



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**Evaluación del periodo estructural de edificaciones mediante  
el uso de acelerómetros de alta resolución y acelerómetros  
de uso en telefonía celular.**

**AUTOR:**

**Villena Malagón, Alina Doménica**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERA CIVIL**

**TUTOR:**

**Ing. Ponce Vásquez, Guillermo Alfonso, MSc.**

**Guayaquil, Ecuador**

**23 de septiembre del 2022**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Villena Malagón, Alina Doménica**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniera Civil**.

**TUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Ponce Vásquez, Guillermo Alfonso, MSc.**

**DIRECTORA DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther**

**Guayaquil, 23 del mes de septiembre del año 2022**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Villena Malagón, Alina Doménica**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Evaluación del periodo estructural de edificaciones mediante el uso de acelerómetros de alta resolución y acelerómetros de uso en telefonía celular**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Civil** ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, 23 del mes de septiembre del año 2022**

**LA AUTORA**

f. \_\_\_\_\_  
**Villena Malagón, Alina Doménica**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Villena Malagón, Alina Doménica**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Evaluación del periodo estructural de edificaciones mediante el uso de acelerómetros de alta resolución y acelerómetros de uso en telefonía celular**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, 23 del mes de septiembre del año 2022**

**LA AUTORA:**

f. \_\_\_\_\_  
**Villena Malagón, Alina Doménica**

# REPORTE URKUND




## Document Information

Analyzed document	Alina Villena.docx (D144245150)
Submitted	2022-09-17 00:05:00
Submitted by	
Submitter email	clara.glas@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	clara.glas.ucsg@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

SA	<b>Tesis_Definitiva.pdf</b> Document Tesis_Definitiva.pdf (D110611023)		2
SA	<b>7364-Salas García, Ernesto Elías.pdf</b> Document 7364-Salas García, Ernesto Elías.pdf (D90600325)		1
SA	<b>Gerardo_Tesis_bachiller_2016.pdf</b> Document Gerardo_Tesis_bachiller_2016.pdf (D36710557)		2
SA	<b>TRABAJO_DE_TITULACION_CAIZA_GONZALEZ.pdf</b> Document TRABAJO_DE_TITULACION_CAIZA_GONZALEZ.pdf (D33800756)		1
SA	<b>1607183247_Salazar Ojeda.docx</b> Document 1607183247_Salazar Ojeda.docx (D88014347)		1
SA	<b>7.- A ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LAS FRECUENCIAS V2 (1).docx</b> Document 7.- A ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LAS FRECUENCIAS V2 (1).docx (D108519391)		1
SA	<b>melchor_vm.pdf</b> Document melchor_vm.pdf (D108519391)		1

f. 

ING. GUILLERMO ALFONSO PONCE VASQUEZ, M.Sc.

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, agradezco a Dios por todos los dones que me ha entregado para así poder alcanzar una de mis metas más soñadas. A mis padres que me enseñaron el camino del bien, y a nunca darme por vencida.*

*Gracias queridos padres por brindarme su apoyo incondicional y compartir conmigo sus sabios consejos.*

*A mi familia por brindarme todo su cariño y apoyo durante esta etapa.*

*Al personal docente de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, por compartir sus conocimientos y experiencias durante toda mi etapa universitaria.*

*A mis compañeros, amigos y a todas las personas que tuve el agrado de conocer en este arduo pero reconfortante camino.*

*Un agradecimiento especial a mi tutor de trabajo de título, el Ing. Guillermo Ponce por su paciencia, colaboración y apoyo para culminar este proyecto.*

## DEDICATORIA

*A mis padres, y a mi hermana Carolina. Con mucho amor y cariño, les dedico todo mi esfuerzo y trabajo en el camino a cumplir esta meta.*

*A Rafael Latorre, por su apoyo incondicional en este proyecto y en gran parte de mi carrera universitaria.*



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Federico von Buchwald de Janon, PhD.**

DECANO

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Jaime Hernández Barredo, Mgs.**

DOCENTE DE LA CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Barros Cabezas, José Andrés, Mgs.**

OPONENTE



# ÍNDICE

RESUMEN .....	XII
ABSTRACT .....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	2
ANTECEDENTES .....	3
OBJETIVOS .....	3
ALCANCE .....	4
METODOLOGÍA .....	4
CAPITULO I: ASPECTOS TEÓRICOS .....	5
1.1 SALUD ESTRUCTURAL .....	5
1.2 MONITOREO DE SALUD ESTRUCTURAL (SHM) .....	6
1.3 MEDIDAS DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL .....	7
1.4 ACELERÓMETRO .....	8
1.5 TIPOS DE ACELERÓMETROS .....	8
1.5.1 ACELERÓMETROS ANALÓGICOS .....	9
1.5.2 ACELERÓMETROS DIGITALES .....	9
1.6 ACELERÓMETRO DE TELEFONÍA CELULAR .....	9
1.7 CORRECCIONES EN LOS ACELEROGRAMAS .....	11
1.7.1 CORRECCIÓN POR LINEA BASE .....	11
1.7.2 CORRECIÓN POR RUIDO .....	13
1.8 TEOREMA DE MUESTREO DE NYQUIST-SHANNON .....	19

1.9	RELACIÓN ENTRE MUESTREO DE NYQUIST-SHANNON Y EL USO DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS.....	19
1.10	DOMINIO DE FRECUENCIA.....	20
1.11	TRANSFORMADA DE FOURIER .....	20
1.12	TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER (FFT) .....	22
CAPÍTULO II: INFORMACIÓN SOBRE LOS REGISTROS A ANALIZAR ...		22
2.1	EDIFICACIONES.....	22
2.2	EQUIPO DE MONITOREO.....	25
2.2.1	ACELERÓMETRO .....	25
2.2.2	TELEFONÍA CELULAR.....	26
CAPÍTULO III: PROCEDIMIENTO.....		30
3.1	EDIFICIO INGENIERÍA.....	30
3.2	EDIFICIO DE JURISPRUDENCIA.....	30
3.3	EDIFICIO DE EMPRESARIALES .....	31
CAPÍTULO IV: ENSAYOS .....		33
4.1	ANÁLISIS DINÁMICO DE EDIFICACIONES.....	33
4.1.1	CÁLCULO DEL PERÍODO ESTRUCTURAL ANALÍTICO: NEC 33	
4.1.2	CÁLCULO DEL PERÍODO ESTRUCTURAL ANALÍTICO: ETABnS.....	34
4.1.3	CÁLCULO DEL PERÍODO ESTRUCTURAL: USO DE ACELERÓMETRO.....	41
4.1.4	DATOS SEGUNDA PRUEBA CON ACELERÓMETRO DE TELEFONÍA CELULAR (IPHONE) .....	81

CAPÍTULO V: RESULTADOS .....	104
5.1 CUADRO RESUMEN DE DATOS: ANÁLISIS DE SEÑALES (ACELERÓMETRO UCSG).....	104
5.1.1 FACULTAD DE INGENIERÍA.....	104
5.1.2 FACULTAD DE EMPRESARIALES .....	106
5.1.3 FACULTAD DE JURISPRUDENCIA .....	107
5.2 CUADRO RESUMEN DE DATOS: ANÁLISIS DE SEÑALES (ACELERÓMETRO DE TELEFONÍA CELULAR IPHONE Y SAMSUNG) – PRIMER ENSAYO .....	109
5.2.1 FACULTAD DE INGENIERÍA.....	109
5.2.2 FACULTAD DE EMPRESARIALES .....	111
5.2.3 FACULTAD DE JURISPRUDENCIA .....	113
5.3 CUADRO RESUMEN DE DATOS: ANÁLISIS DE SEÑALES (ACELERÓMETRO DE TELEFONÍA CELULAR IPHONE) – SEGUNDO ENSAYO .....	114
5.3.1 FACULTAD DE INGENIERÍA.....	114
5.3.2 FACULTAD DE JURISPRUDENCIA .....	115
5.3.3 FACULTAD DE EMPRESARIALES .....	115
CONCLUSIONES .....	118
RECOMENDACIONES.....	120
REFERENCIAS .....	122
ANEXOS.....	125

## RESUMEN

El constante crecimiento poblacional crea la necesidad de un aumento significativo en construcciones, demandando así la implementación de mecanismos que ayuden a agilizar los procesos constructivos y de diseño. Por ello, los sistemas de monitoreo estructural, que sirven para obtener información de parámetros necesarios en la etapa de análisis, han tomado bastante relevancia en el campo de la ingeniería civil. El mayor beneficio de agilizar este tipo de procesos es el de conocer a mayor escala y rapidez, los diferentes cambios en la estructura (por ejemplo, cambios significativos de masa), que servirán para determinar las medidas correspondientes.

El presente trabajo de tesis plantea la evaluación del periodo elástico presentando alternativas de monitoreo o de medición, como es el uso de acelerómetros de alta resolución, así como el uso de dos celulares de diferente marca con el fin de obtener información de las vibraciones de tres diferentes estructuras seleccionadas en la ciudad de Guayaquil. Estos dispositivos medirán las aceleraciones de las estructuras, los cuales se podrán observar en tiempo real, o almacenar información para un proceso posterior. Se plantea realizar el montaje, lo más cercano a los extremos de cada edificación, con el fin de obtener mayor amplitud. Se realizarán mediciones en diferentes horarios, con el fin de entender la variabilidad de las vibraciones debido a factores externos.

Toda la información levantada, será procesada empleando técnicas, como la transformada de Fourier, se observarán patrones de contaminación y se aplicarán los filtros respectivos.

***Palabras Claves: monitoreo, acelerómetros, amplitud, variabilidad, Fourier, dispositivos.***

## ABSTRACT

The constant population growth creates the need for a significant increase in construction, demanding the implementation of mechanisms that help speed up the construction and design processes. For this reason, structural monitoring systems, which serve to obtain information on the necessary parameters in the analysis stage, have become quite relevant in the field of civil engineering. The greatest benefit of speeding up this type of process is knowing on a larger scale and speed, the different changes in the structure (for example, significant changes in mass), which will serve to determine the corresponding measures.

This thesis work proposes the evaluation of the elastic period presenting monitoring or measurement alternatives, such as the use of high-resolution accelerometers, as well as the use of two cell phones of different brands to obtain information on the vibrations of three different selected structures in the city of Guayaquil. These devices will measure the accelerations of the structures, which can be observed in real time, or store information for later processing. It is proposed to carry out the assembly, as close to the ends of each building, to obtain greater amplitude. Measurements will be made at different times, to understand the variability of vibrations due to external factors.

All the information collected will be processed using techniques, such as the Fourier transform, contamination patterns will be observed, and the respective filters will be applied.

**Keywords:** *monitoring, accelerometers, amplitude, variability, Fourier, device*

## INTRODUCCIÓN

Todas las estructuras tienen dentro de sus características dinámicas, el periodo fundamental de vibración, el cual está afectado por diferentes factores como masa, rigidez, estado de los materiales, entre otros. Al momento de diseñar una estructura, se considera dicho periodo fundamental de forma analítica, ya que se lo obtiene considerando criterios generalizados y por medio del uso de fórmulas. Sin embargo, el periodo analítico calculado siempre será un aproximado al periodo real. Ante la importancia de conocer el comportamiento dinámico de una estructura, actualmente existen mecanismos creados con el fin de estimar de manera más precisa el periodo estructural. Entre los mecanismos con más precisión se encuentra el uso de acelerómetros, los cuales pueden captar las ondas emitidas por las vibraciones que afectan a la estructura. Existen también mecanismos más variables, como es el caso del uso de celulares que actualmente tienen integrado acelerómetros y giroscopios que registran su movimiento, ayudándolo a orientar su ubicación y a su vez creando la posibilidad de utilizar este, como una herramienta para registrar vibraciones. En el presente proyecto de titulación, se evaluarán tres diferentes estructuras que se encuentran sometidas bajo diferentes vibraciones ambientales y mecánicas debido a su ubicación, con el uso de un acelerómetro de alta resolución y dos celulares de diferente marca, con el fin de poder comparar los registros obtenidos, y ver su fiabilidad para el cálculo del periodo estructural.

## **ANTECEDENTES**

En los análisis que se ejecutan para el diseño de edificaciones en la ciudad de Guayaquil, se evalúa el periodo fundamental de la estructura según diferentes métodos como es el uso de la NEC-15, o mediante el uso de softwares destinados al análisis estructural y dimensionamiento de edificios. Si bien estos métodos son aceptados en la práctica profesional, estos tienen suposiciones y limitantes que hacen que el periodo calculado sea diferente que el real. Ante esta situación se ve la necesidad de crear una evaluación del periodo fundamental de las edificaciones en condiciones reales y en servicio. Para esto se pueden emplear acelerómetros con los que se puede medir cómo vibra la estructura y calcular su período real.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Calcular los períodos fundamentales de estructuras a partir de mediciones de vibraciones con acelerómetros de alta y baja resolución, que permitan conocer las características estructurales de las edificaciones.

### **Objetivos Específicos:**

- Calcular por métodos tradicionales los períodos fundamentales de estructuras: fórmulas y modelos analíticos.
- Medir con acelerómetros de alta resolución y acelerómetros que vienen en celulares las vibraciones que se presentan en las edificaciones.
- Calcular a partir de las mediciones en campo los períodos fundamentales de las estructuras.

## **ALCANCE**

Se seleccionarán 3 edificaciones existentes con estructuración regular de uso esencial para calcular los períodos estructurales mediante formulación y generar modelos analíticos. Posteriormente, se medirán las vibraciones de las estructuras usando los acelerómetros de alta resolución del CEMISIS y los acelerómetros de telefonía celular, para luego calcular los períodos fundamentales de las edificaciones a partir de los medios en campo usando manejo de señales. Finalmente, se compararán los resultados y se presentarán las posibles causas de las diferencias.

## **METODOLOGÍA**

El siguiente proyecto de titulación se realizó siguiendo un método analítico e investigativo. Para ello, se escogieron tres diferentes edificaciones de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, los cuales fueron: Facultad de Ingeniería, Facultad de Jurisprudencia y Facultad de Empresariales. Se realizó un análisis sísmico donde se determinó el periodo fundamental teórico de acuerdo con la NEC-15, para cada uno de los edificios y así luego proceder a realizar modelos analíticos utilizando la herramienta ETABS, con licencia del Tutor. Después de obtener un periodo fundamental teórico, a través del uso del acelerómetro perteneciente al CEMISIS y dos de telefonía celular, se obtuvieron los periodos fundamentales reales. Para poder realizar la toma de mediciones, se establecieron tres diferentes horarios: en la mañana a las 09:00 am; en la tarde a las 13:00 pm y otra en la noche a las 19:00 pm. Así mismo, se estableció colocar los dispositivos en ubicaciones que permitan captar vibraciones altas. Una vez recolectada la información, se realizó la corrección del acelerograma para seguir con el procesamiento a través de la Transformada de Fourier, utilizando como herramienta el Software SeismoSignal, con licencia académica. Finalmente, se realizó el cálculo del periodo elástico de las tres edificaciones escogidas, y se comparan los resultados entre los diferentes métodos para obtener los periodos fundamentales de las tres edificaciones.



# CAPITULO I: ASPECTOS TEÓRICOS

## 1.1 SALUD ESTRUCTURAL

Se define como infraestructura civil a aquellas obras dirigidas para el uso público o privado, que cumplen con una serie de funciones y necesidades según su destino. Una infraestructura civil comprende: puentes, edificios, túneles, represas, entre otros. El funcionamiento depende de varios factores, entre ellos la continua gestión y mantenimiento, el cual tiene como objetivo lograr proyectar seguridad. Para poder realizar la evaluación de una estructura existente, es necesario realizar una evaluación previa de la seguridad estructural presente y futura. (Ettouney & Alampalli, 2012)

La salud estructural se puede definir como, la capacidad actual para proporcionar el nivel de servicio previsto de manera segura y rentable frente a los peligros de la estructura durante su vida útil.

La metodología de diseño empleada para la construcción de una estructura es importante, sin embargo, a medida que pasa el tiempo y ante diferentes factores, la estructura se deteriora. Dicho deterioro se debe a varias razones, las cuales pueden ser fallas causadas por cargas cíclicas o de tráfico, factores ambientales como la corrosión del acero y el envejecimiento de los materiales, también por fuerzas externas como eventos sobrenaturales tales como, terremotos, inundaciones, nevadas o huracanes.

Es afectada por factores ambientales y operacionales, incluidas las condiciones normales de carga, los entornos actuales y futuros, y los peligros esperados durante la vida útil de la estructura. Todos los factores son variables, por ende, no se puede definir con exactitud la salud estructural en términos de edad, uso o nivel de seguridad, para resistir ante cargas externas provocadas por acciones naturales, por medio de evaluaciones visuales incluso siendo realizadas por profesionales o expertos. (Ettouney & Alampalli, 2012)

El control de la salud en estructuras es necesario para evitar situaciones tales como, deterioro prematuro, problemas de rendimiento y daños estructurales

graves que podrían verse reflejado visualmente como no, pero que tendrían repercusión a corto o largo plazo.

La aplicación de monitoreo para la evaluación de la salud estructural, basadas en sensores de alta resolución y monitoreo en tiempo real, ofrecen una gran ayuda tanto para la evaluación como en el análisis, otorgando información valiosa y efectiva.

Con el monitoreo de la salud se pueden rastrear respuestas de una estructura ante vibraciones, durante un periodo de tiempo, lo suficiente como para determinar tantas anomalías, como también para evaluar deterioros y daños en el comportamiento de una estructura. Dicho monitoreo se realiza a través de datos modales recogidos de vibraciones, frecuencias naturales, formas modales y algoritmos de interpretación. (Ettouney & Alampalli, Infrastructure Health in Civil Engineering Infrastructure Health in Civil Engineering, 2011)

Los instrumentos de monitoreo estructural tienen la capacidad de receptor respuestas vibratorias de estructuras que están, sobre todo sometidas a ruido ambiental. El método de monitoreo estructural es un método global de monitoreo no destructivo y, como tales, pueden usarse para detectar fallas en partes de la estructura que son de difícil o imposible acceso. Según (Farrar & Worden, 2007).

## **1.2 MONITOREO DE SALUD ESTRUCTURAL (SHM)**

El monitoreo de salud estructural tiene como objetivo el crear el análisis modal de una estructura, con el fin de conocer su comportamiento dinámico, por ello estima las propiedades dinámicas, en las cuales está, la frecuencia, los modos naturales y el amortiguamiento. También se lo considera como una estrategia para identificar daños a infraestructuras.

Se pueden dividir en dos diferentes métodos para el análisis de cambios en las propiedades modales de una estructura.

El primer método consiste en someter a la estructura a mecanismos que induzcan vibraciones mecánicas o acústicas, llamado "Experimental Modal Analysis" (EMA). El segundo método consiste en un análisis de la estructura ante vibraciones ambientales, llamado también "Operational Modal Analysis"

(OMA), el cual, para el presente proyecto, será aquel que se utilizará debido a la ubicación de las estructuras seleccionadas, y los diferentes factores que influyen en su vibración.

Una vez seleccionadas las edificaciones, se utiliza como técnica para medición de vibraciones, el uso de un acelerómetro como monitoreo remoto. (Chen & Ni, 2018)

Los métodos de monitoreo de salud basados en vibraciones son comunes y de uso extensivo en el monitoreo estructural. El objetivo de estos métodos es lograr obtener características derivadas de señales de vibración medidas en una estructura que cambian cuando la dinámica de la estructura cambia debido a un mecanismo de falla. (Trendafilova & EmilManoach, 2008)

El Monitoreo de Salud estructural (SHM), incluye componentes importantes como el análisis de datos, evaluación y detección de daños y toma de decisiones, los cuales cumplen su más grande objetivo, el cual es beneficiar de manera económica y hacia la seguridad. (Chen & Ni, 2018)

La estrategia SHM asociada a la gestión del ciclo de vida, es importante para equilibrar la evaluación y las predicciones estructurales, sobre todo para la operación y el mantenimiento óptimo de las estructuras de ingeniería y, eventualmente, para operar las estructuras más allá de su vida de diseño original.

### **1.3 MEDIDAS DE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL**

Ante los datos obtenidos para la finalidad de esta investigación, hay dos posibles maneras de procesar la información recibida, como antes se mencionó. La primera es ante vibraciones ambientales u operacionales llamada "Operational Modal Analysis" (OMA), la cual requiere únicamente de la información de la respuesta estructural; y la segunda, de vibraciones inducidas por algún mecanismo, llamada "Experimental Modal Analysis" (EMA) y el cual no se encuentra como posibilidad para esta investigación debido a los recursos innecesarios que conlleva su uso.

Operational Modal Analysis, requiere de la respuesta estructural debido a las excitaciones ambientales, consideradas como ruido blanco o Gaussiano. Para

la identificación de las propiedades modales, se involucra el análisis en el dominio del tiempo o frecuencia y se realiza con el uso de un acelerómetro. (Farrar & Worden, 2007)

#### 1.4 ACELERÓMETRO

El acelerómetro, al ser un instrumento capaz de recibir información de vibraciones del suelo, mantiene una ampliación baja para evitar la saturación en el mecanismo.

Se considera como un dispositivo electromecánico capaz de medir las fuerzas de aceleración. Dichas fuerzas se encuentran a un nivel escalar de décimas de micrones con sensibilidad y error muy pequeños. La unidad de medida es la gravedad (g's). (Rincon-Jara, Ambrosio, & Mireles, 2009)

Tan cerca se encuentre el movimiento telúrico a la ubicación exacta de la fuente, el nivel de frecuencias será alto. El periodo natural del acelerógrafo puede estar comprendiendo entre 0s y 0.1s. El amortiguamiento oscila entre el 50 y el 100% del amortiguamiento crítico, para conseguir que después de cada oscilación el acelerómetro quede preparado para recibir nuevos movimientos. Por tanto, el sensor con estas características tendrá una curva plana de sensibilidad en aceleración para el citado rango de frecuencias.

(Carreño, Bravo, Suárez, & Tordesillas, 1999)

#### 1.5 TIPOS DE ACELERÓMETROS

Según el tipo de registro, pueden considerarse dos tipos de acelerómetros: Analógicos y digitales.



Imagen 1: Organizador gráfico sobre los tipos de acelerómetros según su registro de datos. Fuente: (Hidalgo, 2011)

### 1.5.1 ACELERÓMETROS ANALÓGICOS

**Analógicos con registro gráfico directo:** Tienen la particularidad de llevar en la masa oscilante o vibratoria, un espejo el cual emite una luz para reflejar los datos sobre el sistema de película fotográfica, en cada uno de sus sensores. Al culminar cada umbral de aceleración, el sistema de arrastre de la película se acciona automáticamente.

**Analógicos con registro en cinta magnética:** Con este tipo de acelerómetros el registro es mediante modulación de frecuencia (FM). Se utiliza un sistema de grabación mediante cassettes, donde se registran gráficos.

### 1.5.2 ACELERÓMETROS DIGITALES

Tienen la opción de utilizar el sistema de grabación de registros gráficos mediante cassettes o mediante una memoria de estado sólido. (Hidalgo, 2011)




Acelerómetro analógico con registro gráfico directo	Acelerómetro analógico con registro en cinta magnética	Acelerómetro digital con registro en memoria de estado sólido
		
(Modelo SMA -1 Kinemetrics)	(Modelo DCA-333)	(Modelo CMG-5TD)

Imagen 2. Tipos de acelerómetro según su registro. Fuente: (Ampere, 2010)

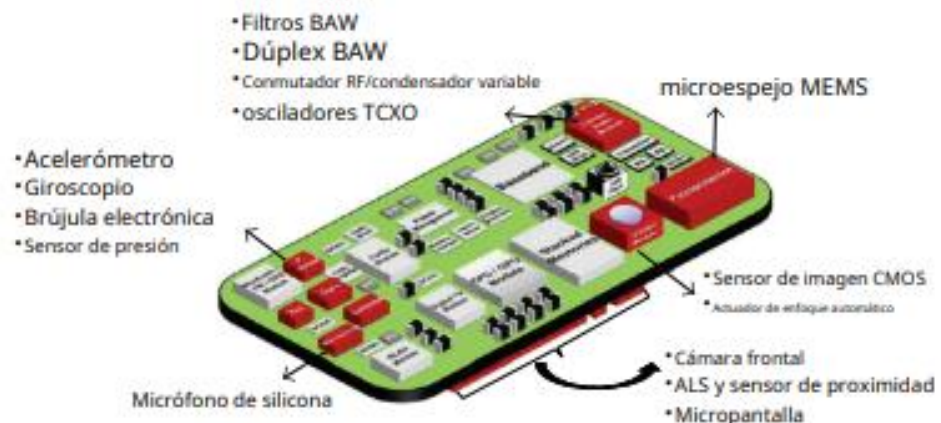
### 1.6 ACELERÓMETRO DE TELEFONÍA CELULAR

Los teléfonos inteligentes modernos tienen varios tipos de sensores. Los sensores más populares que tienen la mayoría de los teléfonos inteligentes son el acelerómetro, el giroscopio, el magnetómetro, el micrófono y la cámara.

El principio del acelerómetro está en utilizar la fuerza de inercia. La fuerza de la gravedad afectará la medición del acelerómetro para medir la velocidad o

el desplazamiento de un objeto en tres dimensiones. La fuerza de gravedad debe restarse antes de cualquier medición. Sin embargo, la fuerza de la gravedad se puede aprovechar para detectar la rotación de un dispositivo. Cuando un usuario gira su teléfono inteligente, el contenido que está viendo cambiará entre vertical y horizontal. El valor que arroja el acelerómetro es tridimensional. (Liu, 2013)

El acelerómetro es bueno para medir el desplazamiento de un objeto, sin embargo, es inexacto medir el movimiento de giro del dispositivo. El giroscopio es un dispositivo para medir o mantener la orientación, basado en los principios del momento angular. Mecánicamente, un giroscopio es una rueda o disco giratorio en el que el eje es libre de adoptar cualquier orientación, aunque esta orientación no permanece fija, cambia en respuesta a un par externo mucho menor y en una dirección diferente de lo que sería sin el gran momento angular asociado con la alta velocidad de giro y el momento de inercia del disco. La orientación del dispositivo permanece casi fija, independientemente del movimiento de la plataforma de montaje. Al igual que el acelerómetro, el giroscopio arroja valores tridimensionales. (Liu, 2013)



**Imagen 3. Ilustración de las partes generales de un smartphone. Fuente: (Liu, 2013)**

Para el uso de la telefonía celular iPhone y Samsung, se orientó en sentido longitudinal paralelo a la dirección de las edificaciones, para poder distinguir los diferentes módulos obtenidos en la base de datos de los registros.

## **1.7 CORRECCIONES EN LOS ACELEROGRAMAS**

Antiguamente, los registros de movimientos sísmicos eran recolectados a través de películas fotográficas, para después ser analizados. El proceso de análisis requiere la representación análoga o trazado continuo por medio de puntos referidos a un sistema de eje de coordenadas arbitrario, como intento de caracterizar el ritmo de la señal. Este proceso de digitalización ayudaba a procesar la información de la señal a un formato digital compatible con una computadora. De esta forma, debido a la serie de procesos, podría presentar errores instrumentales, proceso de revelado fotográfico, ruido y digitalización. (O. Rascón, 1951)

### 1. Errores debido al instrumental:

- 1.1. Distorsiones de amplitud y fase de transductor (Producen alta frecuencia)
- 1.2. Imperfecciones en el diseño del transductor (Producen alta frecuencia)
- 1.3. Movimiento transversal del papel de registro
- 1.4. Falta de uniformidad en la velocidad de grabación o inexactitudes de las marcas del tiempo.
- 1.5. Errores generados por el efecto “fuera de escala” (off scale)
- 1.6. Fluctuaciones en el grosor del trazo

### 2. Errores por revelado fotográfico

### 3. Errores de digitalización:

- 3.1. Errores aleatorios y sistemáticos
- 3.2. Efecto de filtrado pasa-bajos
- 3.3. Errores durante el traslape de una señal seccionada

### 4. Errores por ruido

(O. Rascón, 1951)

En el presente proyecto de tesis, se considerará de más relevancia la corrección de línea base y corrección por ruido, debido al tipo de acelerómetro y los factores ambientales que rodean las tres edificaciones seleccionadas.

