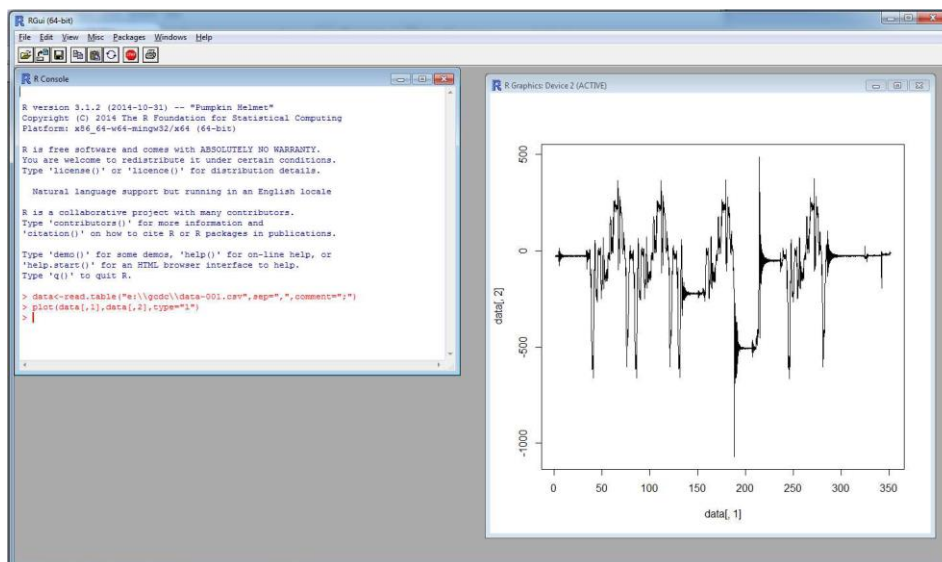


Figura 24: Interfaz de línea de comandos R

R se implementa desde una interfaz de línea de comandos como se ve en la Figura 24. Si usted es un programador experimentado, incluso puede temblar algunas de las construcciones utilizadas en R. No se preocupe, simplemente funciona. La entrada del usuario se produce en el indicador ">" y el intérprete R responde con los resultados. Un solo resultado está precedido por un [1] para indicar el número de respuesta. El carácter ";" se utiliza para agregar información de comentarios que el intérprete R ignora.

El espacio de trabajo de R incluye una única ventana de interfaz de línea de comandos y una ventana gráfica separada para mostrar gráficos. "RStudio" es un paquete de software gratuito que proporciona una interfaz más versátil para el intérprete R. RStudio está disponible en www.rstudio.com

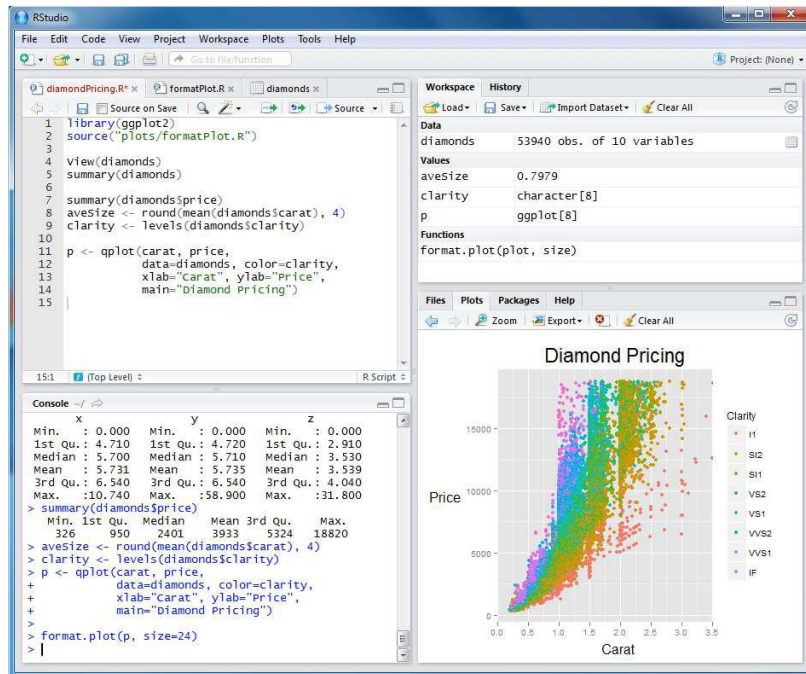


Figura 25: Interfaz RStudio

6.2.2 Introducción a los comandos R

R reconoce operadores matemáticos básicos, como +, -, * y /. Las asignaciones se hacen usando "<". Por ejemplo:

```

> 2+2
[1] 4
> a<-2+2 ;assign "a" the result of 2+2
> a
[1] 4

```

En el ejemplo anterior, a "a" se le asignó el valor "4" y se puede usar más adelante. R trabaja también con vectores y matrices.

```

> b<-c(1,2,3);"c" is a function call that creates a vector
> b
[1] 1 2 3
> a*b
[1] 4 8 12

```

Los pasos matemáticos más complejos se manejan en funciones separadas o scripts externos.

```

> fun<-function(a,b){
+ c<-a+b; the "+" indicates the user input wrapped into next line
+ return(c)
+ }
> fun(2,2)
[1] 4

```

R leerá un archivo de datos del registrador de datos X16-1D utilizando la función "tabla de lectura".

```
> data<-read.table("d:\\GCDC\\data-001.csv", sep="," ,comment="," , fill=TRUE)
```