### **1.7.1 CORRECCIÓN POR LINEA BASE**

Al momento de considerarse los espectros de respuesta, se requiere conocer la ubicación o posición de la línea de aceleraciones nulas o también conocida

como línea base, por ello se encuentra la necesidad de ajustarla a las aceleraciones, utilizando procesos matemáticos. (O. Rascón, 1951)

Puede ocurrir que los acelerogramas se encuentren desplazadas fuera de la línea cero o base de aceleración, debido a mal nivelado del equipo, o por fallas en el sistema de registro que provoquen una deriva de los datos con respecto a la línea de base. Este error puede no afectar a la aceleración, pero sí en la velocidad y desplazamiento obtenidos mediante procesos de integración, ya que, para ello es necesario conocer el área entre la curva de aceleración y la línea base. Por ende, al no corregirse la línea base, generará errores en la velocidad y el desplazamiento. (CARREÑO, Bravo, SUÁREZ, & TORDESILLAS, 1999)

$$v = \int_0^{tf} a dt$$
$$u = \int_0^{tf} v dt$$

(1)

**Ecuación 1. Integral de velocidad con respecto al tiempo de la aceleración e integral de desplazamiento con respecto al tiempo de la velocidad.**

Para corregir la línea base existen métodos frecuentes creados a partir de estudios a través del tiempo, los cuales son:

- Inicialización de la línea base: Una de las razones para el error de línea base puede ser debido a efectos del ruido en el fondo. Para ello, Rong Mianshui propone el método del mínimo cuadrado, en donde se elimina la tendencia lineal creada por la aceleración de la línea base de fondo. Por debajo del umbral de activación, el movimiento de un terremoto es mucho mayor al movimiento del suelo, por esa razón es probable que se resten los registros de movimiento de suelo, causando un promedio de sustracción mayor que afecta los resultados de corrección. (Hu Guorui, 2015)
- Trasladar la línea base original para obtener al final del registro una velocidad nula. (Hidalgo, 2011)



- Aplicar una serie de impulsos al acelerograma para que el diagrama de velocidades oscile con respecto a la línea de ceros para así lograr una velocidad final nula. (Hidalgo, 2011)

Utilizando cualquier método se debe de cumplir con una optimización, creada a partir de reducir el valor cuadrático media de la velocidad. Esto debido a que, en la mayoría de los sismos de largos periodos, la velocidad oscila de manera simétrica alrededor del eje cero y al terminar el evento se aproxima a cero. Dicha corrección se alinea a una recta, justificando físicamente una mínima información de los resultados, además de la justificación matemática debido al sistema de optimización por mínimos cuadrados. A pesar de ello, existe una desventaja, la cual radica en que los componentes de periodo largo que quedan en los desplazamientos del suelo generan una dudosa exactitud. (Hidalgo, 2011)

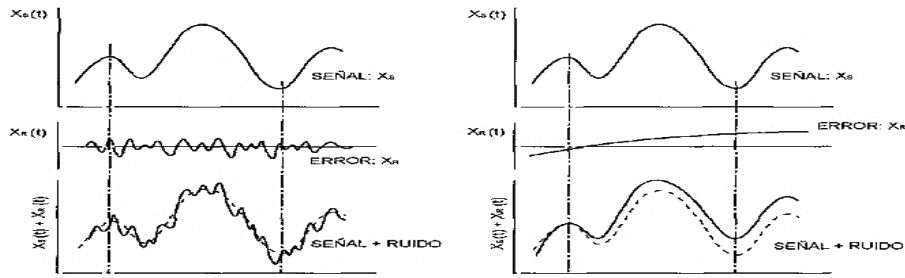
### **1.7.2 CORRECIÓN POR RUIDO**

La corrección por ruido se realiza como consecuencia de factores externos como fenómenos naturales o por el tratamiento de los datos. Al existir la necesidad de corregir por línea base, se debe también verificar por ruido. Se puede decir que, el acelerograma es la suma de la señal sísmica más el efecto del ruido. (Hidalgo, 2011)

Este ruido puede presentarse por efecto de alta frecuencia y efecto de baja frecuencia.

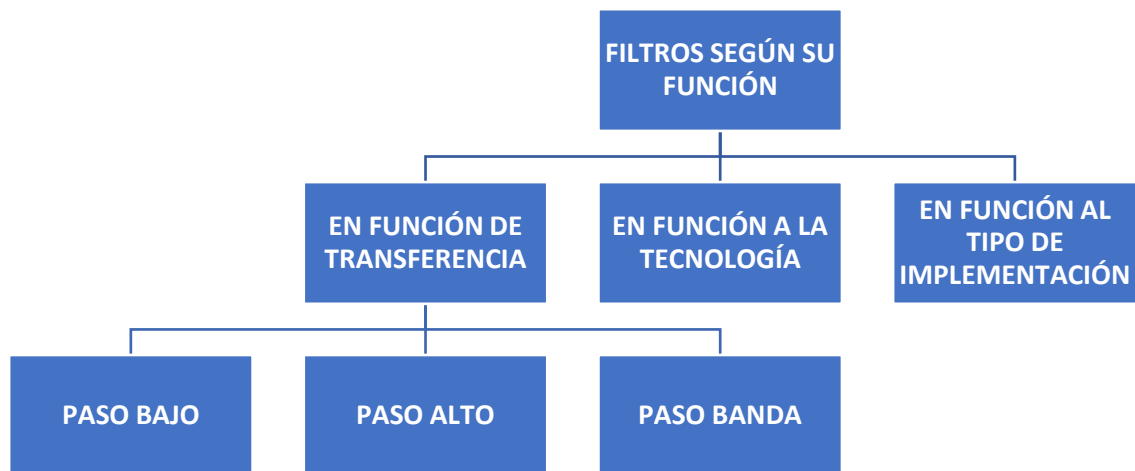
El ruido de alta frecuencia sobrepasa la línea de banda de frecuencia, afectando los resultados de la velocidad y del desplazamiento, ambos mediante integración, debido a que resultará en que el área bajo la curva será igual a la señal corregida; a diferencia del ruido de baja frecuencia que aparece por debajo de la banda de frecuencia, ya que esta afecta en el resultado de la integración para obtener la velocidad y el desplazamiento.

Se deben evitar estos errores limitando la información a la banda de frecuencia a través de filtros.



**Imagen 4. Registros de tratamientos de acelerograma, en donde a la izquierda se presenta ruido de alta frecuencia, y a la derecha ruido de baja frecuencia. Fuente: (Carreño, Bravo, Suárez, & Tordesillas, 1999)**

Un filtro es un sistema que permite el paso de señales eléctricas dentro de un cierto rango de frecuencias, impidiendo el paso del resto. Entre sus usos se encuentra la digitalización de señales. Los filtros pueden dividirse de acuerdo con su función. (Daud, 2012)



**Imagen 5. Filtros según su función. (Autoría propia)**

Para reconocer el tipo de filtro a emplearse, se debe de conocer la frecuencia del registro.

### **1.7.2.1 FILTROS DE RUIDO**

- **Filtros “Paso Bajo”:** Se crean con la finalidad de eliminar altas frecuencias.

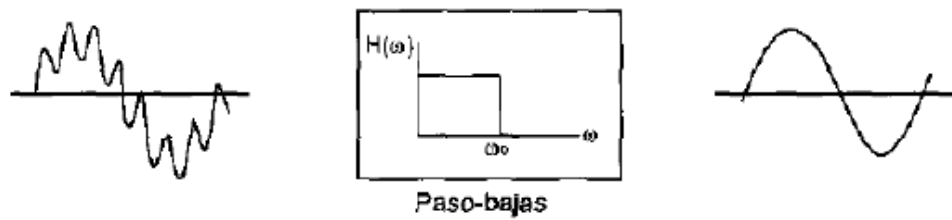


Imagen 6. Comportamiento del filtro de pasa baja. Fuente: (Carreño, Bravo, Suárez, & Tordesillas, 1999)

- **Filtros “Paso Alto”:** Se crean con la finalidad de eliminar bajas frecuencias.

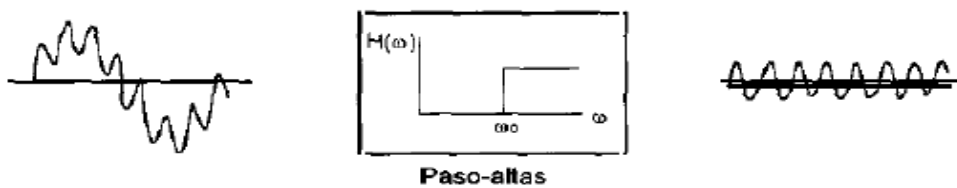


Imagen 7. Comportamiento del filtro de pasa alta. Fuente: (Carreño, Bravo, Suárez, & Tordesillas, 1999)

- **Filtros “Paso banda”:** Sirven para filtrar los ruidos de alta y baja frecuencia a la vez.

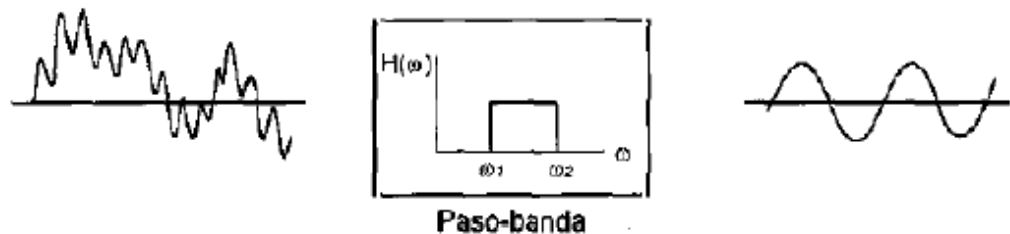


Imagen 8. Comportamiento del filtro de paso banda. Fuente: (Carreño, Bravo, Suárez, & Tordesillas, 1999)

Lo más importante al aplicar los filtros es escoger correctamente la frecuencia de corte, ya que de lo contrario puede no llegar a filtrar información necesaria como, filtrar parte de la señal o no filtrar el ruido. (Hidalgo, 2011)

En la práctica, los filtros ideales no se pueden utilizar, debido a que su transferencia a través del tiempo es de longitud infinita; se deben utilizar filtros de aproximación como Schebyshev, Butterworth, Bessel, entre otros. (Hidalgo, 2011)

### 1.7.2.2 FILTRO PASO BAJA BUTTERWORTH

El filtro Butterworth es un tipo de filtro de procesamiento de señal diseñado para tener una respuesta de frecuencia lo más plana posible en la banda de paso. También se le conoce como filtro de magnitud máximamente plano. El término Butterworth se refiere a un tipo de respuesta de filtro, no a un tipo de filtro. Las características de respuesta se reflejan en los filtros de paso alto.

Este filtro tiene una respuesta plana en la banda de paso (llamada máximamente plana), a costas de la respuesta en la región transición, la cual es de 20 dB/Década por polo. (Huircán, 2012)

El módulo de la respuesta en frecuencia del filtro "paso bajo", para ganancia  $G$ , y frecuencia de corte  $\omega_c$  está dado por:

$$|H(j\omega)| = \frac{G}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^{2n}}} \quad (2)$$

Ecuación 2. Fórmula para módulo de la respuesta en frecuencia del filtro "Paso Bajo".

Fuente: (Huircán, 2012)

Donde  $n = 1, 2, \dots, k$ . es el orden.

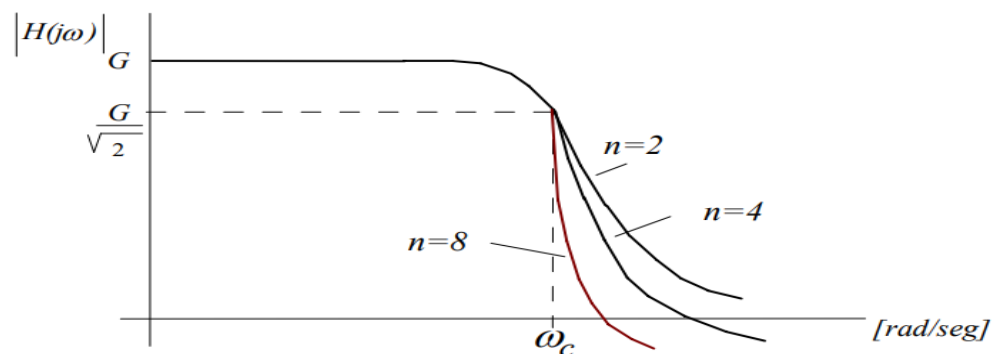


Imagen 9. Respuesta del filtro Butterworth para distintos valores de  $n$ . Fuente:

(Huircán, 2012)

Una respuesta máximamente plana tiene muchas derivadas que son cero en el origen  $\omega = 0$ . Para ganancia unitaria y una frecuencia  $\omega = \omega_c$ , se tiene que:

$$|H(j\omega)| \cong \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

**Ecuación 3. Demostración de ecuación para Polinomio de Butterworth.**  
La cual es llamada -3[dB]. Para  $\omega \gg \omega_c$ , se tiene que:

$$|H(j\omega)| \cong \frac{1}{\omega^n} \quad (4)$$

**Ecuación 4. Demostración de ecuación para Polinomio de Butterworth.**  
Variación de  $-20n$ [dB] por década:

$$|H(j\omega)|_{\text{db}} \cong 20 \log\left(\frac{1}{\omega^n}\right) = -20n \log(\omega) \quad (5)$$

**Ecuación 5. Demostración de ecuación para Polinomio de Butterworth.**  
Siendo  $G = 1$  y  $\omega_c = 1$ , haciendo  $s = j\omega$ , entonces  $\omega = s/j$ , reemplazando se tiene:

$$|H(j\omega)|^2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{s}{j}\right)^{2n}} = \frac{1}{1 + (-1)^n s^{2n}} \quad (6)$$

**Ecuación 6. Demostración de ecuación para Polinomio de Butterworth.**  
Y los polos de la función de transferencia se obtienen para:

$$(-1)^n s^{2n} = -1 \quad (7)$$

**Ecuación 7. Demostración de ecuación para Polinomio de Butterworth.**  
Pero como  $e^{j(2k-1)\pi} = -1$ , entonces:

$$(-1)^n s^{2n} = e^{j(2k-1)\pi} \quad (8)$$

**Ecuación 8. Demostración de ecuación para Polinomio de Butterworth.**  
Por lo tanto, los polos para  $k = 1, 2, \dots, n$  estarían dados por:

$$s_k = e^{\frac{j(2k+n-1)\pi}{2n}} \quad (9)$$

**Ecuación 9. Demostración de ecuación para Polinomio de Butterworth.**

Los polinomios que se obtienen son de la forma:

$$H(s) = \frac{1}{(s - s_1)(s - s_2) \dots (s - s_n)} \quad (10)$$

**Ecuación 10. Ecuación de Polinomio de Butterworth. Fuente: (Huircán, 2012)**

El denominador de la ecuación de un Polinomio de Butterworth, corresponde según lo indicado en la tabla:

n	Polinomios de Butterworth
1	$s + 1$
2	$s^2 + \sqrt{2}s + 1$
3	$(s^2 + s + 1)(s + 1)$
4	$(s^2 + 0.7653s + 1)(s^2 + 1.8477s + 1)$
5	$(s^2 + 0.6180s + 1)(s^2 + 1.6180s + 1)(s + 1)$
6	$(s^2 + 0.5176s + 1)(s^2 + \sqrt{2}s + 1)(s^2 + 1.9318s + 1)$

**Imagen 10. Polinomios de Butterworth. Fuente: (Huircán, 2012)**

Generalmente, en el ámbito sísmico es más común el uso del filtro Butterworth de paso banda, ya que combina los filtros paso bajo y paso alto, logrando eliminar ruidos de altas y bajas frecuencias, alcanzando a quitar toda contaminación de la señal, por lo cual, los límites de corte establecidos en los filtros paso banda quedan retenidos. Esto da como respuesta un resultado plano, útil en aplicaciones de conversión de datos. Como el gráfico de la Transformada Rápida de Fourier (FFT) se encuentra en el dominio de frecuencia, resulta sencillo identificar el ruido de alta y baja frecuencia. (Hayes, 1999)

En el presente trabajo de titulación, se utilizará el filtro Butterworth de orden 5 para las frecuencias de muestreo menores a 100 Hz y de orden 4 para menores a 200 Hz. Los límites de corte vienen dados entre 0.1 y 20 Hz, ya que normalmente el sismo viene dado entre 0.05 y 10 segundos, pasando estos se pueden considerar otros factores ajenos al sismo, ya sea por electricidad, viento, actividad humana, etc.

## 1.8 TEOREMA DE MUESTREO DE NYQUIST-SHANNON

Nyquist fue un físico sueco que, en el año de 1927, formula el teorema de muestreo, el mismo que después fue demostrado por Shannon en 1949, convirtiéndose en un teorema fundamental en el tratamiento digital de señales. El teorema establece que, la reconstrucción exacta de una señal periódica continua a partir de sus muestras es matemáticamente posible si la señal está limitada en banda y la tasa de muestreo es como mínimo el doble de su máxima frecuencia. El teorema demuestra que los datos de una señal dentro de un intervalo temporal entre dos muestras están dados por la serie total de muestras, siempre que la señal registrada sea de naturaleza periódica y no tenga componentes de frecuencia igual o superior a la mitad de la tasa de muestreo. (Emiel Por, 2019)

$$Frec_{muestreo} \geq 2Frec_{max a medir} \quad (11)$$

Ecuación 11. Teorema de Nyquist-Shannon (1949).

## 1.9 RELACIÓN ENTRE MUESTREO DE NYQUIST-SHANNON Y EL USO DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS.

De acuerdo con el teorema de muestreo de Nyquist-Shannon, para poder digitalizar una señal analógica y transmitirla por un medio electrónico como es el caso de una telefonía celular a grandes distancias y sin pérdidas de información, se requiere que la señal analógica sea muestreada al menos dos veces su frecuencia máxima. (Soldan, 2010)

Un dispositivo electrónico puede presentar información de forma analógica o digital. La diferencia entre las señales radica en cómo se recolecta la

información, sea continua (analógica) o discontinua (discontinua). La señal analógica puede tomar infinitos valores, a diferencia de la señal digital, la cual solo puede tomar dos valores o estados 0 y 1.

### **1.10 DOMINIO DE FRECUENCIA**

El dominio de la frecuencia se refiere al espacio analítico en el que las funciones, señales matemáticas o movimientos periódicos, se transmiten respecto a su frecuencia en lugar de tiempo.

Para el cambio de señal de dominio a otro, se debe realizar por medio de la transformada de Fourier, ya que este método permite descomponer una señal periódica en un número finito o infinito de frecuencias. (Stein, 2000)

### **1.11 TRANSFORMADA DE FOURIER**

Joseph Fourier fue un matemático francés que en el año 1807 publicó su primer trabajo titulado “Memoria sobre la propagación del calor en los cuerpos sólidos”, en donde introduce la “Teoría analítica del calor”, con la ecuación del calor, la cual es una ecuación en derivadas parciales de segundo orden. Posteriormente, plantea por medio de superposiciones de ondas sinusoidales la llamada “Serie de Fourier”. (Soldan, 2010)

La Transformada de Fourier parte del principio de la serie de Fourier, planteándose como un teorema que permite analizar funciones no periódicas. Permite representar señales no periódicas en términos de sus componentes sinusoidales, cada componente con una frecuencia en particular, a través de la correcta elección de amplitudes y fases.

Se utiliza en la ingeniería como herramienta para transformar una señal del dominio del tiempo a un dominio de frecuencia, sin modificar la información, dando como respuesta un espectro de frecuencias.

Obteniendo el espectro por la Transformada de Fourier, se analiza cuáles son los periodos importantes para el análisis del sismo, la frecuencia o periodo fundamental del registro en donde el espectro de Fourier de la aceleración llega a su valor máximo. (Carreño, Bravo, Suárez, & Tordesillas, 1999)



Fourier consideró las señales no periódicas como periódicas con un periodo infinito, de tal manera que, en la Serie de Fouier, a medida que aumenta el periodo, la frecuencia fundamental disminuye y los componentes relacionados armónicamente se acercan a la frecuencia. A medida que el periodo se hace infinito, los componentes se vuelven continuos y la suma de la Serie de Fourier se convierte en una integral.

Sea  $f$  una función real definida en el dominio continuo, dígase  $f(t)$  definida en el dominio  $t$ . Entonces, la Transformada de Fourier (TF) se define como:

$$\mathcal{F}(f(t)) = F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt, \quad \forall -\infty < \omega < +\infty \quad (12)$$

**Ecuación 12. Transformada de Fourier (1807).**

Donde  $f(t)$  representa al dominio del tiempo y  $F(\omega)$  representa el dominio de la frecuencia, también que, la relación de Euler es:

$$e^{ix} = \cos x + i \sin x$$

$$e^{-ix} = \cos x - i \sin x \quad (13)$$

**Ecuación 13. Relación de Euler.**

Se dice que una señal  $f(t)$  tiene Transformada de Fourier si la integral de la ecuación (13) converge (es decir, existe). La integral converge si  $f(t)$  es completamente integrable; cumpliendo con las condiciones de Dirichlet.

**Condición 1.** La integral entre dos puntos cualesquiera del módulo de la función de partida ha de ser menor que infinito:

$$\int_a^b |f(t)| dt < \infty \quad (14)$$

**Ecuación 14.**

**Condición 2.** la integral de menos infinito a infinito del módulo de la función ha de obtener un resultado menor que infinito:

$$\int_{-\infty}^{\infty} |f(t)| dt < \infty \quad (15)$$

Ecuación 15.

### **1.12 TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER (FFT)**

La transformada rápida de Fourier (Fast Fourier Transform, FFT), es un algoritmo de uso rápido para calcular la transformada discreta de Fourier (Discrete Fourier Transform, DFT) de una secuencia. Para ambos métodos es necesario el uso de un software a través de un dispositivo electrónico como es un computador. A través del software se descompone una señal en sus componentes espectrales individuales para proporcionar información sobre su composición. (Torres, 2017)

Consiste en aplicar mediante algún software la Transformada Rápida de Fourier, a las aceleraciones medidas por el acelerómetro triaxial MEMS, con el fin de obtener la frecuencia principal de vibración. La frecuencia principal de vibración es conocida, ya que es asignada al vibrador mecánico de precisión.

## **CAPÍTULO II: INFORMACIÓN SOBRE LOS REGISTROS A ANALIZAR**

### **2.1 EDIFICACIONES**

Para el presente trabajo, se escogieron tres edificaciones diferentes dentro de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, ubicada en la Av. Pdte. Carlos Julio Arosemena Tola, Guayaquil, las cuales fueron: Facultad de Ingeniería, Facultad de Jurisprudencia y Facultad de Empresariales.



**Imagen 11. Facultad de Empresariales UCSG. (Fuente: Página oficial de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. <https://www.ucsg.edu.ec/>)**



**Imagen 12. Facultad de Jurisprudencia. (Fuente: Página oficial de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. <https://www.ucsg.edu.ec/>.)**



Imagen 13. Facultad de Ingeniería. (Fuente: <https://casaabiertaucsg.com/>)

<b>CUADRO COMPARATIVO DE CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES ENTRE FACULTADES</b>		
<b>Facultad de Empresariales</b>	<b>Facultad de Jurisprudencia</b>	<b>Facultad de Ingeniería</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edificio de 10 pisos.</li> <li>• Sistema aporricado.</li> <li>• Estructura Asimétrica.</li> <li>• Material: Hormigón Armado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edificio de 6 niveles.</li> <li>• Sistema aporricado.</li> <li>• Estructura Simétrica.</li> <li>• Material: Hormigón Armado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edificio de 3 niveles.</li> <li>• Sistema aporricado.</li> <li>• Luces de 4 m en el Eje x; y de 6 m en Eje Y.</li> <li>• Estructura Simétrica.</li> <li>• Columnas alineadas a un solo eje.</li> <li>• Vigas aperaltadas de 30x40</li> <li>• Columnas de 45x45 cm, excepto en la parte exterior, donde son de 40x40 cm.</li> <li>• Material: Hormigón Armado</li> </ul>

Tabla 1. Cuadro comparativo de características estructurales entre facultades. (Autoría propia)

## 2.2 EQUIPO DE MONITOREO

### 2.2.1 ACELERÓMETRO

Para el monitoreo por acelerograma, se utilizó el equipo de acelerómetro del Centro de Monitoreo Sísmico (CEMSIS) de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. El acelerómetro es tipo digital con registro en memoria de estado sólido, modelo REF TEK 130-SMA, de 9-24V.



**Imagen 14. Fotografías del acelerómetro modelo REF TEK 130-SMA, utilizado para el monitoreo de aceleraciones en el proyecto de titulación.**

### CARACTERÍSTICAS

Registrador sísmico de banda ancha (REF TEK 130S-01)

- ✓ Almacenamiento de 24 bits
- ✓ 3 y 6 canales de entrada para conexión a cualquier sensor.
- ✓ Diseño compacto y ligero.
- ✓ Comunicación IP sobre Ethernet y serial asíncrono.
- ✓ Voltaje de 9 a 24V CD (corriente directa).
- ✓ Peso: 2 Kg

(REFTEK, 2012)

Para el presente trabajo de titulación, el acelerómetro modelo REF TEK 130-SMA grabó las vibraciones en periodos de 0.005 s.

## 2.2.2 TELEFONÍA CELULAR

En el caso del uso de celulares, se utilizó para el monitoreo de datos la ayuda de los acelerómetros por fábrica de ambos celulares, uno marca Samsung, modelo J7 y otro modelo marca Apple modelo iPhone XR.



Imagen 15. Fotografías de los teléfonos celulares utilizados, iPhone XR y Samsung J7, respectivamente. (autoría propia)

### CARACTERÍSTICAS IPHONE XR

- ✓ Capacidad de 128 GB.
- ✓ Peso: 194g.
- ✓ Resolución de 1792 x 828 pixeles a 326 ppi.
- ✓ Wi-Fi 802.11ac con MIMO 2x2.
- ✓ Tecnología inalámbrica Bluetooth 5.0
- ✓ Sensores: Face ID, barómetro, giroscopio de tres ejes, acelerómetro, sensor de proximidad, sensor de luz ambiental.

(Apple, 2018)

### CARACTERÍSTICAS DE SAMSUNG J7

- ✓ Capacidad de 16 GB
- ✓ Peso: 171 g
- ✓ Resolución de CMOS de 13.0 MP.
- ✓ Wi-Fi 802.11 b/g/n 2.4 GHz.
- ✓ Sensores: Acelerómetro, sensor de proximidad, sensor hall.

(Samsung, 2015)

## **2.2.2.1 APLICACIONES Y SOFTWARES UTILIZADOS**

### **2.2.2.1.1 SISMÓGRAFO – SISMO DETECTOR (APLICACIÓN PARA AMBOS CELULARES)**

- **“SISMÓGRAFO – SISMO DETECTOR”**

Para fines de la investigación en el primer ensayo, se utilizó una aplicación disponible para ambos teléfonos celulares, es decir, tanto para Apple Store como para Play Store.

#### **CARACTERÍSTICAS**

- ✓ Utiliza el sismógrafo o sismómetro del teléfono para medir la intensidad de las vibraciones.
- ✓ Una vez que la actividad sea medida, el gráfico presenta un registro del movimiento del suelo en el punto de medición.
- ✓ Cualquier movimiento del suelo o de objetos es presentado como una función del tiempo a lo largo de los ejes cartesianos, con el eje z perpendicular a la superficie de la Tierra y los ejes x e y paralelos a la superficie.
- ✓ Historial de mediciones, donde se puede explorar mediciones recientes y compartirlas a través del archivo CSV.

(Apple A. , 2012)



**Imagen 16. Imagen de la aplicación "Sismógrafo"**

La aplicación permite la grabación de vibraciones en periodos de 0.1 s.

- **PHYSICS TOOLBOX ACELERÓMETRO**

Para fines de investigación y comprobación de datos, se utilizó como herramienta la aplicación de telefonía celular "Physics Toolbox acelerómetro", utilizándose únicamente con la telefonía celular iPhone.



## CARACTERÍSTICAS

- ✓ Gráfica de Fuerza G vs. Tiempo (s), así como la magnitud total de la fuerza G.
- ✓ Gráfica aceleración (g) vs. Tiempo (s) en x, y, z.
- ✓ Los datos se pueden grabar y exportar como un archivo adjunto .csv
- ✓ Esta aplicación puede ser especialmente útil para el seguimiento de los cambios en la aceleración en vehículos o aviones, y para controlar las vibraciones de cualquier tipo.

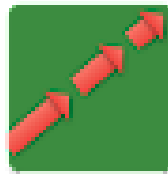


Imagen 17. Imagen de la aplicación Physics Toolbox Acelerómetro

### 2.2.2.1.2 SEISMOSIGNAL (PROCESADOR DE SEÑALES)

SeismoSignal es un software parte de la familia de aplicaciones de software para el análisis de estructuras sometidas a acciones sísmicas “Seismosoft”. Es una herramienta utilizada para procesar datos de movimientos con una interfaz visual fácil de usar, cuyos parámetros son requeridos mayormente por sismólogos e ingenieros civiles.

Permite calcular parámetros como:

- ✓ Espectros Fourier y Poder.
- ✓ Velocidad absoluta acumulada y Densidad de Energía Específica.
- ✓ Aceleración, velocidad y desplazamiento.
- ✓ Permite corregir los datos por línea base, y utiliza filtros como Butterworth, Chebyshev y Bessel.
- ✓ Espectro de respuesta Elástica e Inelástica
- ✓ Parámetros de movimiento de la tierra.

(PERU, 2018)





**Imagen 18. Imagen del software "Seismosoft": Aplicaciones de software para el análisis de estructuras sometidas a acciones sísmicas.**

**(Fuente: <https://seismosoft.com/>)**

### **2.2.2.1.3 ETABS (ANÁLISIS ESTRUCTURAL)**

ETABS es un software revolucionario en el análisis estructural y dimensionamiento de edificios. Es una herramienta con alta capacidad para el análisis lineal y no lineal. Dentro del software, se pueden utilizar herramientas para:

- ✓ Modelado de edificios
- ✓ Herramientas de diseño
- ✓ Crear planos a partir del modelado de edificios.
- ✓ Análisis dinámico
- ✓ Análisis de Pandeo
- ✓ Análisis estático No Lineal
- ✓ Mapas de esfuerzos y tensiones
- ✓ Exportar e importar información.
- ✓ Crear animaciones y videos a partir del modelado.
- ✓ Vistas renderizadas

(ETABS, 2022)



**Imagen 19. Imagen del software "ETABS" versión más actual, V19.1.0. (Fuente: <https://www.csiespana.com/software/5/etabs>)**

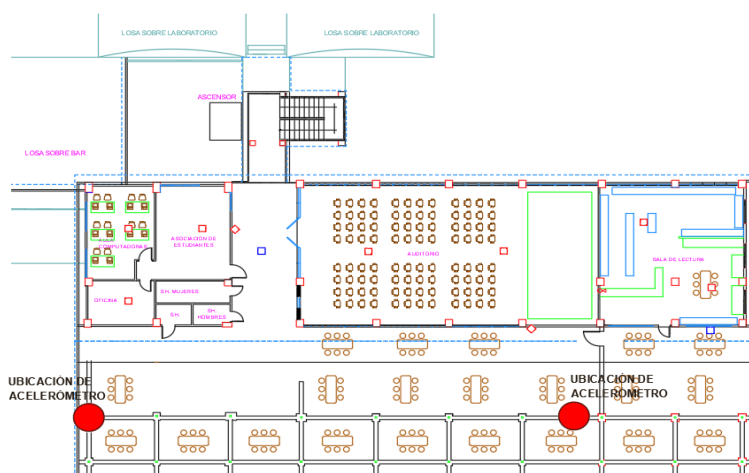
## CAPÍTULO III: PROCEDIMIENTO

Las mediciones se realizaron dentro de horarios pico de cada edificio, en la mañana a las 10:00 am; en la tarde a las 13:00 pm y la última medición a las 18:00 pm, tanto para el acelerómetro digital como para los de uso de telefonía celular. Para el uso de ambos tipos de acelerómetros, se utilizaron las mismas ubicaciones, con el fin de tener frecuencias altas y similares.

Los acelerómetros se ubicaron en posición horizontal en sentido de la estructura.

### 3.1 EDIFICIO INGENIERÍA

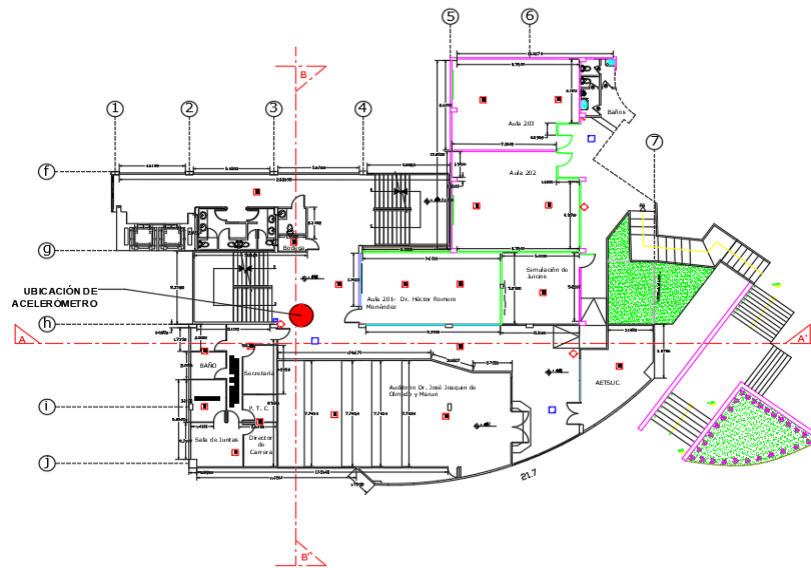
Se ubicó a cada extremo del tercer piso de la facultad, y las mediciones se realizaron cada 15 a 20 minutos, para cada horario establecido.



**Imagen 20. Imagen del plano del segundo piso de la Facultad de Ingeniería UCSG, señalando la ubicación de los ensayos para los acelerómetros. (Autoría propia)**

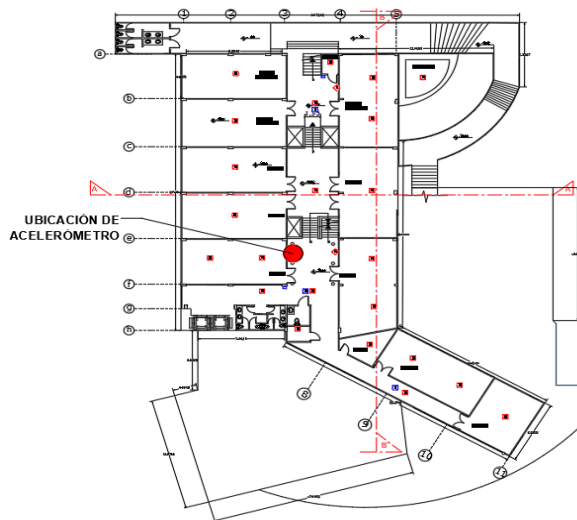
### 3.2 EDIFICIO DE JURISPRUDENCIA

Las mediciones se realizaron en el segundo y quinto piso, en intervalos de 15 a 20 minutos, para cada horario establecido.



**SEGUNDO PISO**

**Imagen 21. Imagen del plano del segundo piso de la Facultad de Jurisprudencia UCSG, señalando la ubicación de los ensayos para los acelerómetros. (Autoría propia)**

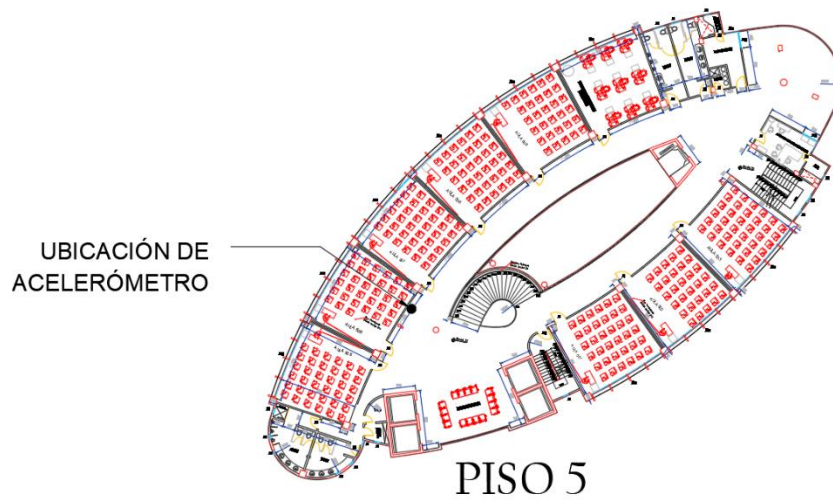


**QUINTO PISO**

**Imagen 224. Imagen del plano del quinto piso de la Facultad de Jurisprudencia UCSG, señalando la ubicación de los ensayos para los acelerómetros. (Autoría propia)**

### **3.3 EDIFICIO DE EMPRESARIALES**

Las mediciones se realizaron en el quinto y décimo piso, en intervalos de 15 a 20 minutos, para cada horario establecido.



**Imagen 235. Imagen del plano del quinto piso de la Facultad de Empresariales UCSG, señalando la ubicación de los ensayos para los acelerómetros. (Autoría propia)**



**Imagen 624 Imagen del plano del décimo piso de la Facultad de Empresariales UCSG, señalando la ubicación de los ensayos para los acelerómetros. (Autoría propia)**

## CAPÍTULO IV: ENSAYOS

### 4.1 ANÁLISIS DINÁMICO DE EDIFICACIONES

#### 4.1.1 CÁLCULO DEL PERÍODO ESTRUCTURAL ANALÍTICO: NEC

**Periodo de Vibración  $T_a$ :** Para estructuras de edificación, el valor de  $T_a$  puede determinarse de manera aproximada mediante la expresión:

$$T_a = Ct^{h_n^{\alpha}}$$

Dónde:

$h_n$  Altura máxima de la edificación de  $n$  pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.

$T_a$  Periodo de vibración

$Ct$  Coeficiente que depende del tipo de edificio

Imagen 25. Periodo de vibración  $T_a$ . (Fuente: NEC 2015)

Para:

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

Imagen 76. Valores de  $C_t$  y  $\alpha$  según el tipo de estructura. (Fuente: NEC 2015)

El valor de  $\alpha$  y  $C_t$ , se obtuvo analizando el tipo de estructuras de cada una de las edificaciones escogidas, llegando a la conclusión de que la Facultad de Ingeniería y Jurisprudencia, son edificaciones tipo pórticos especiales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadores, siendo así  $C_t = 0.047$  y  $\alpha = 0.9$ . En el caso de la Facultad de Empresariales, se consideró como un edificio tipo pórtico especial de hormigón armado con muros estructurales, siendo así  $C_t = 0.049$  y  $\alpha = 0.75$ .

Por lo tanto, el valor del periodo de vibración será:

CÁLCULO DEL PERIODO ESTRUCTURA: NEC		
FÓRMULA: $T_a = C_t * h_n^\alpha$		
F. INGENIERÍA	F. EMPRESARIALES	F. JURISPRUDENCIA
0.340	0.596	0.697

Tabla 2. Tabla de cálculo del periodo estructural. (Fuente: Nec-15)

Valores para F. Ingeniería		Valores para F. Empresariales		Valores para F. Jurisprudencia	
hn	9	hn	28	hn	20
$\alpha$	0.9	$\alpha$	0.75	$\alpha$	0.9
Ct	0.047	Ct	0.049	Ct	0.047

Tabla 3. Tablas de valores utilizados para el cálculo del periodo estructural. (Fuente: Nec-15)

#### 4.1.2 CÁLCULO DEL PERÍODO ESTRUCTURAL ANALÍTICO: ETABS

Los materiales considerados para el análisis estructural se muestran en la siguiente tabla, junto con las propiedades físicas correspondientes:

Materiales	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación de Poisson
Concreto fundido in situ	2400	300	262 000	0.20
Acero de refuerzo ASTM A706	7850	4200	2 100 000	0.30

Tabla 4. Tabla resumen de características de los materiales utilizados en el modelado de las tres edificaciones en ETABS. (Autoría propia)

Se consideró como los valores de los periodos fundamentales de la estructura, aquellos que forman parte de los tres modos principales, es decir; longitudinal, trasversal y rotacional que se encuentran dentro de la tabla de participación modal por default del programa ETABS.

##### 4.1.2.1 FACULTAD DE INGENIERÍA

Se realizó el modelado analítico en ETABS de la Facultad de ingeniería de la UCSG, utilizando la base de datos estructurales del trabajo de titulación del Ing. David Looor "Comportamiento lineal y no lineal del edificio de la Facultad

de Ingeniería de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil” (2015).  
(Loor, 2015).

Edificio Ingenieria		
PISO	COLUMNAS	VIGAS
PISO 1	C40X40	v30x40
	C30x40	v30x40
PISO2	C30x40	v30x40

Imagen 278. Secciones de columnas y vigas utilizadas para el modelado del edificio de Ingeniería de la UCSG en el Software ETABS. (Autoría propia)

TIPO DE CARGA (MUERTA)	CANTIDAD
Primer piso	290 kg/m <sup>2</sup>
Segundo piso	290 kg/m <sup>2</sup>
TIPO DE CARGA (VIVA)	CANTIDAD
Primer Piso: Losas de aulas y comedores.	204 kg/m <sup>2</sup>
Primer Piso: Corredores y áreas sociales.	480 kg/m <sup>2</sup>
Segundo Piso: Losas de aulas y comedores.	300 kg/m <sup>2</sup>
Segundo Piso: Corredores y áreas sociales.	480 kg/m <sup>2</sup>
Tercer Piso: Losa de cubierta	70 kg/m <sup>2</sup>

Tabla 5. Cuadro resumen de cargas utilizadas en el modelado del edificio de Ingeniería en el Software ETABS. (Autoría propia)

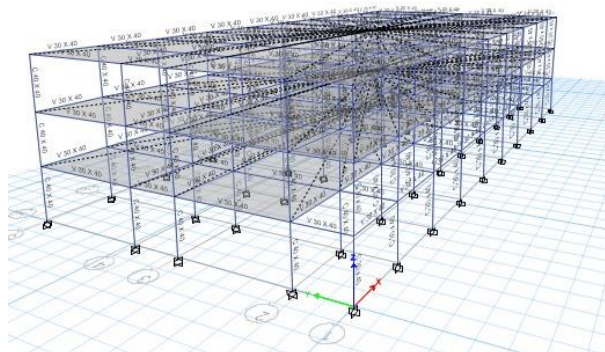
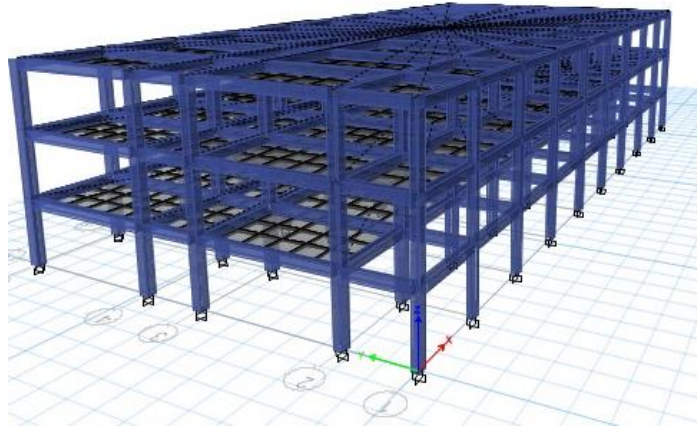


Imagen 28. Modelado de edificio de la Facultad de ingeniería en programa ETABS.  
(Autoría propia)





**Imagen 29. Modelado de edificio de la Facultad de ingeniería en programa ETABS.  
(Autoría propia)**

TABLE: Modal Participating Mass Ratios (FACULTAD DE INGENIERIA)						
Case	Mode	Period ( Sec)	UX	UY	UZ	
Modal	1	0.463	0.000006614	0.8568	0	SENTIDO X
Modal	2	0.409	0.0784	0.0009	0	SENTIDO Y
Modal	3	0.394	0.7974	0.00004427	0	SENTIDO Z
Modal	4	0.137	0.000003915	0.1059	0	
Modal	5	0.124	0.0461	0.0001	0	
Modal	6	0.119	0.0493	0.00003972	0	
Modal	7	0.075	0	0.0362	0	
Modal	8	0.074	0.0246	0.00000106	0	
Modal	9	0.069	0.0002	0.0001	0	
Modal	10	0.049	0.0039	0	0	
Modal	11	0.028	0	0	0	
Modal	12	0.017	0	0	0	

**Imagen 309. Tabla resumen de los modos de participación de masa, obtenidos por el programa ETABS. Siendo X (Modo longitudinal), Y (Modo transversal) y Z (Modo Rotacional). (Autoría propia)**

En la tabla obtenida mediante el programa ETABS, se observa que para el primer modo de la estructura correspondiente a un movimiento traslacional (Dirección X), el periodo vibración elástico de la estructura es igual a 0.463 segundos. Para el segundo modo, correspondiente a un movimiento traslacional (Dirección Y), el periodo de vibración elástico es igual a 0.409 segundos, y para el tercer modo correspondiente a un movimiento rotacional (Dirección Z), el periodo de vibración elástico es igual a 0.394 segundos.



#### 4.1.2.2 FACULTAD JURISPRUDENCIA

Se realizó el modelado analítico en ETABS de la Facultad de Jurisprudencia de la UCSG, utilizando secciones y materiales típicos de la clase de edificio, como es el de Jurisprudencia, según la NEC-15; también datos que se pudieron medir in situ y observar en los planos arquitectónicos facilitados por el Mgs. Pedro Martillo López, director administrativo de la UCSG.

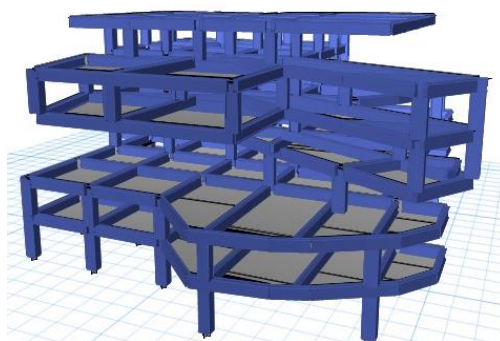


Imagen 3110. Modelado del Edificio de Jurisprudencia UCSG en el software ETABS. (Autoría propia)

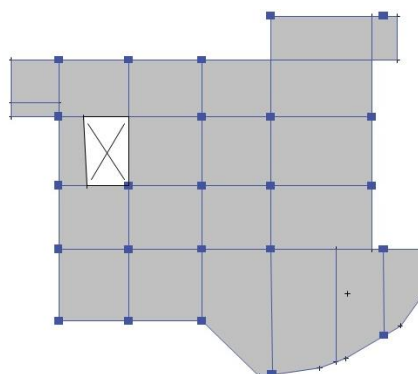


Imagen 3211. Vista en planta de modelado del Edificio de Jurisprudencia UCSG en el software ETABS. (Autoría propia)

<b>TIPO DE CARGA (MUERTA)</b>	<b>CANTIDAD</b>
Carga muerta sobre impuesta: peso de revestimientos e instalaciones para las losas de los corredores.	100 kg/m <sup>2</sup>
Peso de revestimientos, instalaciones, paredes, etc.	150 kg/m <sup>2</sup>
Zonas de área común	100 kg/m <sup>2</sup> .
<b>TIPO DE CARGA (VIVA)</b>	<b>CANTIDAD</b>
Losas de aulas y comedores.	250 kg/m <sup>2</sup>
Corredores y áreas sociales.	490 kg/m <sup>2</sup>
Cubierta	70 kg/m <sup>2</sup> .

Tabla 6. Cuadro resumen de cargas utilizadas en el modelado del edificio de Jurisprudencia de la UCSG en el Software ETABS.

Secciones:

Edificio Jurisprudencia		
Piso	Columnas	Vigas
Piso 1-6	C50x50	v30x60
	C25x55	v25x50
	C50x50	v30x60
	C25x55	v25x50

**Imagen 3312. Secciones de columnas y vigas utilizadas para el modelado del edificio de Jurisprudencia de la UCSG en el Software ETABS. (Autoría propia)**

TABLE: Modal Participating Mass Ratios (FACULTAD DE JURISPRUDENCIA)					
Case	Mode	Period (Sec)	UX	UY	UZ
Modal	1	0.594	0.0906	0.2169	0
Modal	2	0.534	0.3616	0.3844	0
Modal	3	0.502	0.3172	0.1609	0
Modal	4	0.225	0.0198	0.0708	0
Modal	5	0.186	0.0008	0.0074	0
Modal	6	0.177	0.1	0.0353	0
Modal	7	0.153	0.0106	0.0448	0
Modal	8	0.143	0.0012	0.0001	0
Modal	9	0.134	0.0197	0.0056	0
Modal	10	0.119	0.0012	0.0016	0
Modal	11	0.114	0.0002	0.0047	0
Modal	12	0.105	0.0106	0.0027	0
Modal	13	0.098	0.0174	0.0154	0
Modal	14	0.091	0.0096	0.0141	0
Modal	15	0.085	2.655E-05	0.0003	0
Modal	16	0.084	4.977E-06	2.17E-05	0
Modal	17	0.077	0.0003	0.0002	0
Modal	18	0.073	0.0035	0.0003	0
Modal	19	0.07	0.0016	0.0012	0
Modal	20	0.067	4.968E-05	0.0042	0

**Imagen 3413. Tabla resumen de los modos de participación de masa, obtenidos por el programa ETABS. Siendo X (Modo longitudinal), Y (Modo transversal) y Z (Modo Rotacional). (Autoría propia)**

En la tabla obtenida mediante el programa ETABS, se observa que para el primer modo de la estructura correspondiente a un movimiento traslacional (Dirección X), el periodo vibración elástico de la estructura es igual a 0.594 segundos; para el segundo modo, correspondiente a un movimiento traslacional (Dirección Y), el periodo de vibración elástico es igual a 0.534 segundos; y para el tercer modo correspondiente a un movimiento rotacional (Dirección Z), el periodo de vibración elástico es igual a 0.502 segundos.

### 4.1.2.3 FACULTAD EMPRESARIALES

Se realizó el modelado analítico en ETABS de la Facultad de Empresariales de la UCSG, utilizando secciones y materiales típicos de la clase de edificio, como es el de Jurisprudencia, según la NEC-15; también datos que se pudieron medir in situ y observar en los planos arquitectónicos facilitados por el Mgs. Pedro Martillo López, director administrativo de la UCSG.

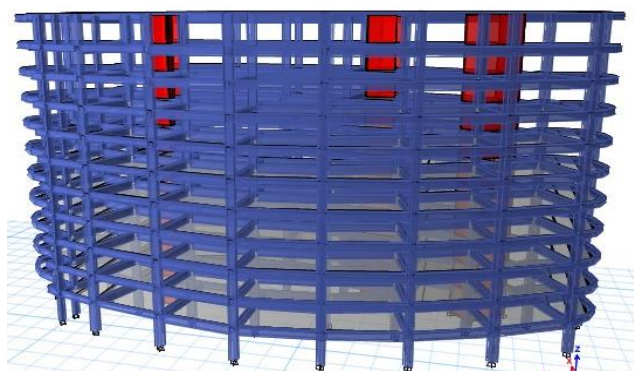


Imagen 35. Modelado del Edificio de Empresariales UCSG en el software ETABS

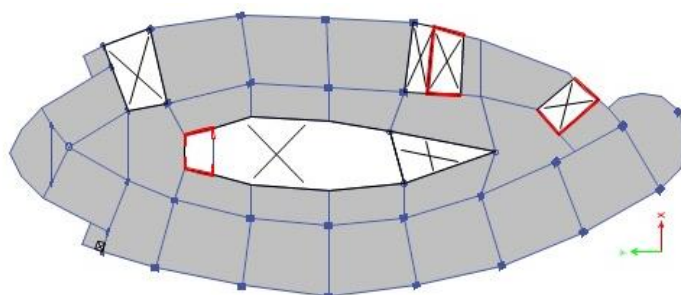


Imagen 36. Vista en planta del modelado del Edificio de Empresariales UCSG en el software ETABS

TIPO DE CARGA (MUERTA)	CANTIDAD
Carga muerta sobre impuesta: peso de revestimientos e instalaciones para las losas de los corredores.	100 kg/m <sup>2</sup>
Peso de revestimientos, instalaciones, paredes, etc.	150 kg/m <sup>2</sup>
Zonas de área común	100 kg/m <sup>2</sup> .
TIPO DE CARGA (VIVA)	CANTIDAD
Losas de aulas y comedores.	250 kg/m <sup>2</sup>
Corredores y áreas sociales.	490 kg/m <sup>2</sup>
Cubierta	70 kg/m <sup>2</sup> .

Imagen 37. Cuadro resumen de cargas utilizadas en el modelado del edificio de Empresariales de la UCSG en el Software ETABS. (Autoría propia)

Secciones:

Edificio Empresariales		
Piso	Columnas	Vigas
Piso 1-6	C65x75	v40x80
	C65X55	v30x60
Piso7-10	C60x70	v40x80
	C60X50	v30x60

**Imagen 3814. Secciones de columnas y vigas utilizadas para el modelado del edificio de Empresariales de la UCSG en el Software ETABS. (Autoría propia)**

TABLE: Modal Participating Mass Ratiosb (Facultad Empresariales)						
Case	Mode	Period (Sec)	UX	UY	UZ	
Modal	1	0.779	0.305	0.0284	0	SENTIDO X
Modal	2	0.736	0.0033	0.6905	0	SENTIDO Y
Modal	3	0.693	0.4398	0.0414	0	SENTIDO Z
Modal	4	0.241	0.0514	0.0053	0	
Modal	5	0.216	0.0001	0.1214	0	
Modal	6	0.194	0.0998	0.0041	0	
Modal	7	0.132	0.0171	0.0016	0	
Modal	8	0.113	0.0014	0.0471	0	
Modal	9	0.101	0.0282	0.0007	0	
Modal	10	0.096	0.00004409	0	0	
Modal	11	0.091	0.0088	0.0006	0	
Modal	12	0.082	0.0011	0.0014	0	
Modal	13	0.076	0.0018	0.0185	0	
Modal	14	0.07	0.0095	0.0013	0	
Modal	15	0.069	0.0061	0.0005	0	
Modal	16	0.064	7.182E-06	0.0022	0	
Modal	17	0.064	0.0001	0.0002	0	
Modal	18	0.061	0	0.0002	0	
Modal	19	0.059	0.0043	0.0059	0	
Modal	20	0.057	0.0013	0.0032	0	

**Imagen 3915. Tabla resumen de los modos de participación de masa, obtenidos por el programa ETABS. Siendo X (Modo longitudinal), Y (Modo transversal) y Z (Modo Rotacional). (Autoría propia)**

En la tabla obtenida mediante el programa ETABS, se observa que para el primer modo de la estructura correspondiente a un movimiento traslacional (Dirección X), el periodo vibración elástico de la estructura es igual a 0.779 segundos; para el segundo modo, correspondiente a un movimiento traslacional (Dirección Y), el periodo de vibración elástico es igual a 0.736

segundos; y para el tercer modo correspondiente a un movimiento rotacional (Dirección Z), el periodo de vibración elástico es igual a 0.693 segundos.

#### 4.1.3 CÁLCULO DEL PERÍODO ESTRUCTURAL: USO DE ACELERÓMETRO

Para el cálculo del periodo estructural de cada una de las edificaciones, posterior a la medición, se utilizó como herramienta el software SeismoSignal, en donde se obtuvieron los espectros de Fourier, y se realizó la corrección por línea base y filtros por Butterworth dependiendo de la necesidad de la muestra.

Debido a que las muestras tomadas por el acelerómetro modelo REF TEK 130-SMA, grabaron las mediciones en periodos de 0.005s y la aplicación de uso para telefonía celular grabó las mediciones en periodos de 0.1s, fue necesario estandarizar el uso del tiempo a través del software SeismoSignal; adicional a esto, el software limita la cantidad de muestras a 32000 aproximadamente. Se estandarizó, según el siguiente cuadro:

USO DE DATOS DE MUESTRAS			
DISPOSITIVO	INTERVALO DE TIEMPO (s)	CANTIDAD DE MUESTRAS	RANGO DE FRECUENCIA (HZ)
ACELERÓMETRO UCSG (MODELO REF TEK 130-SMA)	0.005	C/ 32000 MUESTRAS	160
CELULAR IPHONE	0.1	C/ 32000 MUESTRAS	600
CELULAR SAMSUNG	0.1	C/ 32000 MUESTRAS	600

**Tabla 7. Cuadro de uso de datos en el Software SeismoSignal, para las mediciones según el tipo de dispositivo. (Autoría propia)**

Según se puede observar en la mayoría de las gráficas del acelerograma de la Universidad Católica, no fue indispensable corregir por línea base, sin embargo, para evitar una mala tendencia debido a un mal desplazamiento respecto a la línea cero de aceleración, que no se pueda observar, se corrigió. En el caso de los acelerómetros de telefonía celular, sí fue necesario la corrección por línea base, debido a que ninguno de los dispositivos dispone de un sistema de calibración. Por otro lado, se encuentra la necesidad de filtrar la señal en todos los dispositivos, debido a la repercusión que el ruido

tiene sobre el acelerograma, por factores externos como el viento, transeúntes alrededor del dispositivo, carros, etc. Se filtra la señal del ruido de alta y baja frecuencia que contamina la señal, limitando la banda de frecuencia de trabajo desde 0.1 Hz a 25 Hz, ya que los sismos normalmente se encuentran en este rango. El tipo de filtro a utilizar fue el de Butterworth, de paso banda. Después de aplicar el filtro, el ruido se eliminó dando como resultado una serie temporal corregida. Los modos considerados para el valor de los periodos estructurales son: Modo vertical.