"Datos" es una matriz de 4 columnas que contienen los valores de tiempo, Ax, Ay, Az del archivo. Se accede a los valores dentro de la matriz de la siguiente manera:

```
> data[100,2] ;row 100, column 2
[1] 101
> a*data[100,2]
[1] 404
```

Los datos en bruto se convierten y se asignan a nuevos vectores.

```
> dataX_g<-data[,2]/2048 ;convert the x-axis to g and assign to new vector
> dataY_g<-data[,3]/2048
> dataZ_g<-data[,4]/2048
```

Ahora, la aceleración en g se grafica contra el tiempo transcurrido.

```
> plot(data[,1], dataX_g, type="l"); create a line plot of x-axis values
> lines(data[,1], dataY_g, type="l", col="blue"); add another line to plot
```

Los datos convertidos se pueden combinar en una nueva matriz y luego exportarse a un nuevo archivo de datos csv.

```
> output<-array(c(data[,1],dataX_g, dataY_g, dataZ_g), dim=c(length(data[,1]),4))
> write.table(output, "c:\\output_data.csv", sep="," ,)
```

Se puede automatizar un análisis guardando los comandos en un archivo de texto externo. Use "fuente" para llamar al archivo y R ejecutará el script dentro del área de trabajo.

```
>source("d:\\hello_world.r")
[1] hello world
```

Se accede a la documentación de los comandos disponibles mediante "ayuda" o mediante un motor de búsqueda en Internet.

```
> help("plot"); opens a browser with the help documentation for "plot"
```

6.2.3 Recursos en línea para R

Página de inicio de R para descargar el software:

<https://www.r-project.org/>

Una introducción completa a R en su sitio web:

<https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-intro.html>

Otro buen tutorial para principiantes en R:

<http://www.cyclismo.org/tutorial/R/>

R es ampliamente compatible con paquetes creados por usuarios que amplían las capacidades del lenguaje. Estos paquetes son bibliotecas de funciones creadas para aplicaciones específicas. Aquí hay una lista de paquetes disponibles:

https://cran.r-project.org/web/packages/available_packages_by_name.html

Si alguna vez te quedas atascado tratando de resolver un problema con R, es muy probable que alguien más haya enfrentado el mismo desafío y haya publicado la pregunta en los foros de R. Busque en Internet y encontrará una solución para volver a encarrilarse.

6.2.4 Scripts de ejemplo en R

Varias aplicaciones de ejemplo que utilizan scripts R están disponibles en el sitio web de GCDC o se incluyen con el registrador de datos X16-1D. Estos ejemplos educan al usuario sobre el funcionamiento básico del registrador de datos, la interpretación de los datos de aceleración y el uso de scripts R.

=====

**ANEXO D - CERTIFICADO DE
CALIBRACIÓN DEL ESCLERÓMETRO**

=====

PROYECTO:

“Calibración del Modelo Numérico del Edificio de la Facultad de Ingeniería y
Arquitectura de la Universidad Peruana Unión mediante Ensayos de
Identificación Modal y Esclerometría”

Área de Metrología
Laboratorio de Dureza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LD - 032 - 2018

Página 1 de 3

1. Expediente	18168
2. Solicitante	UNIVERSIDAD PERUANA UNION
3. Dirección	Car. Central km. 19 Villa Union - Ñaña, Lurigancho - Lima - LIMA.
4. Instrumento de medición	MARTILLO PARA PRUEBA DE CONCRETO ESCLERÓMETRO
Marca	FORNEY
Modelo	LA-0352
Número de Serie	15011
Alcance de Indicación	100 Número de Rebote
Div. Escala / Resolución	2 Número de Rebote
Identificación	NO INDICA
Tipo	ANALOGICO
5. Fecha de Calibración	2018-07-25

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados.

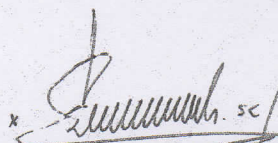
Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión
2018-07-31

Jefe de Laboratorio de Metrología

Sello


x *Juan C. Quispe Morales* sc/
JUAN C. QUISPE MORALES



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LD - 032 - 2018

Área de Metrología
 Laboratorio de Dureza

6. Método de Calibración

La calibración fue efectuada mediante una serie de mediciones del instrumento a calibrar en comparación con los patrones de referencia del laboratorio de calibración considerando las especificaciones requeridas en la norma internacional ASTM C 805 "Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete".

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL N° 6.
 Car. Central km. 19 Villa Union - Ñaña, Lurigancho - Lima - LIMA.

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,5 °C	23,0 °C
Humedad Relativa	68 %	67 %

9. Patrones de referencia

Patrón utilizado	Certificado de calibración
Yunque de Calibración de marca FORNEY	LABORATORIO DE MATERIALES PUCP MAT-ABR-0439/2018



10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- El yunque de calibración se colocó sobre una base rígida para obtener números de rebote confiable.
- La calibración en el yunque de calibración, no garantiza que el martillo dará lecturas repetibles en otros puntos de la escala de lectura.

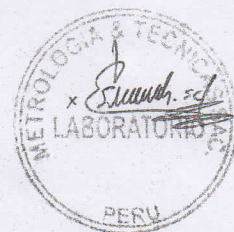
**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LD - 032 - 2018**

Área de Metrología
Laboratorio de Dureza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Número de Mediciones	Lectura indicada del Instrumento a Calibrar
1	80,0
2	79,5
3	79,5
4	80,0
5	80,0
6	79,5
7	79,5
8	80,0
9	80,0
10	80,0
PROMEDIO	79,8
Desv. Estándar	0,26



Nota 1.- El error máximo permitido de rebote para un esclerómetro es de 80 ± 2 , según norma internacional ASTM C805.

Fin del documento