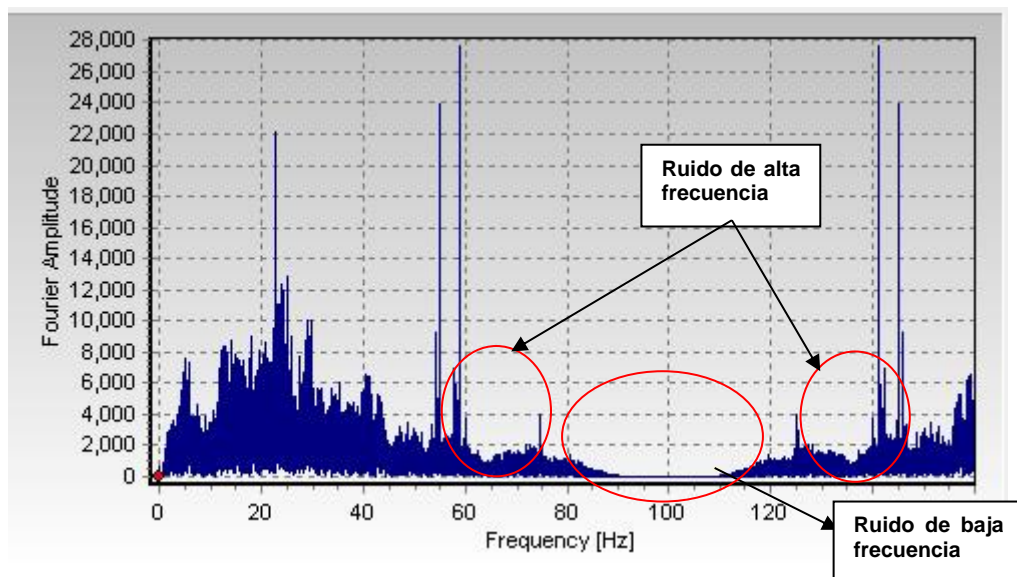


Imagen 40: Ejemplo de ruidos dentro del ensayo realizado en sentido Noroeste en la Facultad de Ingeniería (Lado derecho, piso 2). Horario; 09h08 am (Autoría propia)

#### 4.1.3.1 DATOS ACELERÓMETRO DIGITAL FACULTAD DE INGENIERÍA

##### ✓ DATOS ACELERÓMETRO (UCSG): MODELO UCSG

CANTIDAD TOTAL DE MUESTRAS	SENTIDO X:	SENTIDO Y	SENTIDO Z	HORARIO
319800	VERTICAL	HORIZONTAL	HORIZONTAL	09h30 am

Tabla 8. Información tabulada relevante para el uso de los datos del acelerómetro UCSG, en la facultad de Ingeniería. (Autoría propia)

**RANGO DE MUESTRAS: 1-32000 muestras**

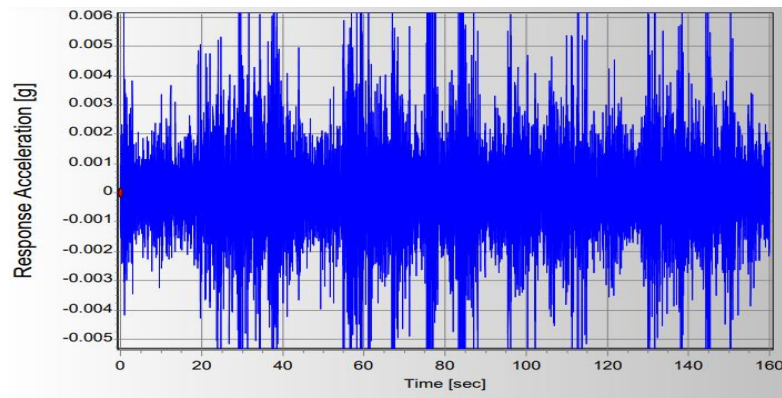
**SENTIDO X:** VERTICAL

**HORARIO:** 09H08 am

**UBICACIÓN:** EXTREMO DERECHO DE LA FACULTAD



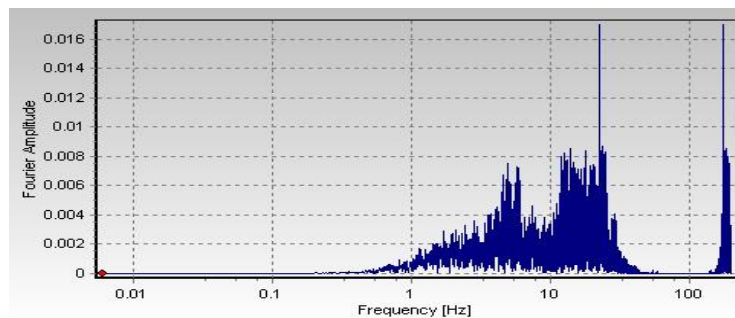
## GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO



**Imagen 4116. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro UCSG en la prueba del edificio de Ingeniería. Análisis de señales del sentido vertical. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal, corresponde al valor de: **0.0245g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

## ESPECTRO DE FOURIER



**Imagen 42. Ejemplo de gráfica Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro UCSG en la prueba del edificio de Ingeniería. Análisis de señales del sentido vertical. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 22.968 Hz, con un periodo de 0.044 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no

pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

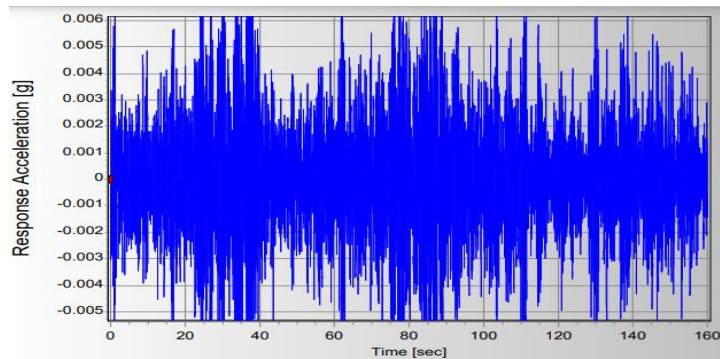
**RANGO DE MUESTRAS: 1-32000 muestras**

**SENTIDO Y: HORIZONTAL**

**HORARIO: 09H08 am**

**UBICACIÓN: EXTREMO DERECHO DE LA FACULTAD**

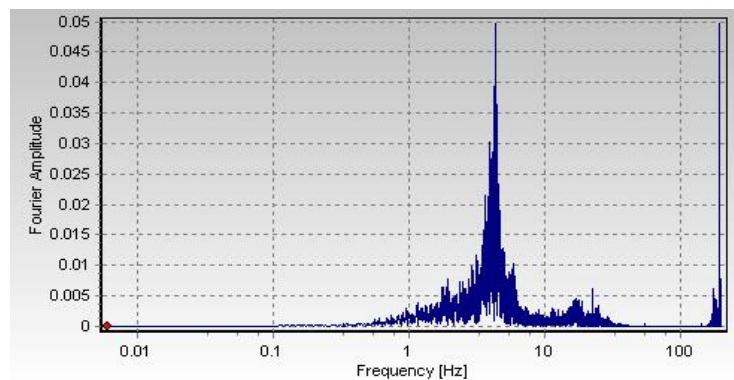
### **GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO**



**Imagen 4317. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro UCSG en la prueba del edificio de Ingeniería. Análisis de señales del sentido transversal. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.0125g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

### **ESPECTRO DE FOURIER**



**Imagen 4418. Ejemplo de gráfica Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos**



**del Acelerómetro UCSG en la prueba del edificio de Ingeniería. Análisis de señales del sentido transversal. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 4.33 Hz, con un periodo de 0.231 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

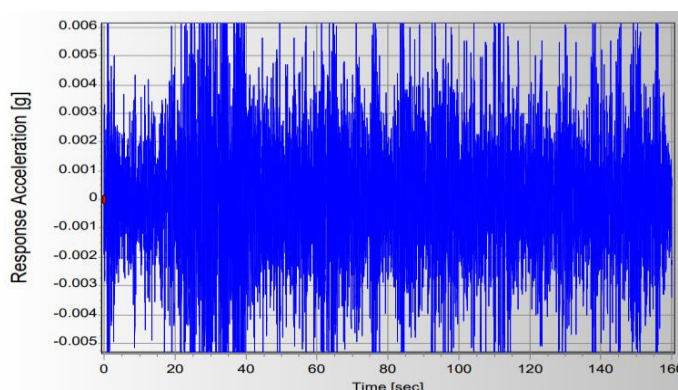
**RANGO DE MUESTRAS: 1-32000 muestras**

**SENTIDO Z: HORIZONTAL**

**HORARIO: 09H08 am**

**UBICACIÓN: EXTREMO DERECHO DE LA FACULTAD**

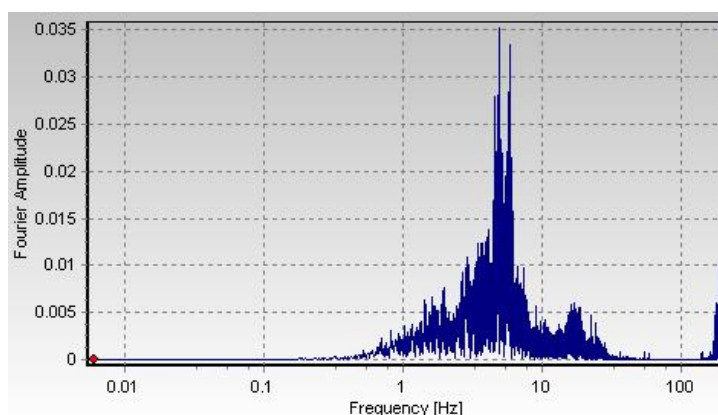
**GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO**



**Imagen 4419. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro UCSG en la prueba del edificio de Ingeniería. Análisis de señales del sentido rotacional. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.0118g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

## ESPECTRO DE FOURIER



**Imagen 4520. Ejemplo de gráfica Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro UCSG en la prueba del edificio de Ingeniería. Análisis de señales del sentido rotacional. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 5.035 Hz, con un periodo de 0.199 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

### **4.1.3.2 DATOS ACELERÓMETRO DIGITAL FACULTAD DE EMPRESARIALES**

#### **✓ DATOS ACELERÓMETRO (UCSG)**

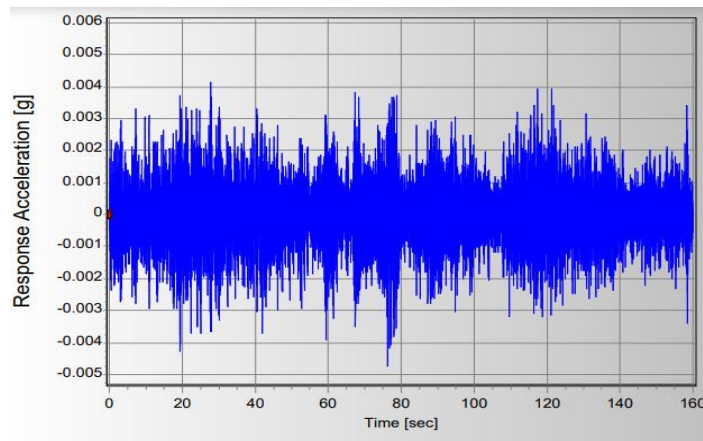
<b>CANTIDAD TOTAL DE MUESTRAS</b>	<b>SENTIDO X:</b>	<b>SENTIDO Y</b>	<b>SENTIDO Z</b>	<b>HORARIO</b>
179995	VERTICAL	HORIZONTAL	HORIZONTAL	09h35 am

**Tabla 9. Información tabulada relevante para el uso de los datos del acelerómetro UCSG, en la facultad de Empresariales. (Autoría propia)**

**RANGO DE MUESTRAS: 1 – 32000 muestras**

**SENTIDO X:** VERTICAL  
**HORARIO:** 09h35 am  
**UBICACIÓN:** PISO 10

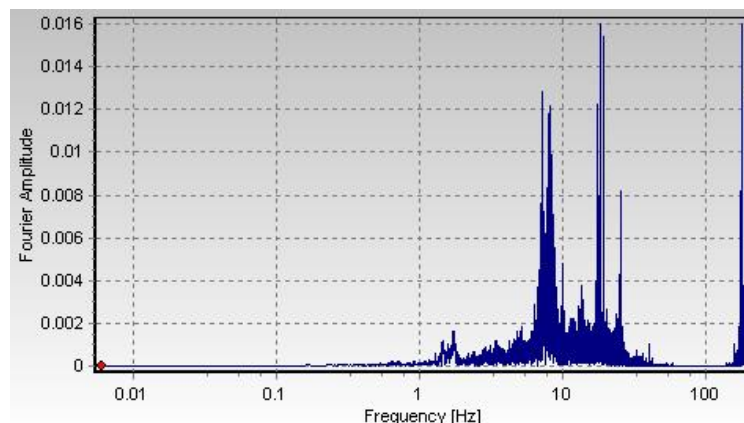
## GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO



**Imagen 4621. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro UCSG en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis de señales del sentido vertical. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal, corresponde al valor de: **0.0047g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

## ESPECTRO DE FOURIER



**Imagen 4722. Ejemplo de gráfica Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro UCSG en la prueba del edificio de Ingeniería. Análisis de señales del sentido vertical. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 18.475 Hz, con un periodo de 0.054 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

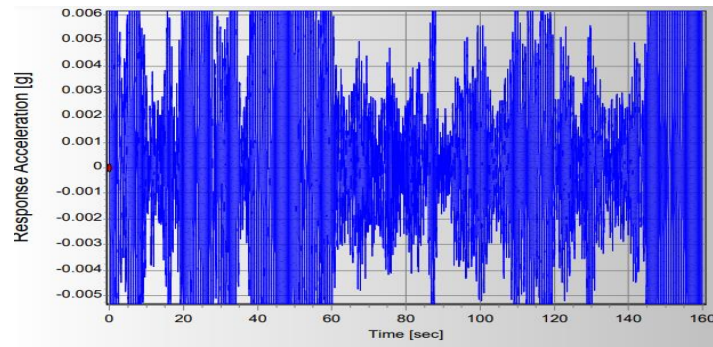
**RANGO DE MUESTRAS: 1- 32000 muestras**

**SENTIDO Y: HORIZONTAL**

**HORARIO: 09h35 am**

**UBICACIÓN: PISO 10**

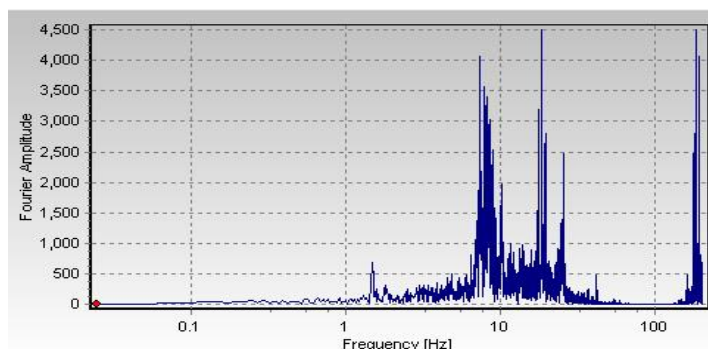
### **GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO**



**Imagen 48. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro UCSG en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis de señales del sentido traslacional. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal, corresponde al valor de: **0.000146g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

## ESPECTRO DE FOURIER



**Imagen 4239. Ejemplo de gráfica Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro UCSG en la prueba del edificio de Ingeniería. Análisis de señales del sentido transversal. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 1.465 Hz, con un periodo de 0.683 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

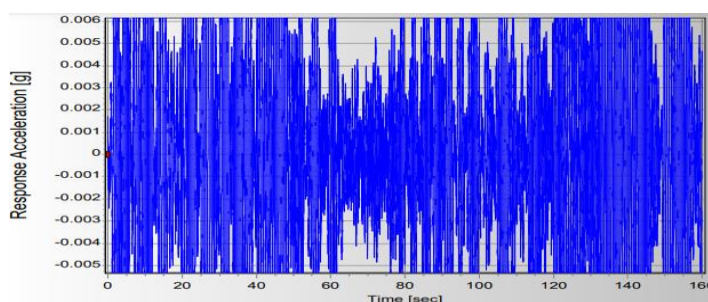
**RANGO DE MUESTRAS: 12000 – 18000 muestras**

**SENTIDO Z: HORIZONTAL**

**HORARIO: 09h35 am**

**UBICACIÓN: PISO 10**

## GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO

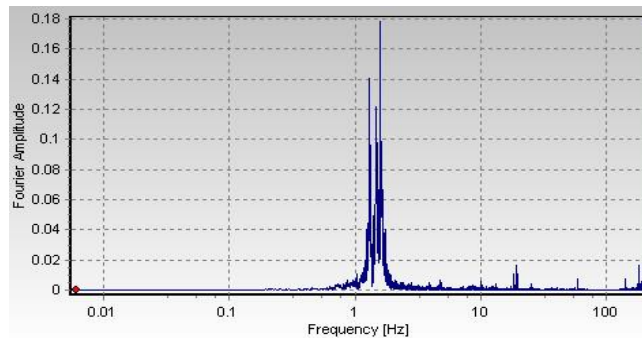


**Imagen 5024. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos**

**del Acelerómetro UCSG en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis de señales del sentido rotacional. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.016g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

**ESPECTRO DE FOURIER**



**Imagen 5125. Ejemplo de gráfica Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro UCSG en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis de señales del sentido rotacional. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 1.587 Hz, con un periodo de 0.63 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

**4.1.3.3 DATOS ACELERÓMETRO DIGITAL FACULTAD DE JURISPRUDENCIA**

**✓ DATOS ACELERÓMETRO (UCSG)**

CANTIDAD TOTAL DE MUESTRAS	SENTIDO X:	SENTIDO Y	SENTIDO Z	HORARIO
86400	VERTICAL	HORIZONTAL	HORIZONTAL	09H08 am



Tabla 10. Información tabulada relevante para el uso de los datos del acelerómetro UCSG, en la facultad de Jurisprudencia.

**RANGO DE MUESTRAS: 1 – 32000 muestras**

**SENTIDO X: VERTICAL**

**HORARIO: 09h08**

**UBICACIÓN: PISO 5**

### **GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO**

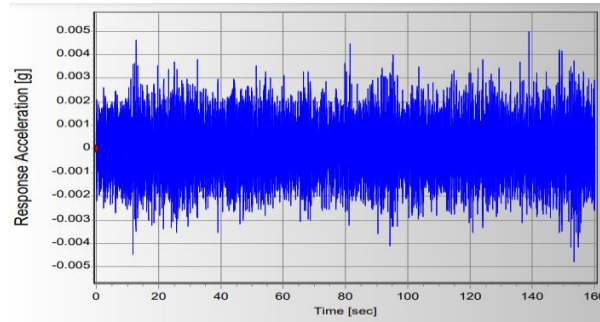


Imagen 52. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro UCSG en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis de señales del sentido vertical. (Autoría propia)

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.0049g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

### **ESPECTRO DE FOURIER**

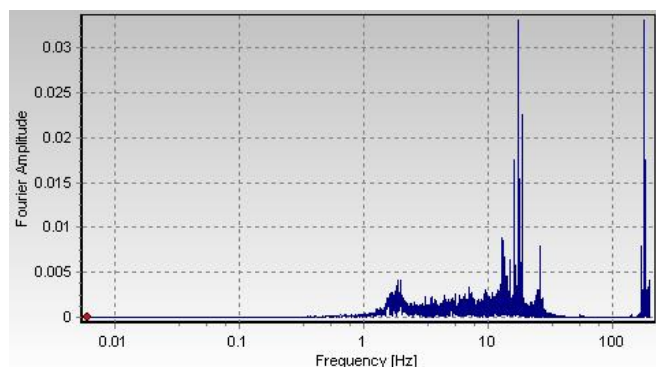


Imagen 53. Ejemplo de gráfica Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro UCSG en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis de señales del sentido vertical. (Autoría propia)

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 17.834 Hz, con un periodo de 0.056 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

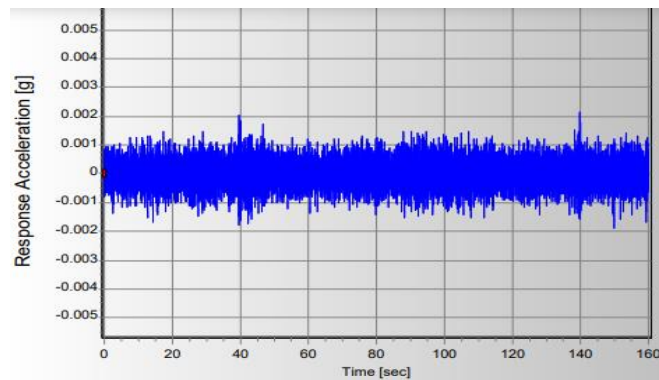
**RANGO DE MUESTRAS: 1-32000 muestras**

**SENTIDO Y: HORIZONTAL**

**HORARIO: 09h08**

**UBICACIÓN: PISO 5**

### **GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO**

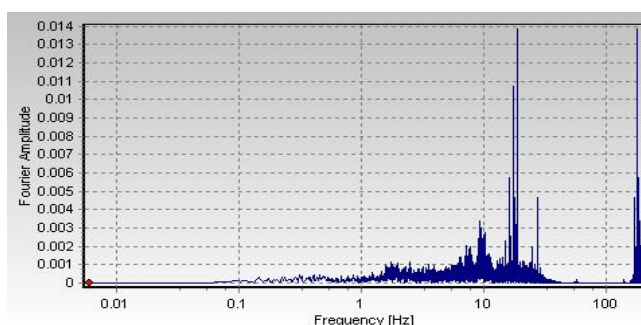


**Imagen 5426. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro UCSG en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis de señales transversales. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.00213g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.



## ESPECTRO DE FOURIER



**Imagen 5527. Ejemplo de gráfica Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro UCSG en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis de señales del sentido transversal. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 19.171 Hz, con un periodo de 0.052 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

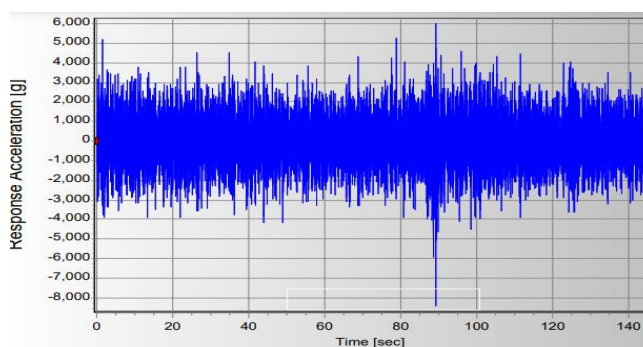
**RANGO DE MUESTRAS: 1-32000 muestras**

**SENTIDO Z: HORIZONTAL**

**HORARIO: 09h08**

**UBICACIÓN: PISO 5**

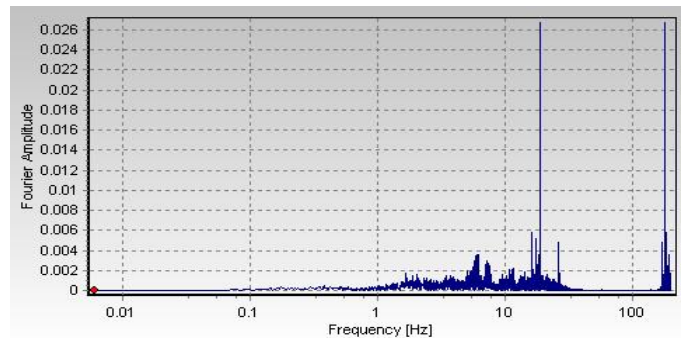
### GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO



**Imagen 5628. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro UCSG en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis de señales rotacional. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.002300g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

### ESPECTRO DE FOURIER



**Imagen 57. Ejemplo de gráfica Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro UCSG en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis de señales del sentido rotacional. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 19.171 Hz, con un periodo de 0.052 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

#### **4.1.3.4 DATOS ACCELERÓMETRO TELEFONÍA CELULAR (IPHONE) FACULTAD DE INGENIERÍA**

✓ MODELO IPHONE XR

CANTIDAD TOTAL DE MUESTRAS	SENTIDO X:	SENTIDO Y	SENTIDO Z	HORARIO
9074	VERTICAL	HORIZONTAL	HORIZONTAL	09H15 am

Tabla 11. Información tabulada relevante para el uso de los datos del acelerómetro de telefonía celular: iPhone, en la facultad de Jurisprudencia. (Autoría propia)

**RANGO DE MUESTRAS: 1 - 9074 muestras**

**SENTIDO X: VERTICAL**

**HORARIO: 09h15**

**UBICACIÓN: EXTREMO DERECHO DE LA FACULTAD**

### GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO

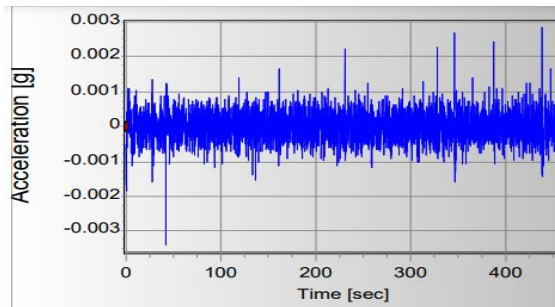


Imagen 5829. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería.

**Análisis de señales vertical. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.00434g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

### ESPECTRO DE FOURIER

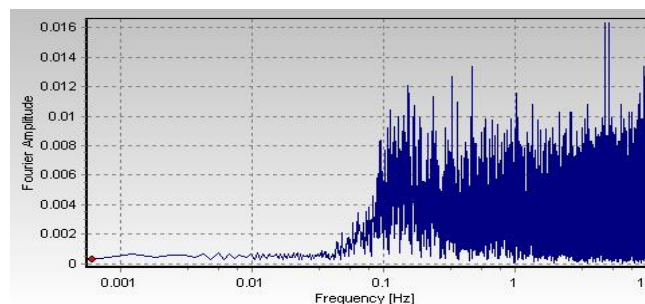


Imagen 5930. Ejemplo de gráfica Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro telefonía celular iPhone en la prueba del edificio de Ingeniería.

**Análisis de señales del sentido vertical. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 4.844 Hz, con un periodo de 0.206 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

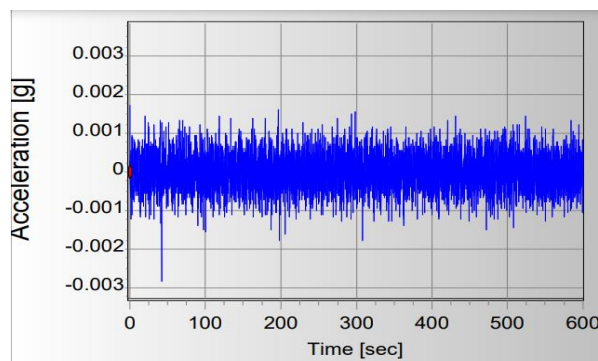
**RANGO DE MUESTRAS: 1 - 9074 muestras**

**SENTIDO Y: HORIZONTAL**

**HORARIO: 09h15**

**UBICACIÓN: EXTREMO DERECHO DE LA FACULTAD**

### **GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO**

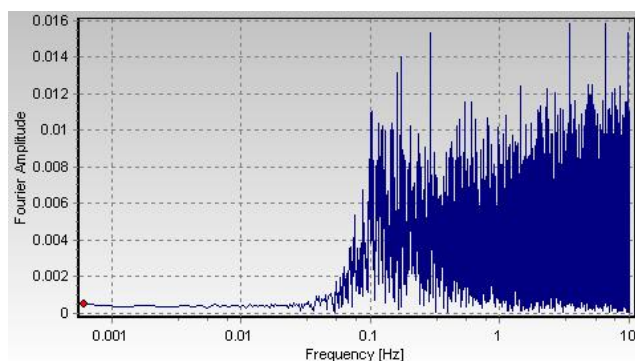


**Imagen 6031. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería.**

**Análisis transversal. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.00541181g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

## ESPECTRO DE FOURIER



**Imagen 61. Ejemplo de gráfica Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro telefonía celular iPhone en la prueba del edificio de Ingeniería. Análisis de señales del sentido transversal. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 3.438 Hz, con un periodo de 0.291 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

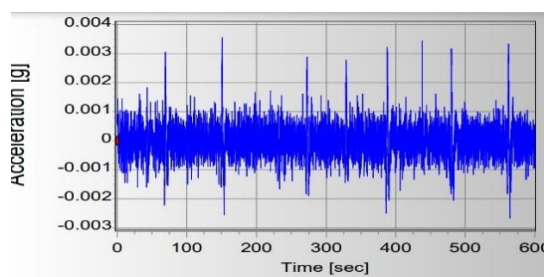
**RANGO DE MUESTRAS: 1 - 9074 muestras**

**SENTIDO Z: HORIZONTAL**

**HORARIO: 09h15**

**UBICACIÓN: EXTREMO DERECHO DE LA FACULTAD**

## GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO



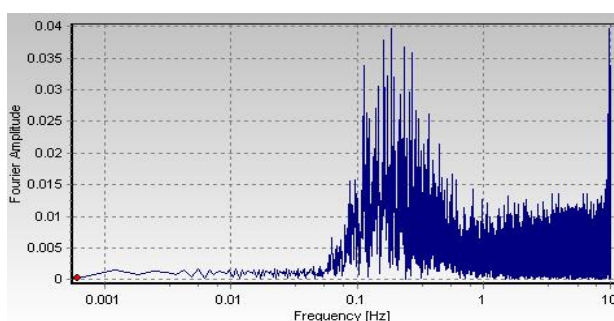
**Imagen 6232. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos**

del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería.

**Análisis en el sentido rotacional. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.0099g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

**ESPECTRO DE FOURIER**



**Imagen 6333. Ejemplo de gráfica Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro telefonía celular iPhone en la prueba del edificio de Ingeniería.**

**Análisis de señales del sentido rotacional. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.185 Hz, con un periodo de 5.407 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

**4.1.3.5 DATOS ACCELERÓMETRO TELEFONÍA CELULAR (IPHONE)  
FACULTAD DE EMPRESARIALES**

✓ MODELO IPHONE XR

CANTIDAD TOTAL DE MUESTRAS	SENTIDO X:	SENTIDO Y	SENTIDO Z	HORARIO
9154	VERTICAL	HORIZONTAL	HORIZONTAL	09H35

**Tabla 12. Información tabulada relevante para el uso de los datos del acelerómetro de telefonía celular: iPhone, en la facultad de Empresariales. (Autoría propia)**

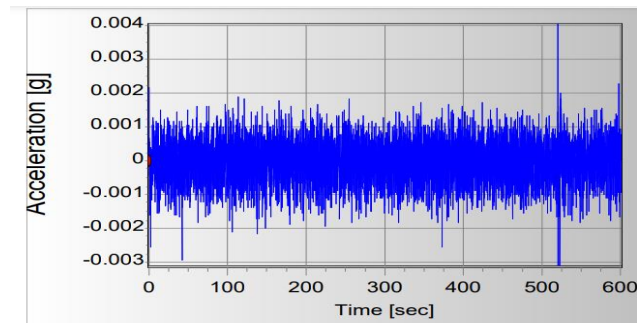
**RANGO DE MUESTRAS: 1 - 9154 muestras**

**SENTIDO X: VERTICAL**

**HORARIO: 9h35 am**

**UBICACIÓN: PISO 10**

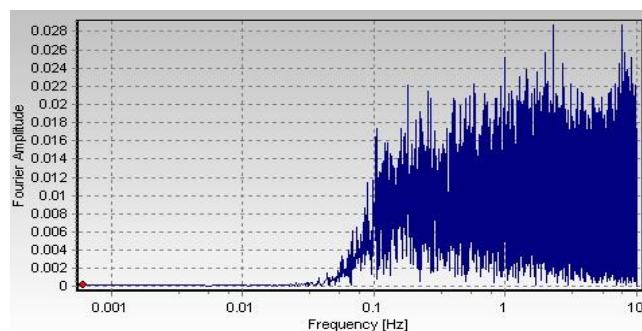
### **GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO**



**Imagen 34. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis en el sentido vertical. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.0750g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

### **ESPECTRO DE FOURIER**



**Imagen 35. Ejemplo de gráfica Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro telefonía celular iPhone en la prueba del edificio de empresariales. Análisis de señales del sentido vertical. (Autoría propia)**



En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 2.332 Hz, con un periodo de 0.429 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

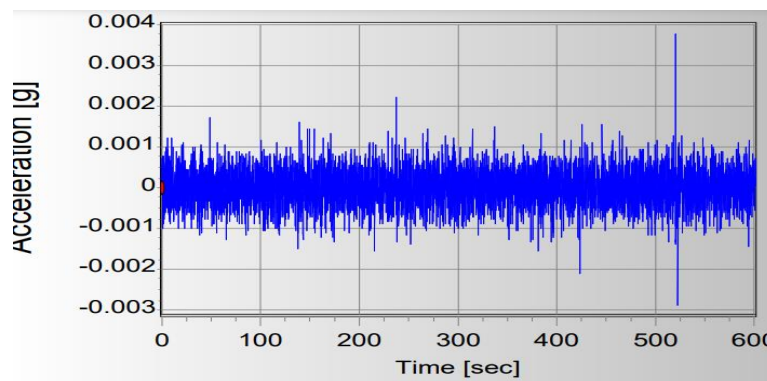
**RANGO DE MUESTRAS: 1 - 9154 muestras**

**SENTIDO Y: HORIZONTAL**

**HORARIO: 9h35 am**

**UBICACIÓN: PISO 10**

### **GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO**

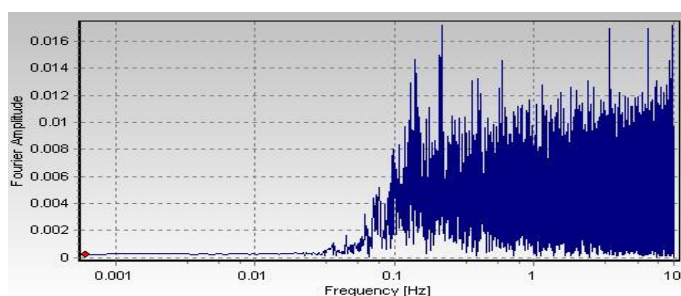


**Imagen 36. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis en el sentido transversal. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.02488g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.



## ESPECTRO DE FOURIER



**Imagen 37.** Ejemplo de Espectro de Fourier después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis en el sentido transversal. (Autoría propia)

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.216 Hz, con un periodo de 4.628 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

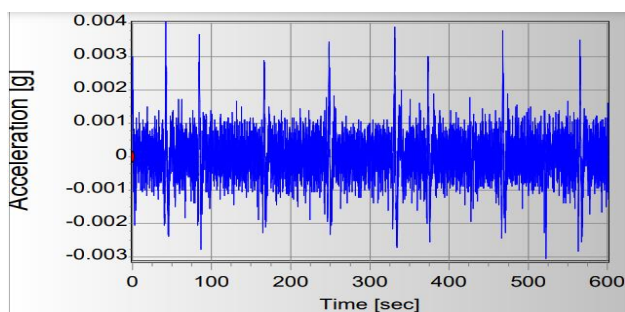
**RANGO DE MUESTRAS: 1 - 9154 muestras**

**SENTIDO Z: HORIZONTAL**

**HORARIO: 9h35 am**

**UBICACIÓN: PISO 10**

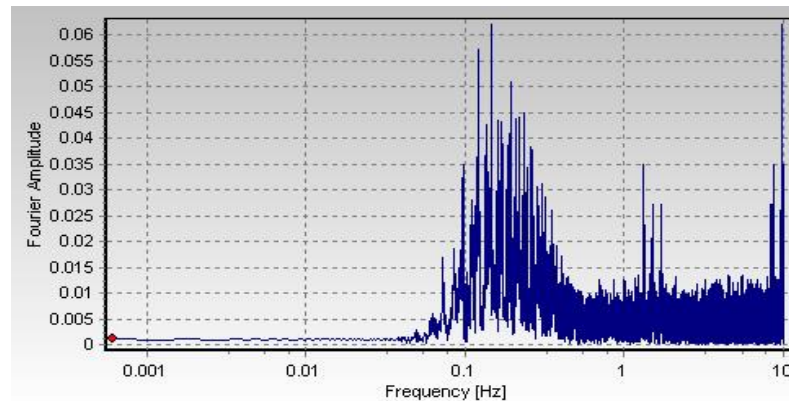
## GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO



**Imagen 38.** Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis en el sentido rotacional. (Autoría propia)

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.0009516g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

### ESPECTRO DE FOURIER



**Imagen 69. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis en el sentido rotacional. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.145 Hz, con un periodo de 6.884 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

#### **4.1.3.6 DATOS ACCELERÓMETRO TELEFONÍA CELULAR (IPHONE) FACULTAD DE JURISPRUDENCIA**

✓ MODELO IPHONE XR

CANTIDAD TOTAL DE MUESTRAS	SENTIDO X:	SENTIDO Y	SENTIDO Z	HORARIO

9130	VERTICAL	HORIZONTAL	HORIZONTAL	09H08
------	----------	------------	------------	-------

**RANGO DE MUESTRAS: 1 – 9130 muestras**

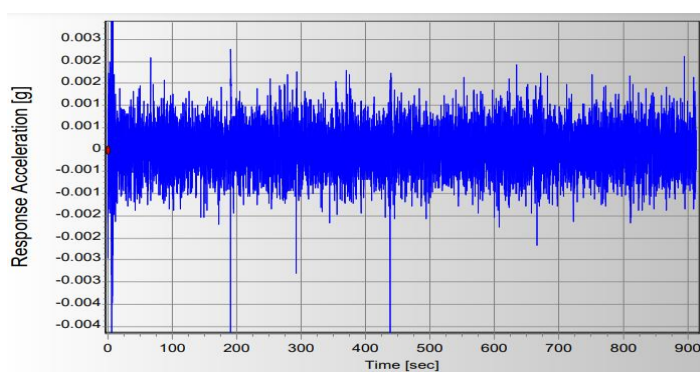
**SENTIDO X: VERTICAL**

**Tabla 13. Información tabulada relevante para el uso de los datos del acelerómetro de telefonía celular: iPhone, en la facultad de Jurisprudencia. (Autoría propia)**

**HORARIO: 09h08 am**

**UBICACIÓN: PISO 5**

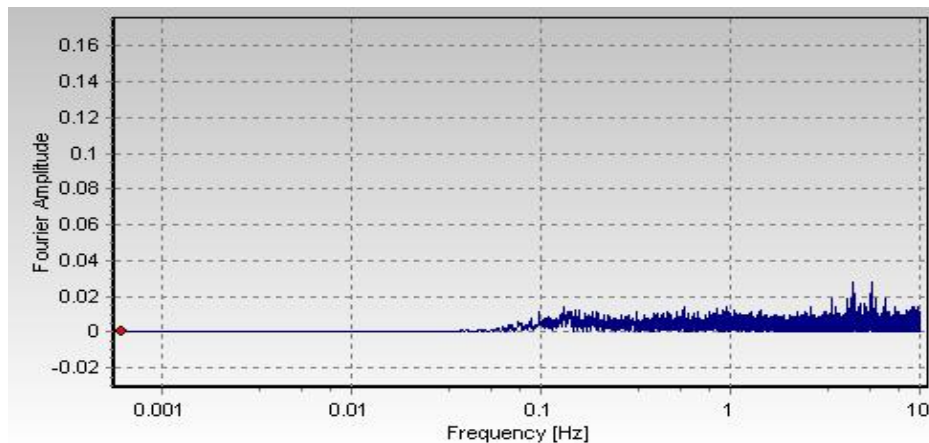
### **GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO**



**Imagen 70. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis en el sentido vertical. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.00828g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

## ESPECTRO DE FOURIER



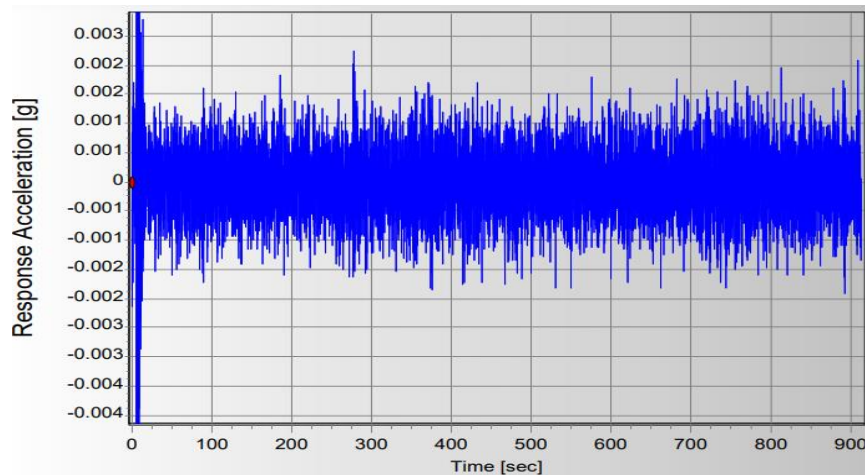
**Imagen 7139. Ejemplo de Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis en el sentido vertical. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 4.457 Hz, con un periodo de 0.224 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

**RANGO DE MUESTRAS: 1 – 9130 muestras**

**SENTIDO Y: HORIZONTAL**  
**HORARIO: 09h08 am**  
**UBICACIÓN: PISO 5**

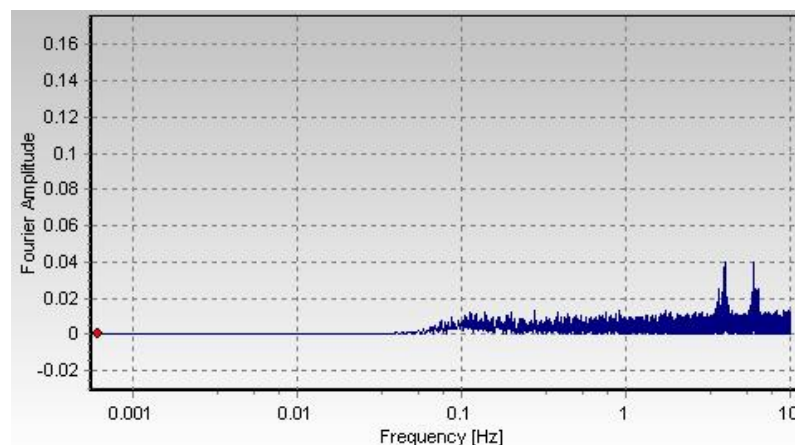
## GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO



**Imagen 7240. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis en el sentido transversal. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.0093062g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

## ESPECTRO DE FOURIER



**Imagen 413. Ejemplo de Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 4.025 Hz, con un periodo de 0.248 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

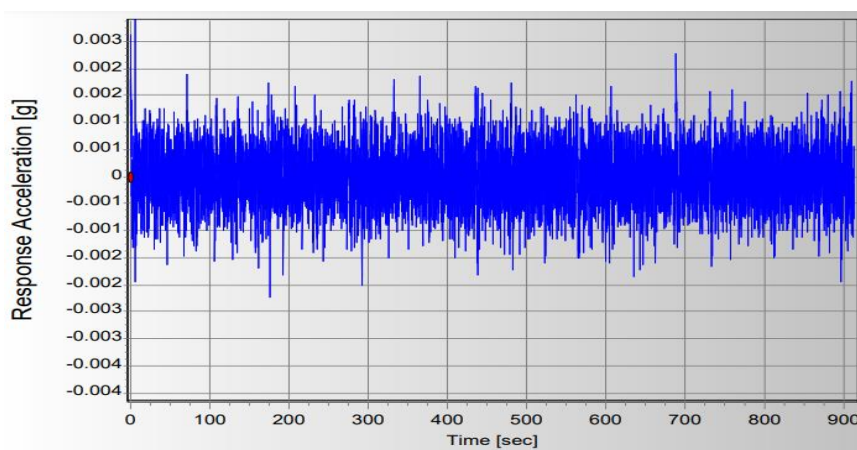
**RANGO DE MUESTRAS: 1 – 9130 muestras**

**SENTIDO Z: HORIZONTAL**

**HORARIO: 09h08 am**

**UBICACIÓN: PISO 5**

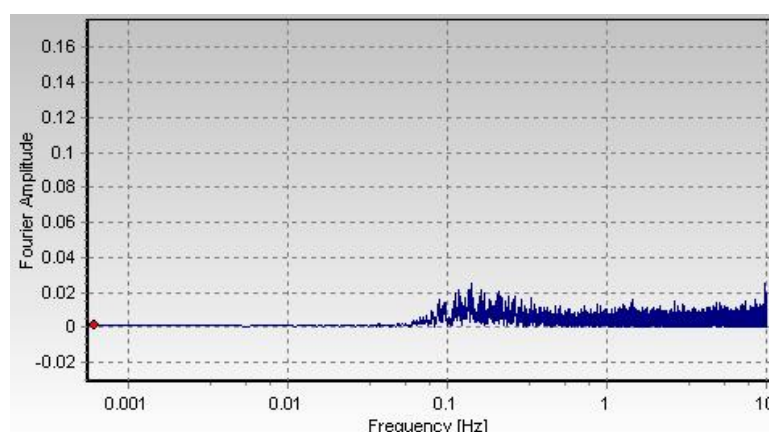
### GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO



**Imagen 7442. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis en el sentido rotacional. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.006539g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

## ESPECTRO DE FOURIER



**Imagen 7543. Ejemplo de gráfica de Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.142 Hz, con un periodo de 7.032 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

### **4.1.3.7 DATOS ACELERÓMETRO TELEFONÍA CELULAR (SAMSUNG) FACULTAD DE INGENIERÍA**

✓ MODELO SAMSUNG J7

CANTIDAD TOTAL DE MUESTRAS	SENTIDO X:	SENTIDO Y	SENTIDO Z	HORARIO
8378	VERTICAL	HORIZONTAL	HORIZONTAL	09H15

**Tabla 144. Información tabulada relevante para el uso de los datos del acelerómetro de telefonía celular: iPhone, en la facultad de Ingeniería. (Autoría propia)**



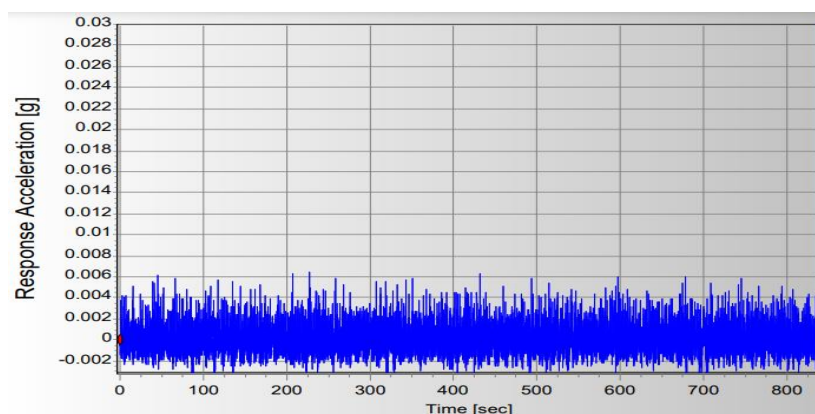
**RANGO DE MUESTRAS: 1 – 8378 muestras**

**SENTIDO X: VERTICAL**

**HORARIO: 09h15 am**

**UBICACIÓN: EXTREMO DERECHO DE LA FACULTAD PISO 2**

### **GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO**

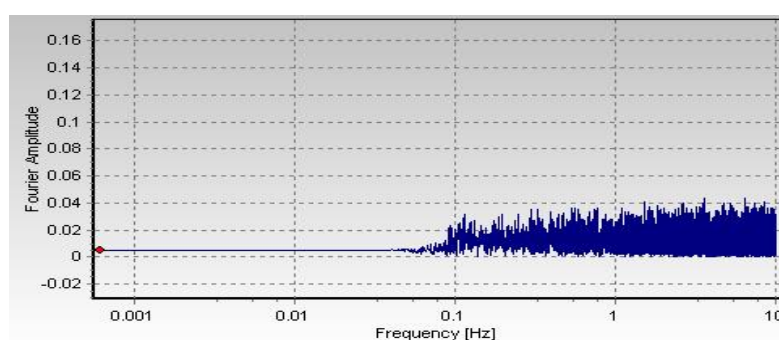


**Imagen 446. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería.**

**Análisis en el sentido vertical. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.05400g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

### **ESPECTRO DE FOURIER**



**Imagen 7745. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería.**

**(Autoría propia)**



En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 3.565 Hz, con un periodo de 0.28 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

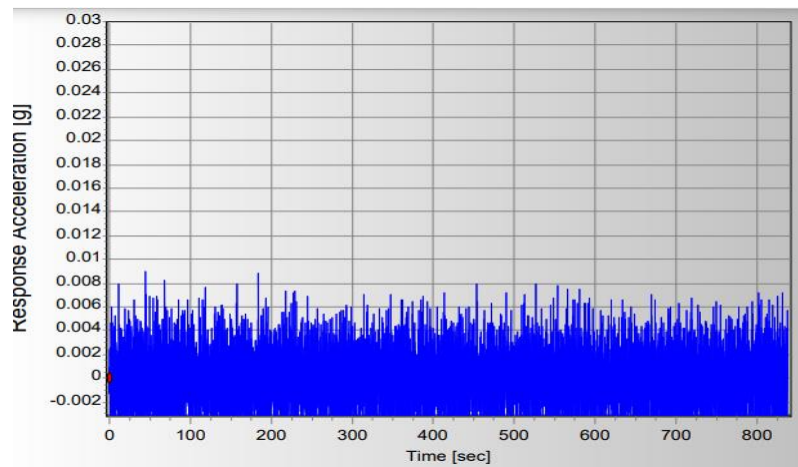
**RANGO DE MUESTRAS: 1 – 8378 muestras**

**SENTIDO Y: HORIZONTAL**

**HORARIO: 09h15 am**

**UBICACIÓN: EXTREMO DERECHO DE LA FACULTAD PISO 2**

### **GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO**

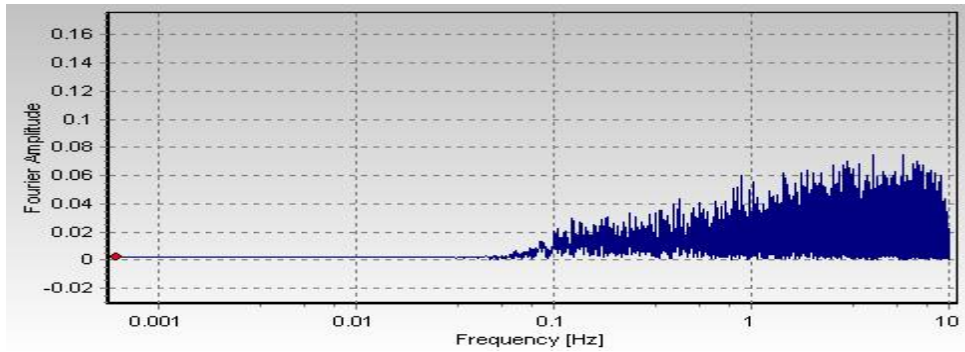


**Imagen 78. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería.**

**Análisis trasnversal. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.02013g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

### **ESPECTRO DE FOURIER**



**Imagen 7946. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 4.142 Hz, con un periodo de 0.241 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

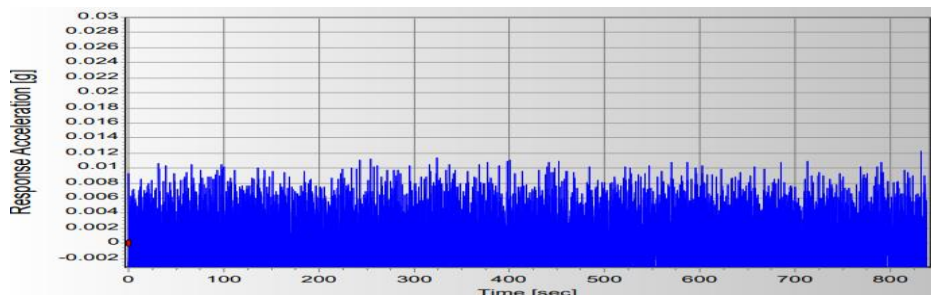
**RANGO DE MUESTRAS: 1 – 8378 muestras**

**SENTIDO Z: HORIZONTAL**

**HORARIO: 09h15 am**

**UBICACIÓN: EXTREMO DERECHO DE LA FACULTAD PISO 2**

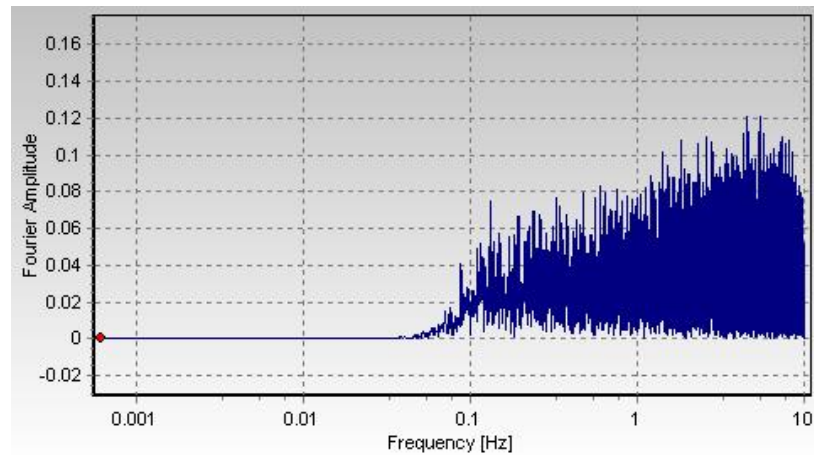
### **GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO**



**Imagen 8047. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería. Análisis en el sentido rotacional. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.0124g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

### ESPECTRO DE FOURIER



**Imagen 81. Ejemplo de gráfica Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 4.583 Hz, con un periodo de 0.218 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

**4.1.3.8 DATOS ACELERÓMETRO TELEFONÍA CELULAR (SAMSUNG)  
FACULTAD DE EMPRESARIALES**

✓ MODELO SAMSUNG J7

CANTIDAD TOTAL DE MUESTRAS	SENTIDO X:	SENTIDO Y	SENTIDO Z
9154	VERTICAL	HORIZONTAL	HORIZONTAL

Tabla 155. Información tabulada relevante para el uso de los datos del acelerómetro de telefonía celular: Samsung, en la facultad de Empresariales. (Autoría propia)

**RANGO DE MUESTRAS: 1 - 9154 muestras**

**SENTIDO X: VERTICAL**

**HORARIO: 9h35 am**

**UBICACIÓN: PISO 10**

**GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO**

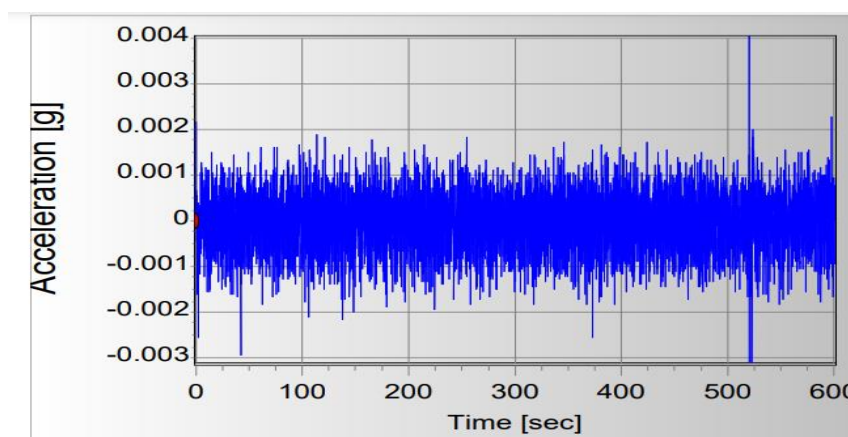
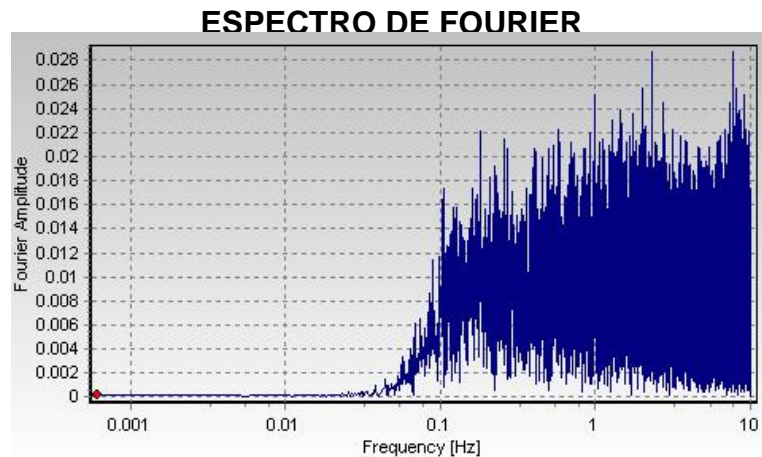


Imagen 82. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular Samsung, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis en el sentido vertical. (Autoría propia)

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.07504g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.



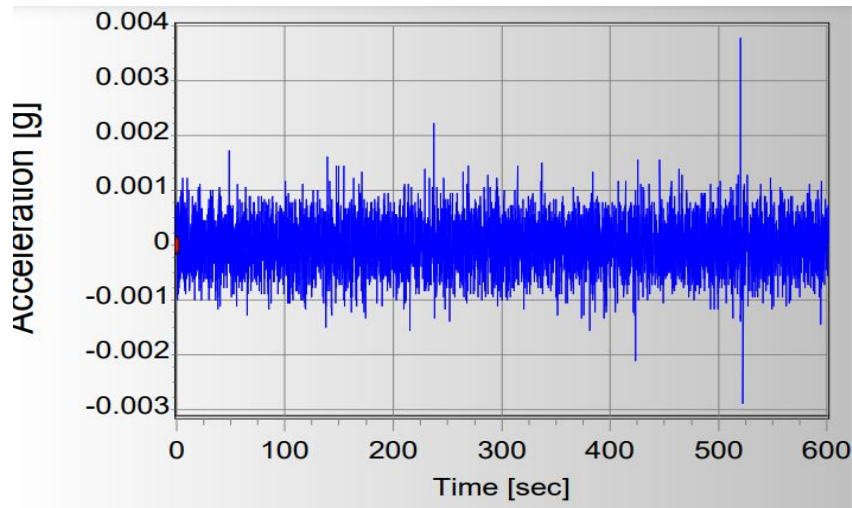
**Imagen 8348. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular Samsung, en la prueba del edificio de Empresariales. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 2.332 Hz, con un periodo de 0.429 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

**RANGO DE MUESTRAS: 1 - 9154 muestras**

**SENTIDO Y: HORIZONTAL**  
**HORARIO: 9h35 am**  
**UBICACIÓN: PISO 10**

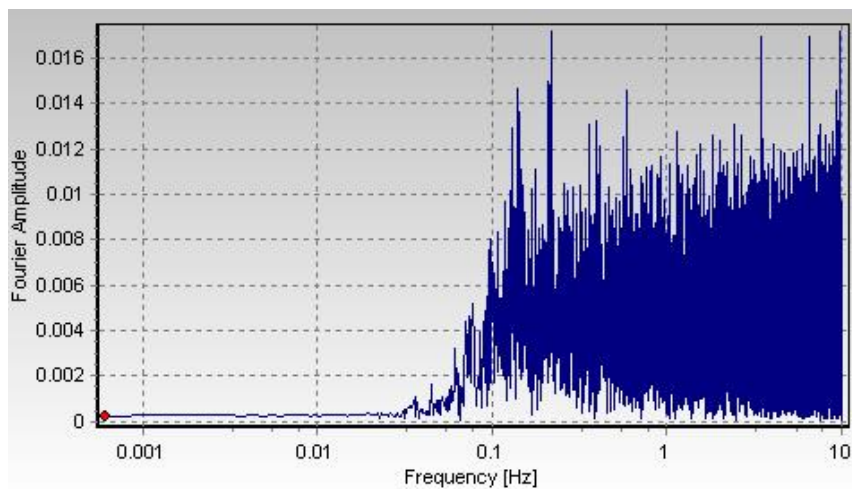
**GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO**



**Imagen 8449. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular Samsung, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis transversal. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.024884g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

### ESPECTRO DE FOURIER



**Imagen 8550. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular Samsung, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis de señales transversal. (Autoría propia)**



En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.216 Hz, con un periodo de 4.628 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

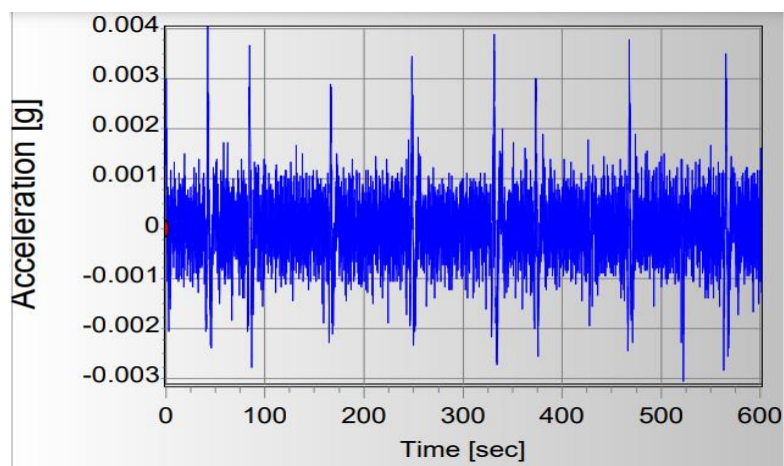
**RANGO DE MUESTRAS: 1 - 9154 muestras**

**SENTIDO Z: HORIZONTAL**

**HORARIO: 9h35 am**

**UBICACIÓN: PISO 10**

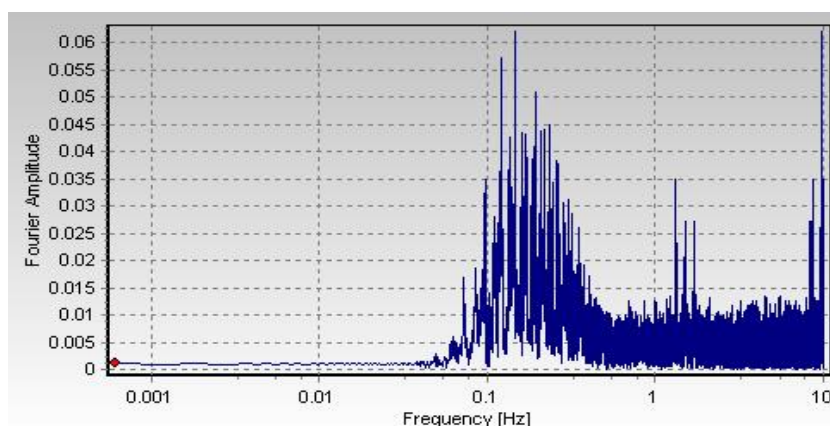
### **GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO**



**Imagen 8651. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular Samsung, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis rotacional. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.009516g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos

## ESPECTRO DE FOURIER



**Imagen 8752. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular Samsung, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis en sentido rotacional. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.145 Hz, con un periodo de 6.884 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

### **4.1.3.9 DATOS ACELERÓMETRO TELEFONÍA CELULAR (SAMSUNG) FACULTAD DE JURISPRUDENCIA**

✓ MODELO SAMSUNG J7

CANTIDAD TOTAL DE MUESTRAS	SENTIDO X:	SENTIDO Y	SENTIDO Z	HORARIO
9130	VERTICAL	HORIZONTAL	HORIZONTAL	09H08 am

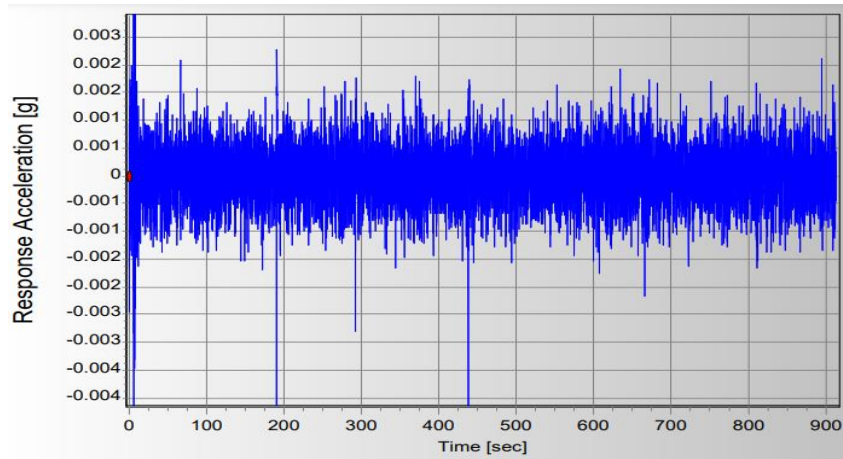
**Tabla 16. Información tabulada relevante para el uso de los datos del acelerómetro de telefonía celular: Samsung, en la facultad de Jurisprudencia. (Autoría propia)**

**RANGO DE MUESTRAS: 1 – 9130 muestras**



**SENTIDO X: VERTICAL**  
**HORARIO: 09h08 am**  
**UBICACIÓN: PISO 5**

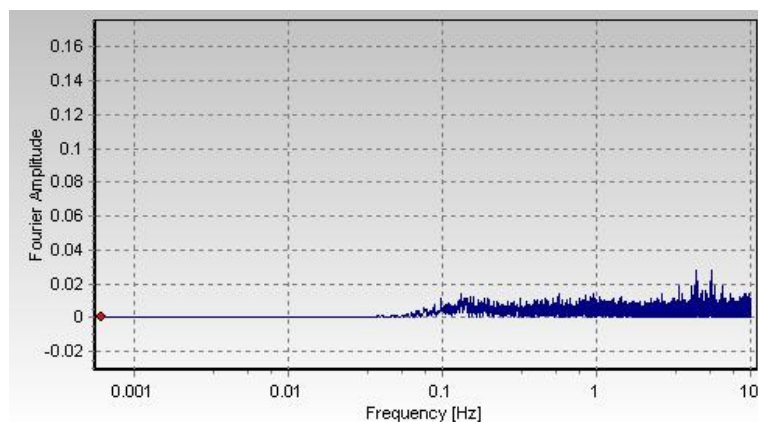
### **GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO**



**Imagen 53. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular Samsung, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis en el sentido vertical. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.008285g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

### **ESPECTRO DE FOURIER**



**Imagen 54. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del**

**Acelerómetro de telefonía celular Samsung, en la prueba del edificio de  
Jurisprudencia. Análisis en el sentido vertical. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 4.457 Hz, con un periodo de 0.224 s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

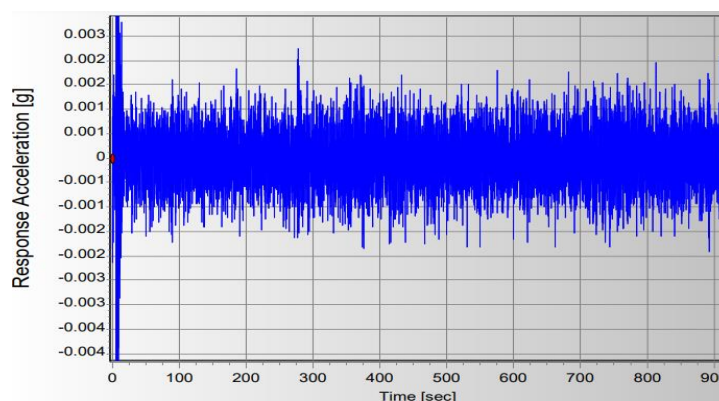
**RANGO DE MUESTRAS: 1 – 9130 muestras**

**SENTIDO Y: HORIZONTAL**

**HORARIO: 09h08 am**

**UBICACIÓN: PISO 5**

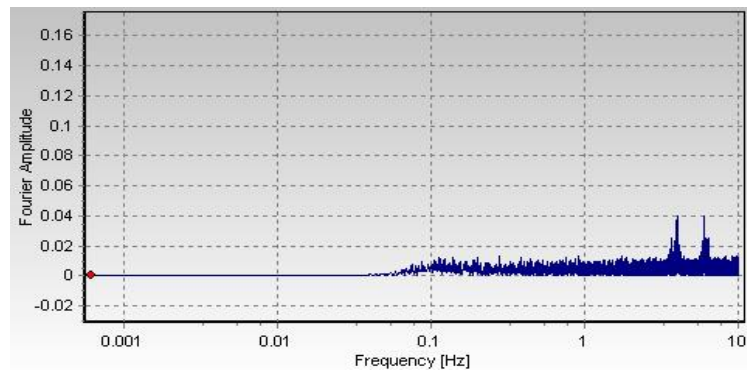
**GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO**



**Imagen 90. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular Samsung, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis transversal. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.009306g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

## ESPECTRO DE FOURIER



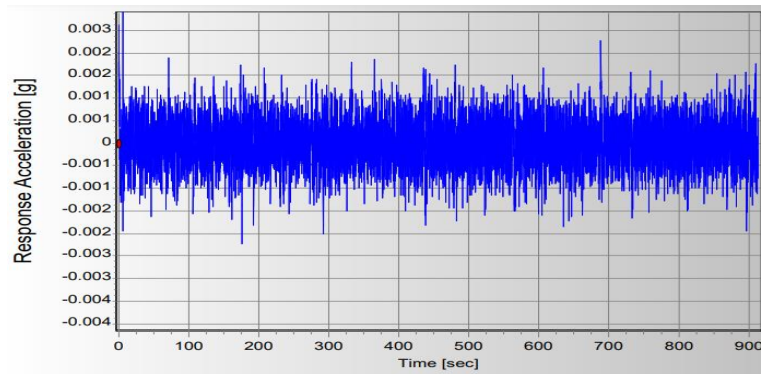
**Imagen 55. Ejemplo de gráfica Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular Samsung, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis transversal. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 4.025 Hz, con un periodo de 0.248s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro de anexos.

**RANGO DE MUESTRAS: 1 – 9130 muestras**

**SENTIDO Z: HORIZONTAL**  
**HORARIO: 09h08 am**  
**UBICACIÓN: PISO 5**

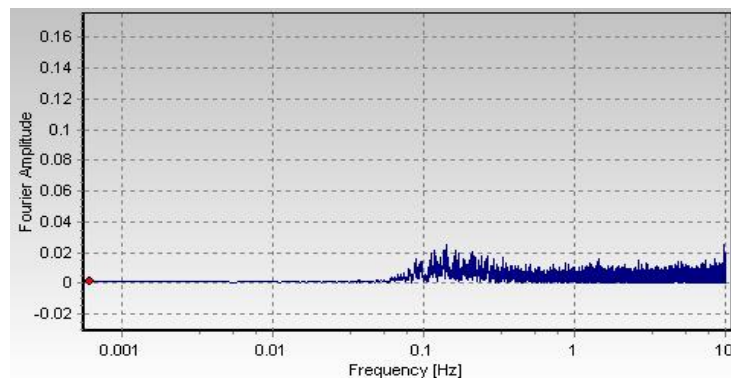
## GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO



**Imagen 56. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular Samsung, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis en sentido rotacional. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: **0.006539g**. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

## ESPECTRO DE FOURIER



**Imagen 57. Ejemplo de gráfica Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular Samsung, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis en sentido rotacional. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.142 Hz,

con un periodo de 0.025s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos.

#### **4.1.4 DATOS SEGUNDA PRUEBA CON ACELERÓMETRO DE TELEFONÍA CELULAR (IPHONE)**

Se realizó una segunda prueba con el acelerómetro de telefonía celular en iPhone, debido a tener una mejor respuesta en el procesamiento de señales con respecto a la telefonía celular Samsung. Las pruebas se realizaron en un solo horario para las diferentes ubicaciones dentro de las tres edificaciones escogidas para la investigación. Para esta segunda prueba, se utilizó la aplicación de teléfonos inteligentes “Physics Toolbox Sensor Suite”, el cual, al igual que la primera aplicación utilizada, presenta la opción de almacenamiento y exportación de datos mediante documentos de textos.

Esta prueba únicamente se realizó con el fin de comparar la fiabilidad de los resultados obtenidos a través de los equipos de telefonía celular.

##### **4.1.4.1 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

EXTREMO DERECHO – PISO 2

HORARIO: 11H50 AM

ACELERACIÓN: 1.51g

SENTIDO VERTICAL

#### **GRÁFICA ACELERACIÓN VS TIEMPO**

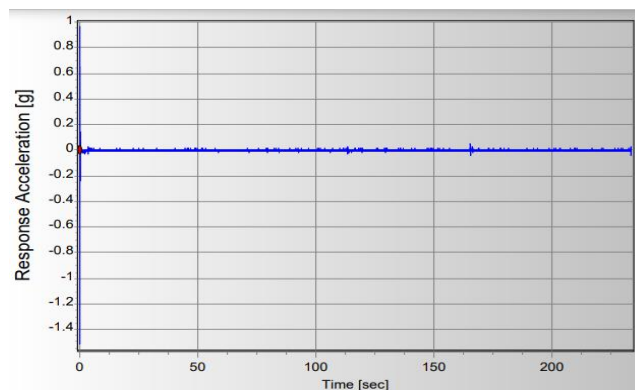
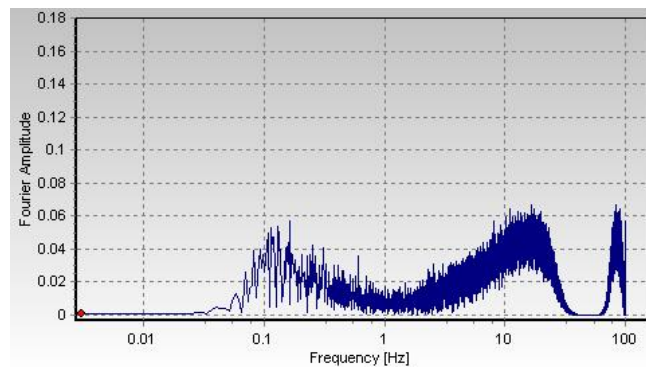


Imagen 58. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos

**del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería.  
Análisis en sentido vertical. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: 1.51g. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

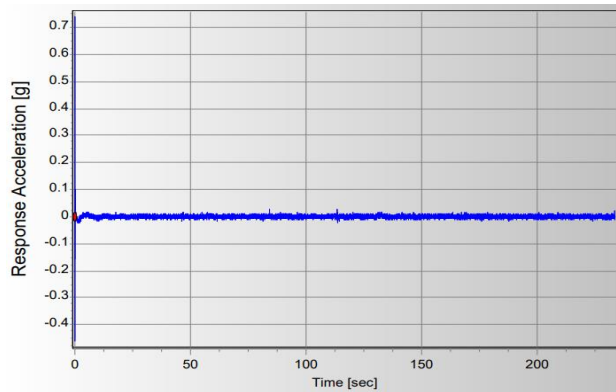
### **ESPECTRO DE FOURIER**



**Imagen 59. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería.  
Análisis en sentido vertical. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 16.422Hz, con un periodo de 0.025s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos.

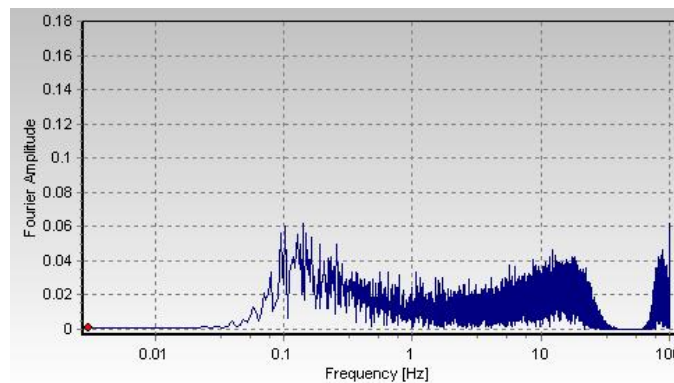
EXTREMO DERECHO – PISO 2  
HORARIO: 11H50 AM  
**ACELERACIÓN:** 0.74g  
SENTIDO HORIZONTAL TRASLACIONAL



**Imagen 60. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería. Análisis traslacional horizontal. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: 0.74g. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

### ESPECTRO DE FOURIER



**Imagen 61. Ejemplo de gráfica Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería. Análisis longitudinal horizontal. (Autoría propia)**

En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.14 Hz, con un periodo de 7.123s. Este podría formar parte de alguna perturbación



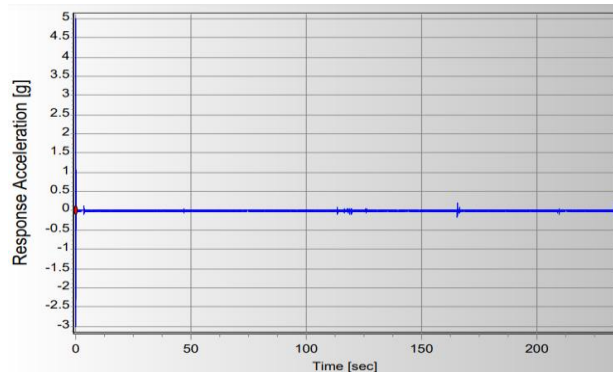
como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos.

EXTREMO DERECHO – PISO 2

HORARIO: 11H50 AM

ACELERACIÓN: 5.001g

SENTIDO HORIZONTAL LONGITUDINAL

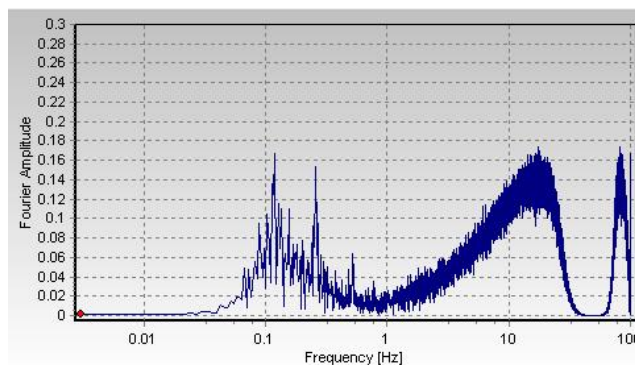


**Imagen 62. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería.**

**Análisis horizontal longitudinal. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: 5.001g. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

### ESPECTRO DE FOURIER



**Imagen 63. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del**



**Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería.  
Análisis horizontal longitudinal. (Autoría propia)**

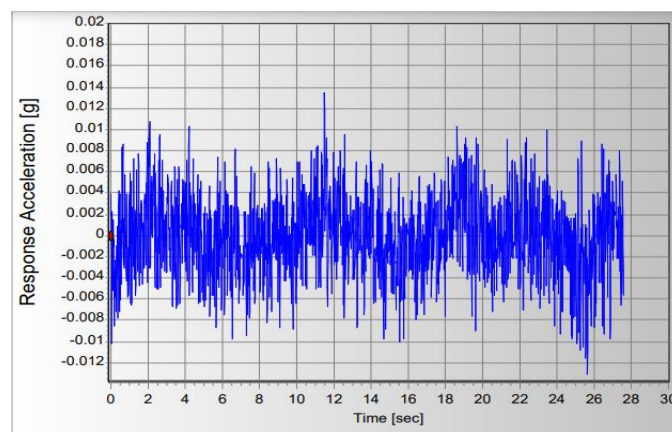
En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 17.358 Hz, con un periodo de 0.058s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos.

EXTREMO IZQUIERDO – PISO 2

HORARIO: 12H30 AM

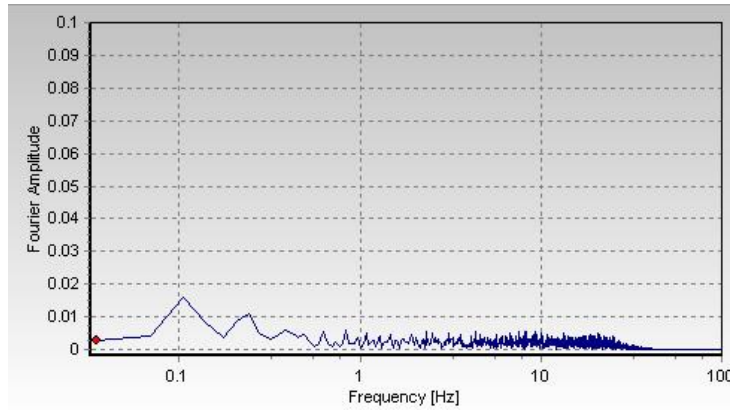
**ACELERACIÓN:** 0.0134g

SENTIDO VERTICAL



**Imagen 64. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería.  
Análisis vertical. (Autoría propia)**

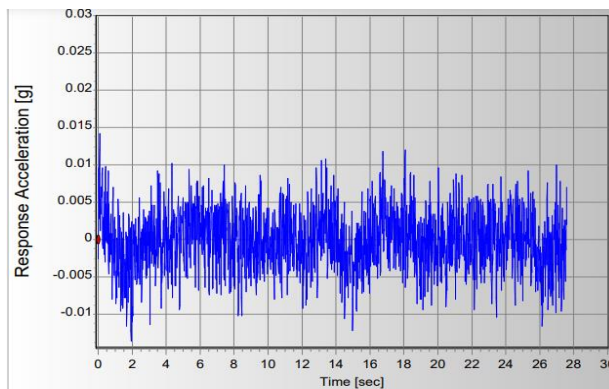
En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: 0.0134g. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.



**Imagen 65. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería. Análisis sentido vertical. (Autoría propia)**

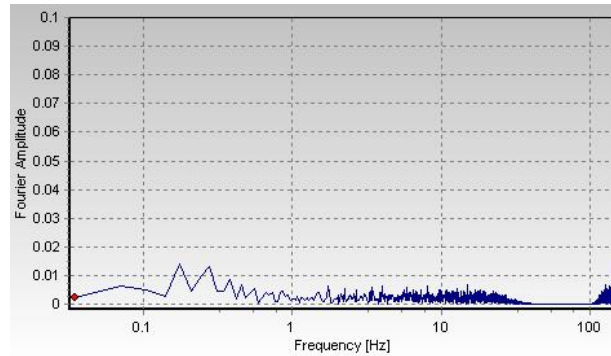
En la gráfica del espectro de Fourier, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.105 Hz, con un periodo de 9.557s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos

EXTREMO IZQUIERDO – PISO 2  
 HORARIO: 12H30 AM  
**ACELERACIÓN: 0.0141 g**  
 SENTIDO TRASLACIONAL HORIZONTAL



**Imagen 66. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería. Análisis traslacional horizontal. (Autoría propia)**

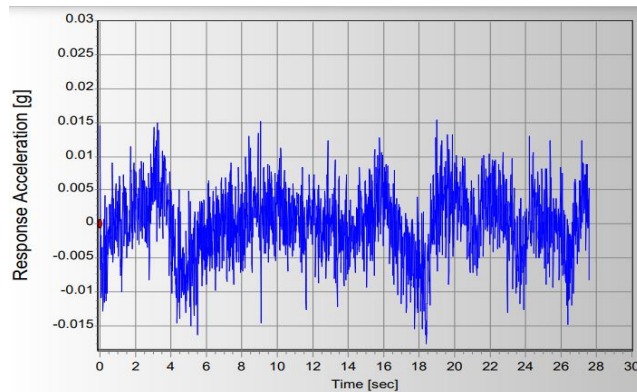
En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: 0.0141g. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.



**Imagen 67. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería. Análisis sentido traslacional horizontal. (Autoría propia)**

SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.174 Hz, con un periodo de 5.734s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos.

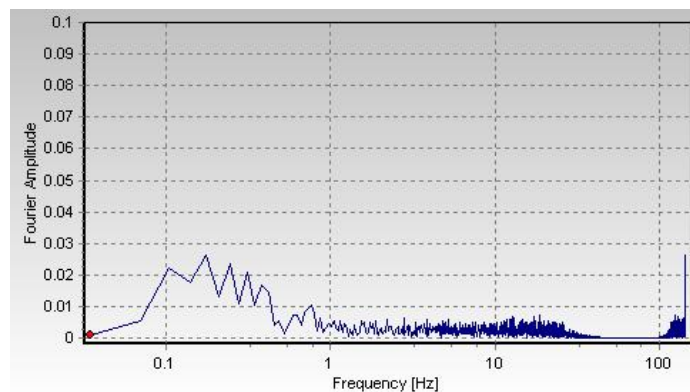
EXTREMO IZQUIERDO – PISO 2  
HORARIO: 12H30 AM  
**ACELERACIÓN:0.017 g**  
SENTIDO LONGITUDINAL HORIZONTAL



**Imagen 68. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería.**

**Análisis longitudinal Horizontal. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: 0.017g. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.



**Imagen 69. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Ingeniería.**

**Análisis longitudinal horizontal. (Autoría propia)**

SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.27 Hz, con un periodo de 3.70s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental.

Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos.

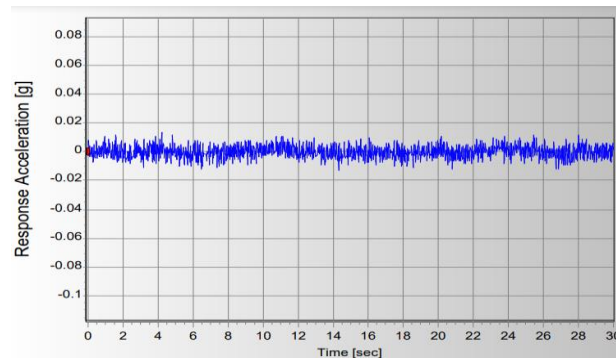
#### 4.1.4.2 FACULTAD DE JURISPRUDENCIA

PISO 3

HORARIO: 11H20 AM

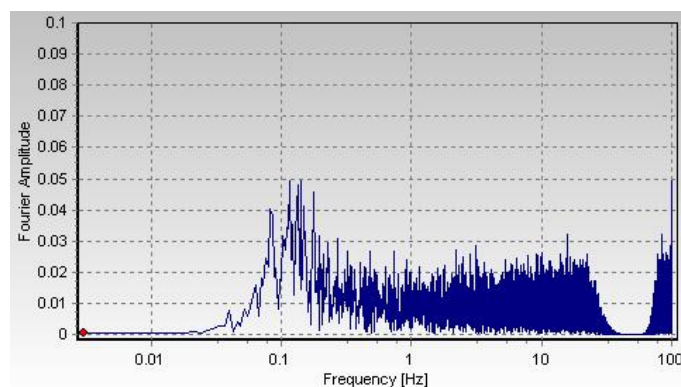
ACELERACIÓN: 0.067g

SENTIDO VERTICAL



**Imagen 70. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis vertical. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: 0.067g. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

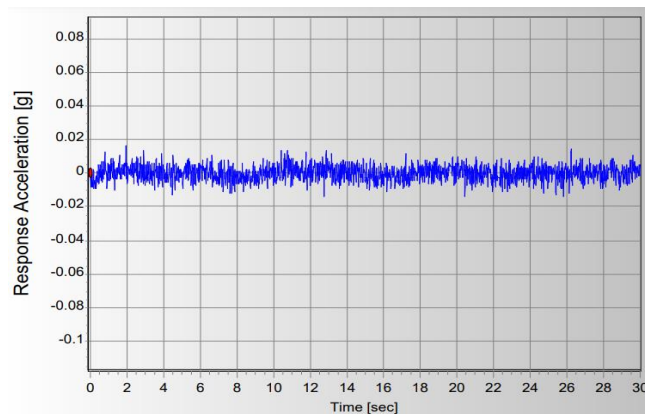


**Imagen 71. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del**

**Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Jurisprudencia.  
Análisis vertical. (Autoría propia)**

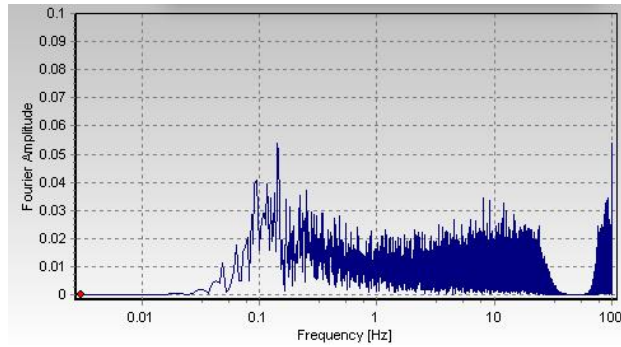
SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.116 Hz, con un periodo de 8.623s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos.

PISO 3  
HORARIO: 11H20 AM  
**ACELERACIÓN: 0.017g**  
SENTIDO TRASLACIONAL HORIZONTAL



**Imagen 72. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis sentido traslacional horizontal. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: 0.017g. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.



**Imagen 73. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis traslacional horizontal. (Autoría propia)**

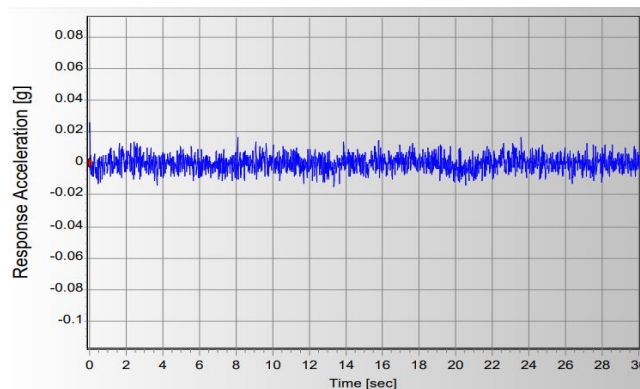
SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.204 Hz, con un periodo de 4.891s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos.

PISO 3

HORARIO: 11H20 AM

**ACELERACIÓN:** 0.295g

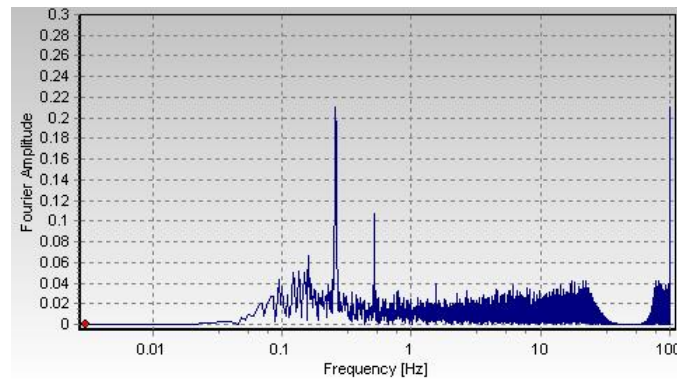
SENTIDO LONGITUDINAL HORIZONTAL



**Imagen 74. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis Longitudinal Horizontal. (Autoría propia)**



En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: 0.295g. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.

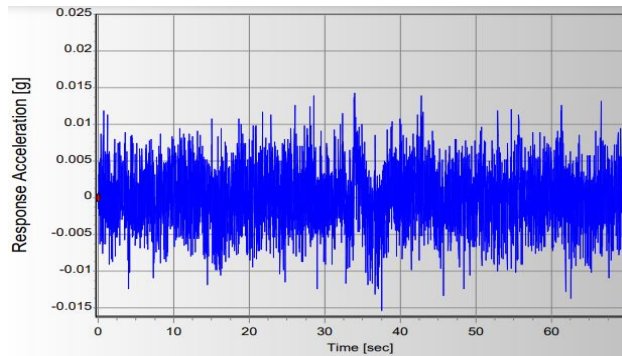


**Imagen 75. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis longitudinal horizontal. (Autoría propia)**

SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.259 Hz, con un periodo de 3.855s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos.

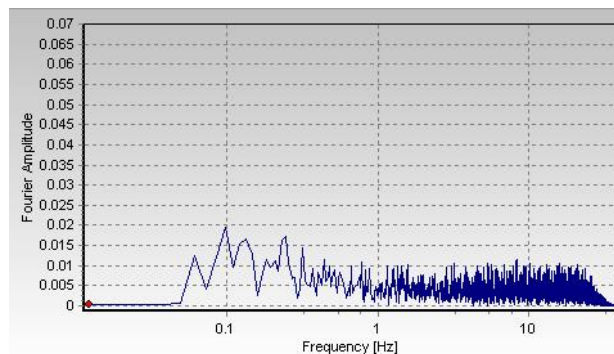
PISO 5  
HORARIO: 11H35 AM  
**ACELERACIÓN:** 0.015g  
SENTIDO VERTICAL





**Imagen 76. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis vertical. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: 0.015g. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.



**Imagen 77. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis vertical. (Autoría propia)**

SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.098 Hz, con un periodo de 10.24s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental.

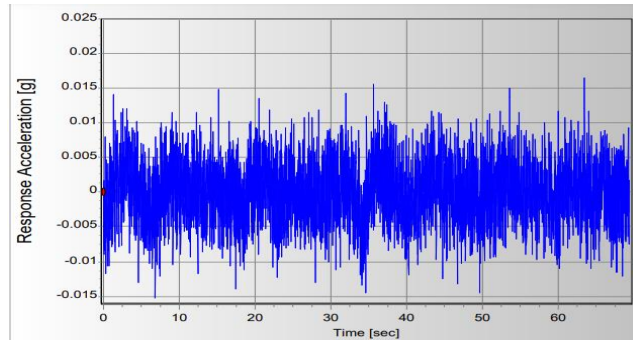
Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos.

PISO 5

HORARIO: 11H35 AM

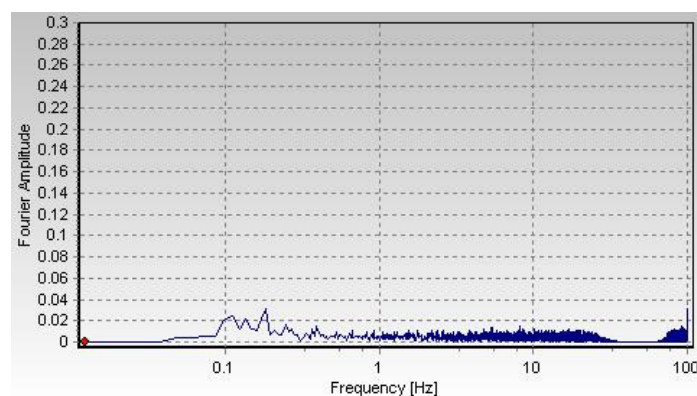
ACELERACIÓN: 0.0164g

SENTIDO TRASLACIONAL HORIZONTAL



**Imagen 78. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis traslacional horizontal. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: 0.0164g. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.



**Imagen 79. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis sentido Traslacional horizontal. (Autoría propia)**

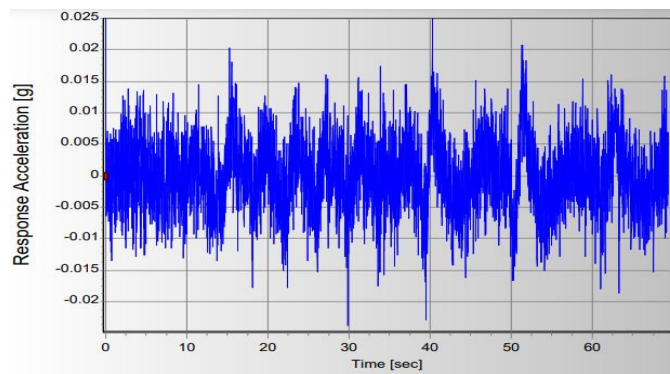
SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.171 Hz, con un periodo de 5.851s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos.

PISO 5

HORARIO: 11H35 AM

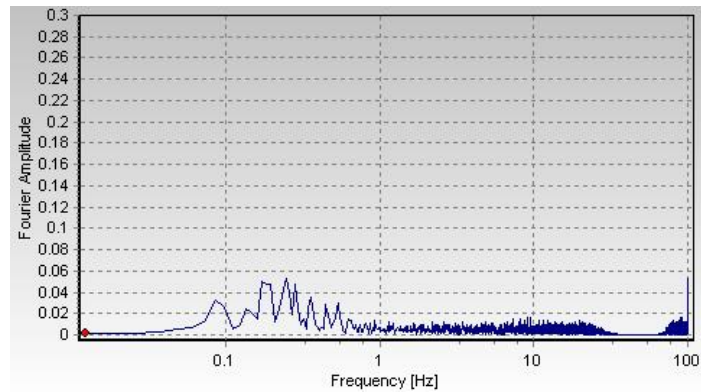
ACELERACIÓN: 0.026g

SENTIDO LONGITUDINAL HORIZONTAL



**Imagen 80. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis longitudinal horizontal. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: 0.026g. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.



**Imagen 81. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Jurisprudencia. Análisis traslacional longitudinal. (Autoría propia)**

SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.244 Hz, con un periodo de 4.096s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos.

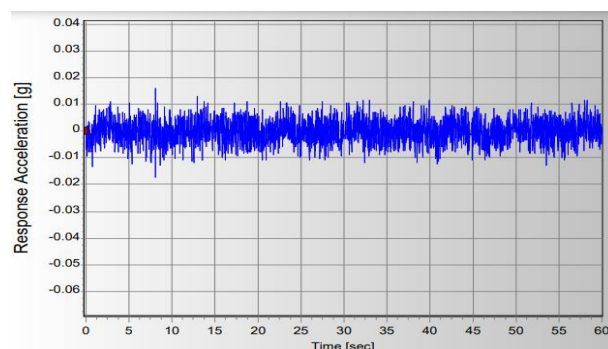
#### **4.1.4.3 FACULTAD DE EMPRESARIALES**

PISO 5

HORARIO: 12H50 AM

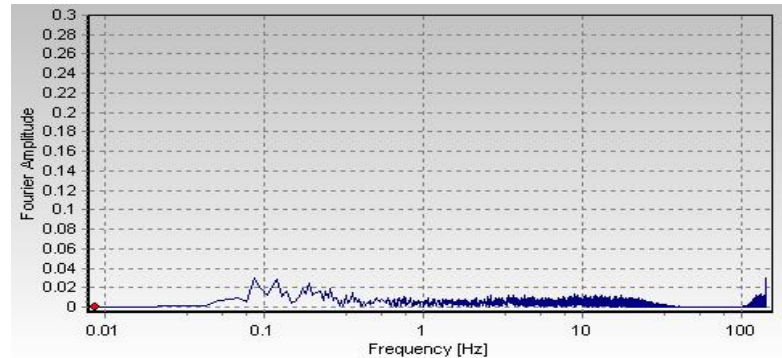
ACELERACIÓN: 0.12g

SENTIDO VERTICAL



**Imagen 82. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis vertical. (Autoría propia)**

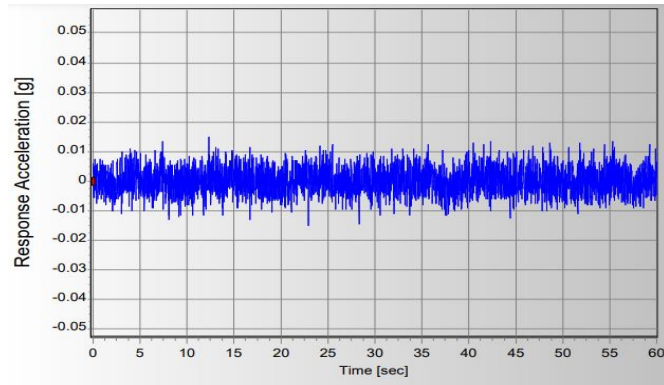
En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: 0.12g. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.



**Imagen 83. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis vertical. (Autoría propia)**

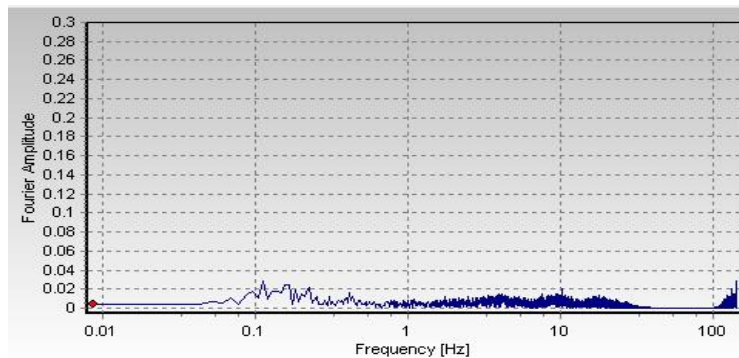
SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.146 Hz, con un periodo de 6.827s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos.

PISO 5  
HORARIO: 12H50 AM  
**ACELERACIÓN:** 0.139g  
SENTIDO TRASLACIONAL HORIZONTAL



**Imagen 84. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis sentido traslacional horizontal. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: 0.139g. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.



**Imagen 85. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis traslacional horizontal. (Autoría propia)**

SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.11 Hz, con un periodo de 9.102s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental.



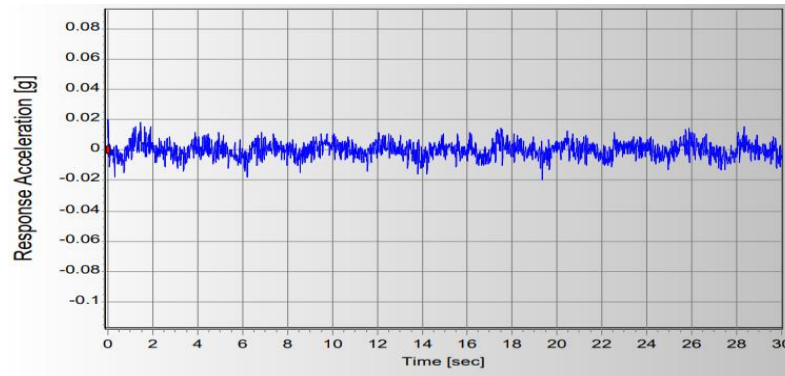
Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos.

PISO 5

HORARIO: 12H50 AM

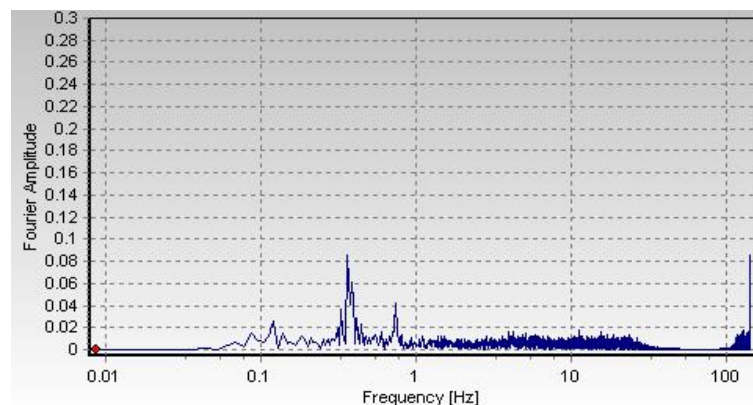
ACELERACIÓN: 0.087g

SENTIDO LONGITUDINAL HORIZONTAL



**Imagen 86. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis longitudinal horizontal. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: 0.087g. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.



**Imagen 87. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis longitudinal horizontal. (Autoría propia)**

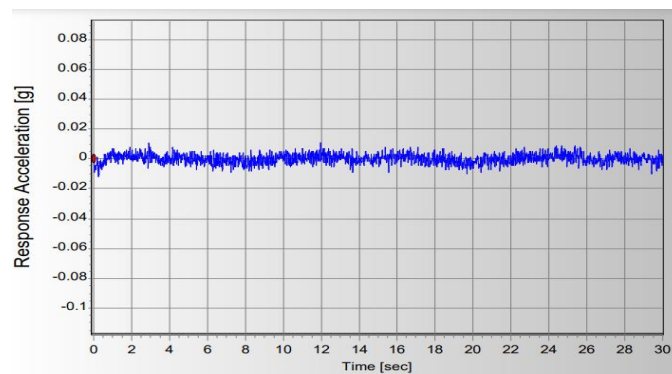
SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.357 Hz, con un periodo de 2.797s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos.

PISO 10

HORARIO: 13H15 PM

**ACELERACIÓN:** 0.016g

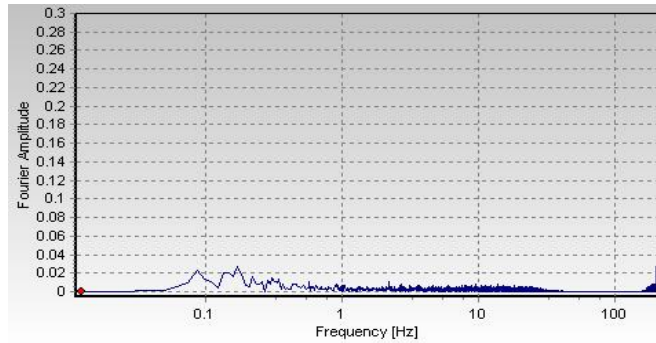
SENTIDO VERTICAL



**Imagen 88. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis vertical. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: 0.016g. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.





**Imagen 89. Ejemplo de gráfica Espectro de Fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis vertical. (Autoría propia)**

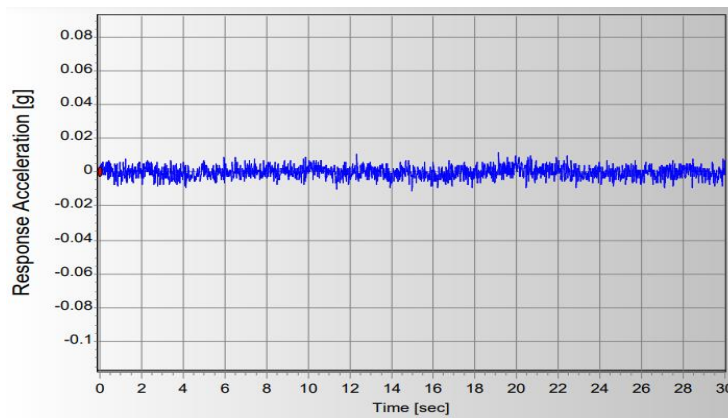
SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.171 Hz, con un periodo de 5.851s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos.

PISO 10

HORARIO: 13H15 PM

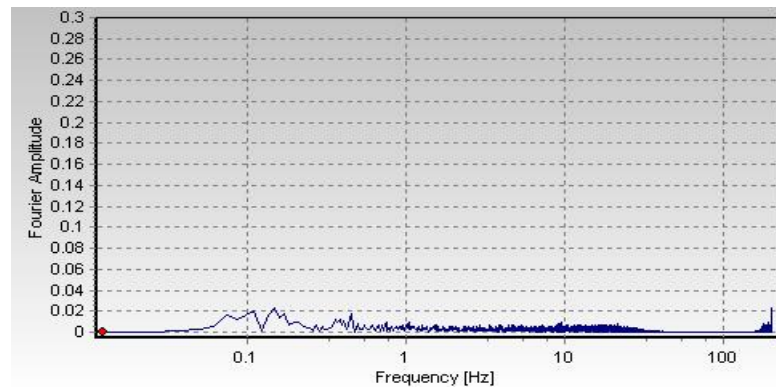
ACELERACIÓN: 0.0124g

SENTIDO TRASLACIONAL HORIZONTAL



**Imagen 90. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis traslacional horizontal. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: 0.0124g. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.



**Imagen 91. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis traslacional horizontal. (Autoría propia)**

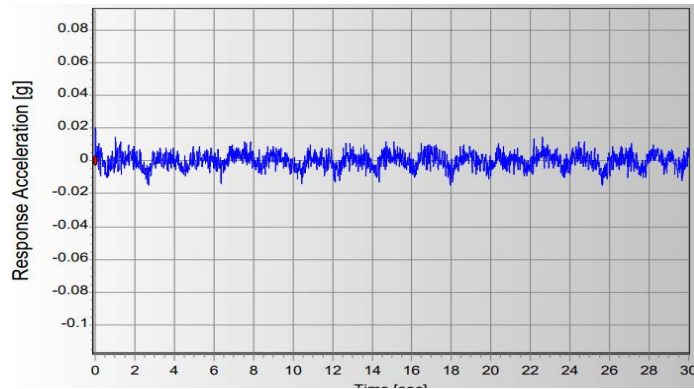
SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.146 Hz, con un periodo de 6.827s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental. Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos.

PISO 10

HORARIO: 13H15 PM

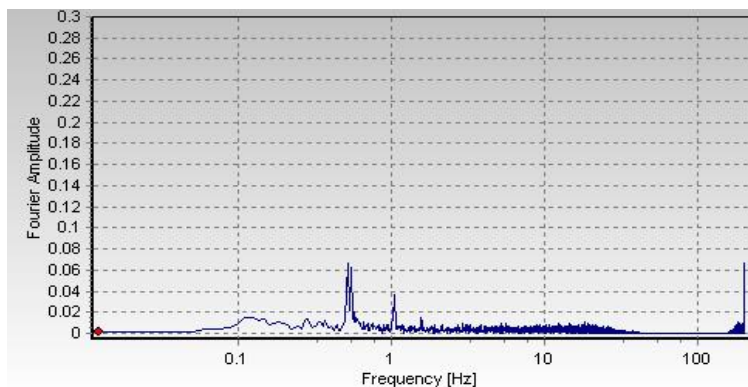
**ACELERACIÓN:** 0.020 g

SENTIDO LONGITUDINAL HORIZONTAL



**Imagen 92. Ejemplo de gráfica aceleración vs tiempo, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis longitudinal horizontal. (Autoría propia)**

En la gráfica Aceleración vs Tiempo, obtenida a través del software SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuya aceleración principal corresponde al valor de: 0.020g. Los demás valores correspondientes al resto de muestras que se encuentran en la tabla dentro de anexos.



**Imagen 93. Ejemplo de gráfica Espectro de fourier, después de la corrección por línea base y filtros, mediante el uso del software SeismoSignal, para el uso de datos del Acelerómetro de telefonía celular iPhone, en la prueba del edificio de Empresariales. Análisis longitudinal horizontal. (Autoría propia)**

SeismoSignal después de la corrección por línea base y filtros de Butterworth, se obtiene una gráfica cuyo valor más alto corresponde al valor de: 0.513 Hz, con un periodo de 1.95s. Este podría formar parte de alguna perturbación como el caso de un golpe, que como resultante crea un pico alto y que no pertenece al grupo de datos para obtener el valor del periodo fundamental.

Los demás valores correspondientes al resto de muestras se encuentran en la tabla dentro del cuadro resumen de datos.

## CAPÍTULO V: RESULTADOS

### 5.1 CUADRO RESUMEN DE DATOS: ANÁLISIS DE SEÑALES (ACELERÓMETRO UCSG)

#### 5.1.1 FACULTAD DE INGENIERÍA

DATOS ACCELERÓMETRO UCSG FACULTAD: INGENIERÍA								
SENTIDO VERTICAL			SENTIDO HORIZONTAL (TRASLACIONAL)			SENTIDO HORIZONTAL (ROTACIONAL)		
ACELERACION (g)	FRECUENCIA (Hz)	PERIODO (s)	ACELERACION (g)	FRECUENCIA (Hz)	PERIODO (s)	ACELERACION (g)	FRECUENCIA (Hz)	PERIODO (s)
<b>PRIMER ENSAYO - HORARIO 09H30 am -LADO DERECHO</b>								
0.0240	22.9680	0.0440	0.0125	4.3330	0.2310	0.0118	5.0350	0.1990
0.0150	5.0110	0.2000	0.0100	4.1810	0.2390	0.0147	5.0170	0.1990
0.0248	17.9810	0.0400	0.0141	4.4980	0.2220	0.0149	4.9930	0.2000
0.0150	24.7990	0.0400	0.0081	4.4860	0.2230	0.0105	5.0960	0.1960
0.0073	24.8050	0.0400	0.0079	4.1630	0.2400	0.0105	4.9320	0.2030
<b>SEGUNDO ENSAYO - HORARIO 10H00 am -LADO IZQUIERDO</b>								
0.0120	17.9630	0.0560	0.0070	4.4980	0.2200	0.0075	4.9440	0.2020
0.0170	17.9810	0.0560	0.0106	4.3820	0.2280	0.0085	5.0420	0.1980
0.0850	17.9500	0.0560	0.0180	4.3880	0.2280	0.0073	4.9620	0.2020
0.0145	17.9690	0.0560	0.0088	4.4560	0.2240	0.0071	4.9500	0.2020
0.0180	17.9570	0.0560	0.0101	4.3210	0.2310	0.0080	5.0110	0.2000
<b>TERCER ENSAYO - HORARIO 13H00 pm -LADO DERECHO</b>								
0.0175	26.6660	0.0380	0.0101	4.9190	0.2030	0.0092	4.5040	0.2200
0.0274	26.6660	0.0380	0.0146	5.0350	0.1990	0.0090	4.4430	0.2250
0.0301	26.6660	0.0380	0.0116	5.2250	0.1911	0.0092	4.3950	0.2280
5.4970	1.3060	0.7660	7.7060	0.4580	2.1850	7.7960	0.4880	2.0480
0.0180	24.4020	0.0410	0.0083	4.4130	0.2270	0.0100	6.0000	0.1670
<b>CUARTO ENSAYO - HORARIO 13H30 pm -LADO IZQUIERDO</b>								
0.0113	26.6540	0.0380	0.0047	4.5100	0.2200	0.0043	4.9800	0.2010
0.0213	26.6660	0.0380	0.0052	4.5410	0.2200	0.0046	4.9930	0.2000
0.0137	26.6600	0.0380	0.0620	4.4070	0.2270	0.0054	5.0840	0.1970
0.0128	26.6600	0.0380	0.0047	4.4190	0.2260	0.0054	5.1940	0.1930
0.0076	26.6600	0.0380	0.0071	4.4740	0.2240	0.0037	5.0110	0.2000
<b>QUINTO ENSAYO - HORARIO 18H00 pm -LADO DERECHO</b>								
0.0200	24.9080	0.0400	0.0066	4.3580	0.2290	0.0073	5.5910	0.1790
0.0081	24.9210	0.0400	0.0039	4.2660	0.2340	0.0057	5.0960	0.1960
0.0102	24.9020	0.0400	0.0045	4.3580	0.2290	0.0048	5.1880	0.1930
0.0077	24.8780	0.0400	0.0041	4.4370	0.2250	0.0051	4.9070	0.2040
0.0083	23.9070	0.0420	0.0055	4.2790	0.2340	0.0068	4.9380	0.2030
<b>SEXTO ENSAYO - HORARIO 18H30 pm -LADO IZQUIERDO</b>								
0.0064	15.2340	0.0859	0.0061	4.3330	0.2310	0.0037	5.0960	0.1960
0.0258	4.9190	0.0859	0.0180	4.2600	0.2350	0.0780	5.0660	0.1970
0.0094	11.4440	0.0870	0.0053	4.2660	0.2340	0.0052	5.2550	0.1900
0.0104	11.6760	0.0860	0.0055	4.4070	0.2270	0.0055	5.1090	0.1960
0.0058	11.5230	0.0870	0.0082	4.3700	0.2290	0.0034	5.1760	0.1930

**Tabla 17. Cuadro resumen de aceleración, periodos y frecuencias obtenidos a través del análisis de señales en SismoSignal, para la facultad de Ingeniería a través del acelerómetro UCSG. (Autoría propia)**

En la tabla número 17, "Cuadro resumen de aceleración, periodos y frecuencias obtenidos a través del análisis de señales en SismoSignal", se

exponen todos los resultados obtenidos a partir del análisis de señales, utilizando el acelerómetro UCSG, los mismos que se dividieron en los horarios mencionados anteriormente en el análisis dinámico del edificio. Los resultados subrayados en el primer y tercer ensayo corresponden a picos altos de frecuencia captada por el equipo. Sin embargo, al no seguir la secuencia en similitud de valores, se consideran como perturbaciones, dadas por razones como golpes al equipo o sonidos altos de transeúntes; por ello para el cálculo final del periodo estructural, no se tomaron en cuenta.

DATOS ACCELERÓMETRO UCSG FACULTAD: INGENIERÍA								
PERIODOS FUNDAMENTALES LADO DERECHO (s)								
PRIMER ENSAYO			TERCER ENSAYO			QUINTO ENSAYO		
09H30 am			13h00 pm			18h00 pm		
VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL
0.041	0.229	0.200	0.0388	0.2050	0.2100	0.0404	0.2302	0.1950

**Tabla 168. Cuadro resumen de periodos fundamentales para todos los ensayos realizados en el lado derecho del piso 2, Facultad de Ingeniería. (Autoría propia)**

DATOS ACCELERÓMETRO UCSG FACULTAD: INGENIERÍA								
PERIODOS FUNDAMENTALES LADO IZQUIERDO (s)								
SEGUNDO ENSAYO			CUARTO ENSAYO			SEXTO ENSAYO		
09H30 am			13h00 pm			18h00 pm		
VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL
0.056	0.226	0.201	0.0380	0.2234	0.1982	0.0864	0.2312	0.1944

**Tabla 179. Cuadro resumen de periodos fundamentales para todos los ensayos realizados en el lado izquierdo del piso 2, Facultad de Ingeniería. (Autoría propia)**

Para el uso de los datos obtenidos a través del acelerómetro de la UCSG, se separaron en vertical, horizontal sentido longitudinal, y horizontal sentido traslacional, de acuerdo a la observación de la información obtenida.

## 5.1.2 FACULTAD DE EMPRESARIALES

DATOS ACCELERÓMETRO UCSG FACULTAD: EMPRESARIALES								
SENTIDO VERTICAL			SENTIDO HORIZONTAL (TRASLACIONAL)			SENTIDO HORIZONTAL (ROTACIONAL)		
ACELERACION (g)	FRECUENCIA (Hz)	PERIODO (s)	ACELERACION (g)	FRECUENCIA (Hz)	PERIODO (s)	ACELERACION (g)	FRECUENCIA (Hz)	PERIODO (s)
<b>PRIMER ENSAYO - HORARIO 09:35 am - PISO 10</b>								
0.0047	18.4750	0.0540	0.0146	1.4650	0.6830	0.0160	1.5870	0.6300
0.0089	18.4630	0.0540	0.0106	1.4530	0.6880	0.0138	1.5870	0.6300
0.0043	7.3336	0.1360	0.0079	1.4650	0.6830	0.0130	1.5990	0.6250
<b>SEGUNDO ENSAYO - HORARIO 10:35 am - PISO 5</b>								
0.0063	18.4450	0.0540	0.0054	1.4770	0.6770	0.0070	1.6110	0.6210
0.0310	18.1820	0.0550	0.0063	1.4650	0.6830	0.0066	1.6440	0.7730
<b>TERCER ENSAYO - HORARIO 13:00 Pm - PISO 10</b>								
0.0110	17.9800	0.0390	0.0128	1.3000	0.7690	0.0076	1.4590	0.6860
0.0570	18.4510	0.0389	0.0108	1.3060	0.7660	0.0088	1.4770	0.6770
<b>CUARTO ENSAYO - HORARIO 13:30 Pm - PISO 5</b>								
0.0021	18.4450	0.0540	0.0064	1.4770	0.6770	0.0065	1.6300	0.6110
0.0032	18.4570	0.0540	0.0082	1.4590	0.6860	0.0076	1.6170	0.6180
<b>QUINTO ENSAYO - HORARIO 18:00 Pm - PISO 10</b>								
0.0080	18.1580	0.0550	0.0124	1.4770	0.6770	0.0190	1.6110	0.6210
0.0078	18.1640	0.0550	0.0103	1.4710	0.6800	0.0188	1.6050	0.6230
<b>SEXTO ENSAYO - HORARIO 18:30 Pm - PISO 5</b>								
0.0056	18.6460	0.0540	0.0078	1.4590	0.6860	0.0086	1.6110	0.0870
0.0037	18.1820	0.0550	0.0156	1.4590	0.6860	0.0087	1.5930	0.0828

**Tabla 2018. Cuadro resumen de aceleración, periodos y frecuencias obtenidos a través del análisis de señales en SismoSignal, para la facultad de Empresariales a través del acelerómetro UCSG. (Autoría propia)**

En la tabla 20 “Cuadro resumen de aceleración, periodos y frecuencias obtenidos a través del análisis de señales en SismoSignal, para la facultad de Empresariales a través del acelerómetro UCSG”, resume los datos obtenidos a partir del análisis de señales, en donde se puede observar que en el primer ensayo realizado en el piso 10 hay una alteración considerada como perturbación, que no se considera en el cálculo del periodo fundamental, ya que no concuerda con la base de los demás datos.

DATOS ACCELERÓMETRO UCSG FACULTAD: EMPRESARIALES								
PERIODOS FUNDAMENTALES PISO 10 (s)								
PRIMER ENSAYO			TERCER ENSAYO			QUINTO ENSAYO		
09H30 am			13h00 pm			18h00 pm		
VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL
0.054	0.686	0.630	0.0390	0.7675	0.6815	0.0550	0.6785	0.6220

**Tabla 191. Cuadro resumen de periodos fundamentales para todos los ensayos realizados al piso 10, Facultad de Empresariales. (Autoría propia)**

DATOS ACCELERÓMETRO UCSG FACULTAD: EMPRESARIALES								
PERIODOS FUNDAMENTALES PISO 5 (s)								
SEGUNDO ENSAYO			CUARTO ENSAYO			SEXTO ENSAYO		
10H35 am			13h30 pm			18h30 pm		
VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL
0.055	0.680	0.697	0.0540	0.6815	0.6145	0.0545	0.6860	0.0849

**Tabla 202. Cuadro resumen de periodos fundamentales para todos los ensayos realizados al piso 5, Facultad de Empresariales**

Al igual que en los ensayos realizados en la Facultad de Ingeniería, para el uso de los datos obtenidos a través del acelerómetro de la UCSG para la Facultad de Empresariales, se separaron en vertical, horizontal sentido longitudinal, y horizontal sentido traslacional de acuerdo a la observación de la información obtenida.

### 5.1.3 FACULTAD DE JURISPRUDENCIA

DATOS ACCELERÓMETRO UCSG FACULTAD: JURISPRUDENCIA								
SENTIDO VERTICAL			SENTIDO HORIZONTAL (TRASLACIONAL)			SENTIDO HORIZONTAL (ROTACIONAL)		
ACELERACION (g)	FRECUENCIA (Hz)	PERIODO (s)	ACELERACION (g)	FRECUENCIA (Hz)	PERIODO (s)	ACELERACION (g)	FRECUENCIA (Hz)	PERIODO (s)
<b>PRIMER ENSAYO - HORARIO 09H08 AM - PISO 3</b>								
0.0049	17.8340	0.0560	0.0213	19.1710	0.0520	0.0023	19.1710	0.0520
0.0051	17.8220	0.0560	0.0022	17.8220	0.0520	0.0031	19.1590	0.0520
<b>SEGUNDO ENSAYO - HORARIO 10H40 AM - PISO 5</b>								
0.0039	19.1350	0.0520	0.0047	5.9330	0.0520	0.0073	15.1730	0.0660
0.0245	19.1220	0.0520	0.0055	6.0610	0.0520	0.0057	11.5170	0.0870
<b>TERCER ENSAYO - HORARIO 13H15 PM - PISO 3</b>								
0.0035	19.0730	0.0520	0.0037	19.0860	0.0520	0.0021	19.0860	0.0520
0.0024	19.08	0.0520	0.0028	19.0860	0.0520	0.0200	19.0860	0.0520
<b>CUARTO ENSAYO - HORARIO 13H40 PM - PISO 5</b>								
0.0061	19.0920	0.0520	0.0029	15.1610	0.0660	0.0024	1.1900	0.8400
0.0075	15.1120	0.0660	0.0310	19.0920	0.0520	0.0031	6.1710	0.1620
<b>QUINTO ENSAYO - HORARIO 17H30 PM - PISO 3</b>								
0.0078	14.1600	0.0710	0.0027	19.1830	0.0520	0.0027	19.1830	0.0520
0.0133	14.1660	0.0710	0.0026	19.1590	0.0520	0.0029	19.1590	0.0520
<b>SEXTO ENSAYO - HORARIO 17H50 PM - PISO 5</b>								
0.0300	14.1660	0.0710	0.0072	5.9200	0.1690	0.0043	14.1660	0.0710
0.0101	14.1780	0.0710	0.0033	5.9140	0.1690	0.0031	14.1780	0.0710

**Tabla 213. Cuadro resumen de aceleración, periodos y frecuencias obtenidos a través del análisis de señales en SismoSignal, para la facultad de Jurisprudencia a través del acelerómetro UCSG. (Autoría propia)**

Según lo observado en la tabla 23. "Cuadro resumen de aceleración, periodos y frecuencias obtenidos a través del análisis de señales en SismoSignal, para

la facultad de Jurisprudencia a través del acelerómetro UCSG”, obtenidos a partir del análisis de señales, no se obtuvieron perturbaciones significativas que cambien el valor de los periodos estructurales en los diferentes periodos.

DATOS ACELERÓMETRO UCSG FACULTAD: JURISPRUDENCIA								
PERIODOS FUNDAMENTALES PISO 3 (s)								
PRIMER ENSAYO			TERCER ENSAYO			QUINTO ENSAYO		
09H08 am			13h15pm			17h30pm		
VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL
0.056	0.052	0.052	0.0520	0.0520	0.0520	0.0710	0.0520	0.0520

**Tabla 224. Cuadro resumen de periodos fundamentales para todos los ensayos realizados al piso 3, Facultad de Jurisprudencia. (Autoría propia)**

DATOS ACELERÓMETRO UCSG FACULTAD: JURISPRUDENCIA								
PERIODOS FUNDAMENTALES PISO 5 (s)								
SEGUNDO ENSAYO			CUARTO ENSAYO			SEXTO ENSAYO		
10h40 am			13h40pm			17h50pm		
VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL
0.052	0.052	0.077	0.0590	0.0590	0.5010	0.0710	0.1690	0.0710

**Tabla 235. Cuadro resumen de periodos fundamentales para todos los ensayos realizados al piso 5, Facultad de Jurisprudencia. (Autoría propia)**

Al igual que en los ensayos realizados en la Facultad de Ingeniería y Empresariales, para el uso de los datos obtenidos a través del acelerómetro de la UCSG para la Facultad de Jurisprudencia, se separaron en vertical, horizontal sentido longitudinal, y horizontal sentido traslacional, de acuerdo a la observación de la información obtenida.



## 5.2 CUADRO RESUMEN DE DATOS: ANÁLISIS DE SEÑALES (ACCELERÓMETRO DE TELEFONÍA CELULAR IPHONE Y SAMSUNG) – PRIMER ENSAYO

### 5.2.1 FACULTAD DE INGENIERÍA

DATOS ACCELERÓMETRO TELEFONIA CELULAR FACULTAD IPHONE: INGENIERIA								
PRIMER ENSAYO								
SENTIDO X			SENTIDO Y			SENTIDO Z		
ACELERACION	PERIODO	FRECUENCIA	ACELERACION	PERIODO	FRECUENCIA	ACELERACION	PERIODO	FRECUENCIA
0.00434	0.206	4.844	0.0541181	0.291	3.438	0.00991274	5.407	0.185
SEGUNDO ENSAYO								
0.0162732	9.256	0.108	0.00555837	0.376	2.656	0.00395235	5.372	0.186
TERCER ENSAYO								
0.12588769	7.347	0.136	0.03222935	0.439	2.278	0.08010156	7.282	0.137
CUARTO ENSAYO								
0.00419077	0.376	2.656	0.00222212	0.376	2.656	0.01387906	4.77	0.209
QUINTO ENSAYO								
0.0168	0.242	4.128	0.0033	0.207	4.835	0.0043	0.474	2.111
SEXTO ENSAYO								
0.0143	3.707	0.27	0.044	0.282	3.541	0.0028	8.111	0.123
	3.522			0.329			5.236	

Tabla 246. Cuadro resumen de aceleración, periodos y frecuencias obtenidos a través del análisis de señales en SismoSignal, para el acelerómetro de telefonía celular iPhone. (Autoría propia)

DATOS ACCELERÓMETRO TELEFONIA CELULAR FACULTAD SAMSUNG: INGENIERIA								
PRIMER ENSAYO								
SENTIDO X			SENTIDO Y			SENTIDO Z		
ACELERACION	PERIODO	FRECUENCIA	ACELERACION	PERIODO	FRECUENCIA	ACELERACION	PERIODO	FRECUENCIA
0.054	0.28	3.565	0.0201	0.241	4.142	0.0124	0.218	4.583
SEGUNDO ENSAYO								
0.001	1.031	0.97	0.0109	0.432	2.316	0.0138	0.318	3.142
TERCER ENSAYO								
0.2135	3.801	0.263	0.4653	0.44	2.272	0.0134	2.01	0.497
CUARTO ENSAYO								
0.015	0.241	4.156	0.0127	0.207	4.825	0.0133	0.365	2.738
QUINTO ENSAYO								
0.0227	1.248	0.801	0.0177	0.23	4.351	0.0129	0.218	4.578
SEXTO ENSAYO								
0.0076	0.692	1.445	0.0097	0.26	4.064	0.0129	0.218	4.578
	1.216			0.302			0.558	

Tabla 257. Cuadro resumen de aceleración, periodos y frecuencias obtenidos a través del análisis de señales en SismoSignal, para el acelerómetro de telefonía celular Samsung. (Autoría propia)

<b>FACULTAD DE INGENERÍA (ACELERÓMETRO TELEFONÍA CELULAR IPHONE)</b>	
<b>PERIODO SENTIDO X:</b>	3.522s
<b>PERIODO SENTIDO Y:</b>	0.329s
<b>PERIODO SENTIDO Z:</b>	5.236s

**Tabla 268. Cuadro resumen del periodo estructural obtenido a partir del análisis de señales a través del Acelerómetro de telefonía celular iPhone para la Facultad de Ingeniería. (Autoría propia)**

<b>FACULTAD DE INGENERÍA (ACELERÓMETRO TELEFONÍA CELULAR SAMSUNG)</b>	
<b>PERIODO SENTIDO X:</b>	3.522s
<b>PERIODO SENTIDO Y:</b>	0.329s
<b>PERIODO SENTIDO Z:</b>	5.236s

**Tabla 279. Cuadro resumen del periodo estructural obtenido a partir del análisis de señales a través del Acelerómetro de telefonía celular Samsung para la Facultad de Ingeniería. (Autoría propia)**

Para el uso de los datos obtenidos a partir de la telefonía celular iPhone y Samsung, se obtuvieron datos para el periodo estructural en sentido x (vertical), sentido y (horizontal sentido traslacional) y sentido z (horizontal sentido longitudinal).

## 5.2.2 FACULTAD DE EMPRESARIALES

DATOS ACELERÓMETRO TELEFONIA CELULAR FACULTAD IPHONE: EMPRESARIALES								
PRIMER ENSAYO								
SENTIDO X			SENTIDO Y			SENTIDO Z		
ACELERACION	PERIODO	FRECUENCIA	ACELERACION	PERIODO	FRECUENCIA	ACELERACION	PERIODO	FRECUENCIA
0.075	0.429	2.332	0.024	4.628	0.216	0.0095	6.884	0.145
SEGUNDO ENSAYO								
0.006	0.694	1.441	0.0039	0.277	3.614	0.0295	6.972	0.143
TERCER ENSAYO								
0.0295	7.186	0.139	0.027	0.724	1.381	0.033	8.623	0.116
CUARTO ENSAYO								
0.017	0.746	1.34	0.00405	0.75	1.33	0.0476	0.748	1.336
QUINTO ENSAYO								
0.00209	0.376	2.656	0.0048	0.844	1.185	0.003	5.372	0.186
SEXTO ENSAYO								
0.00952	0.73	1.37	0.0053	0.731	1.368	0.0053	9.362	0.107
	1.694			1.326			6.327	

Imagen 94. Cuadro resumen de aceleración, periodos y frecuencias obtenidos a través del análisis de señales en SismoSignal, para el acelerómetro de telefonía celular iPhone. (Autoría propia)

DATOS ACELERÓMETRO TELEFONIA CELULAR FACULTAD SAMSUNG: EMPRESARIALES								
PRIMER ENSAYO								
SENTIDO X			SENTIDO Y			SENTIDO Z		
ACELERACION	PERIODO	FRECUENCIA	ACELERACION	PERIODO	FRECUENCIA	ACELERACION	PERIODO	FRECUENCIA
0.075	0.429	2.332	0.02488	4.628	0.216	0.0095	6.884	0.145
SEGUNDO ENSAYO								
0.0095	0.517	1.933	0.0102	0.225	4.44	0.0124	1.32	0.757
TERCER ENSAYO								
0.009	0.43	2.323	0.0105	0.249	4.008	0.0105	0.293	3.418
CUARTO ENSAYO								
0.017	0.746	1.34	0.04	0.75	1.333	0.0476	0.748	1.336
QUINTO ENSAYO								
0.02	0.376	2.656	0.048	0.844	1.185	0.032	5.372	0.186
SEXTO ENSAYO								
0.0095	0.793	1.37	0.0053	0.731	1.368	0.0053	9.362	0.107
	0.549			1.238			3.997	

Imagen 95. Cuadro resumen de aceleración, periodos y frecuencias obtenidos a través del análisis de señales en SismoSignal, para el acelerómetro de telefonía celular Samsung. (Autoría propia)

<b>FACULTAD DE EMPRESARIALES (ACELERÓMETRO DE TELEFONÍA CELULAR SAMSUNG)</b>	
<b>PERIODO SENTIDO X:</b>	0.549s
<b>PERIODO SENTIDO Y:</b>	1.238s
<b>PERIODO SENTIDO Z:</b>	3.997s

**Imagen 96. Cuadro resumen del periodo estructural obtenido a partir del análisis de señales a través del Acelerómetro de telefonía celular Samsung para la Facultad de Empresariales. (Autoría propia)**

<b>FACULTAD DE EMPRESARIALES (ACELERÓMETRO DE TELEFONÍA CELULAR IPHONE)</b>	
<b>PERIODO SENTIDO X:</b>	1.694s
<b>PERIODO SENTIDO Y:</b>	1.326s
<b>PERIODO SENTIDO Z:</b>	6.327s

**Imagen 97. Cuadro resumen del periodo estructural obtenido a partir del análisis de señales a través del Acelerómetro de telefonía celular iPhone para la Facultad de Empresariales. (Autoría propia)**

Para el uso de los datos obtenidos a partir de la telefonía celular iPhone y Samsung, se obtuvieron datos para el periodo estructural en sentido x (vertical), sentido y (horizontal sentido traslacional) y sentido z (horizontal sentido longitudinal).

## 5.2.3 FACULTAD DE JURISPRUDENCIA

DATOS ACCELERÓMETRO TELEFONIA CELULAR FACULTAD IPHONE: JURISPRUDENCIA								
PRIMER ENSAYO								
SENTIDO X			SENTIDO Y			SENTIDO Z		
ACELERACION	PERIODO	FRECUENCIA	ACELERACION	PERIODO	FRECUENCIA	ACELERACION	PERIODO	FRECUENCIA
0.082	0.224	4.457	0.093	0.248	4.025	0.0065	7.032	0.142
SEGUNDO ENSAYO								
0.0346	5.915	0.169	0.02763	0.279	3.58	0.0099	0.235	4.258
TERCER ENSAYO								
0.027	0.215	4.651	0.0128	3.784	0.264	0.003	4.245	0.236
CUARTO ENSAYO								
0.0342	6.253	0.16	0.01134	2.26	0.443	0.0145	6.046	0.165
QUINTO ENSAYO								
0.0919	0.376	2.656	0.0071	9.752	0.103	0.0025	8.669	0.115
SEXTO ENSAYO								
0.0107	0.352	2.839	0.00771	1.255	0.797	0.0134	0.28	3.565
	2.223			2.930			4.418	

Imagen 98. Cuadro resumen de aceleración, periodos y frecuencias obtenidos a través del análisis de señales en SismoSignal, para el acelerómetro de telefonía celular iPhone. (Autoría propia)

DATOS ACCELERÓMETRO TELEFONIA CELULAR FACULTAD SAMSUNG: JURISPRUDENCIA								
PRIMER ENSAYO								
SENTIDO X			SENTIDO Y			SENTIDO Z		
ACELERACION	PERIODO	FRECUENCIA	ACELERACION	PERIODO	FRECUENCIA	ACELERACION	PERIODO	FRECUENCIA
0.008	0.224	4.457	0.093	0.248	4.025	0.0065	7.732	0.142
SEGUNDO ENSAYO								
0.034	5.915	0.169	0.027	0.279	3.758	0.012	0.235	4.258
TERCER ENSAYO								
0.027	0.215	4.651	0.0128	3.784	0.264	0.003	4.245	0.236
CUARTO ENSAYO								
0.007	1.2334	0.75	0.0095	0.267	3.742	0.0131	0.255	3.92
QUINTO ENSAYO								
0.0071	0.633	1.58	0.009	0.295	3.389	0.0125	0.355	2.817
SEXTO ENSAYO								
0.0107	0.352	2.839	0.0107	0.293	3.41	0.0134	0.762	1.312
	1.429			0.861			2.264	

Imagen 99. Cuadro resumen de aceleración, periodos y frecuencias obtenidos a través del análisis de señales en SismoSignal, para el acelerómetro de telefonía celular Samsung. (Autoría propia)

<b>FACULTAD DE JURISPRUDENCIA (ACELERÓMETRO TELEFONÍA CELULAR IPHONE)</b>	
<b>PERIODO SENTIDO X:</b>	2.223s
<b>PERIODO SENTIDO Y:</b>	2.930s
<b>PERIODO SENTIDO Z:</b>	4.418s

**Imagen 100. Cuadro resumen del periodo estructural obtenido a partir del análisis de señales a través del Acelerómetro de telefonía celular iPhone para la Facultad de Jurisprudencia. (Autoría propia)**

<b>FACULTAD DE JURISPRUDENCIA (ACELERÓMETRO TELEFONÍA CELULAR SAMSUNG)</b>	
<b>PERIODO SENTIDO X:</b>	1.429s
<b>PERIODO SENTIDO Y:</b>	0.861s
<b>PERIODO SENTIDO Z:</b>	2.264s

**Imagen 101. Cuadro resumen del periodo estructural obtenido a partir del análisis de señales a través del Acelerómetro de telefonía celular Samsung para la Facultad de Jurisprudencia. (Autoría propia)**

Para el uso de los datos obtenidos a partir de la telefonía celular iPhone y Samsung, se obtuvieron datos para el periodo estructural en sentido x (vertical), sentido y (horizontal sentido traslacional) y sentido z (horizontal sentido longitudinal).

### **5.3 CUADRO RESUMEN DE DATOS: ANÁLISIS DE SEÑALES (ACELERÓMETRO DE TELEFONÍA CELULAR IPHONE) – SEGUNDO ENSAYO**

#### **5.3.1 FACULTAD DE INGENIERÍA**

<b>TABLA RESUMEN DE PERIODOS A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE SEÑALES EN TELEFONIA CELULAR</b>					
<b>INGENIERIA (EXT. DERECHO PISO 2)</b>			<b>INGENIERIA (EXT. IZQUIERDO PISO 2)</b>		
<b>VERTICAL</b>	<b>TRASLACIONAL</b>	<b>LONGITUDINAL</b>	<b>VERTICAL</b>	<b>TRASLACIONAL</b>	<b>LONGITUDINAL</b>
0.061	7.123	0.058	9.557	5.734	5.734

**Tabla 3028. Cuadro resumen del periodo estructural obtenido a partir del segundo análisis de señales a través del Acelerómetro de telefonía celular iPhone para la Facultad de Ingeniería. (Autoría propia)**

### 5.3.2 FACULTAD DE JURISPRUDENCIA

TABLA RESUMEN DE PERIODOS A TRAVÉS DEL ANALISIS DE SEÑALES EN TELEFONIA CELULAR					
JURISPRUDENCIA (PISO 3)			JURISPRUDENCIA (PISO 5)		
VERTICAL	TRASLACIONAL	LONGITUDINAL	VERTICAL	TRASLACIONAL	LONGITUDINAL
8.623	4.891	3.855	10.24	5.851	4.096

**Tabla 291. Cuadro resumen del periodo estructural obtenido a partir del segundo análisis de señales a través del Acelerómetro de telefonía celular iPhone para la Facultad de Jurisprudencia. (Autoría propia)**

### 5.3.3 FACULTAD DE EMPRESARIALES

TABLA RESUMEN DE PERIODOS A TRAVÉS DEL ANALISIS DE SEÑALES EN TELEFONIA CELULAR					
EMPRESARIALES (PISO 5)			EMPRESARIALES (PISO 10)		
VERTICAL	TRASLACIONAL	LONGITUDINAL	VERTICAL	TRASLACIONAL	LONGITUDINAL
6.827	9.102	2.797	5.851	6.827	1.95

**Tabla 302. Cuadro resumen del periodo estructural obtenido a partir del segundo análisis de señales a través del Acelerómetro de telefonía celular iPhone para la Facultad de Empresariales. (Autoría propia)**

CUADRO RESUMEN DE PERIODOS FUNDAMENTALES														
NEC			ETABS			ACCELEROMETRO UCSG			ACCELEROMETRO SAMSUNG			ACCELEROMETRO IPHONE		
INGENIERIA			INGENIERIA			INGENIERIA			INGENIERIA			INGENIERIA		
VERTICAL	TRANSVERSAL	ROTACIONAL	VERTICAL	TRANSVERSAL	ROTACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL
0.34	0.34	0.34	0.463	0.409	0.394	0.041	0.205	0.195	3.522	0.329	5.236	3.522	0.329	5.26
EMPRESARIALES			EMPRESARIALES			EMPRESARIALES			EMPRESARIALES			EMPRESARIALES		
VERTICAL	TRANSVERSAL	ROTACIONAL	VERTICAL	TRANSVERSAL	ROTACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL
0.596	0.596	0.596	0.779	0.736	0.693	0.05	0.68	0.69	0.549	1.238	3.997	1.694	1.326	6.327
JURISPRUDENCIA			JURISPRUDENCIA			JURISPRUDENCIA			JURISPRUDENCIA			JURISPRUDENCIA		
VERTICAL	TRANSVERSAL	ROTACIONAL	VERTICAL	TRANSVERSAL	ROTACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL	VERTICAL	HORIZONTAL SENTIDO LONGITUDINAL	HORIZONTAL SENTIDO TRASLACIONAL
0.697	0.697	0.697	0.463	0.409	0.394	0.056	0.052	0.0765	1.429	0.861	2.264	2.223	23930	4.418

Tabla 313. Cuadro resumen con los diferentes resultados de periodos fundamentales calculados. (Autoría propia)



## CONCLUSIONES

- ✓ Debido al paso del tiempo por default de la aplicación utilizada para los teléfonos celulares, las gráficas de los espectros de Fourier presentan las señales angostas.
- ✓ Las señales obtenidas por ambos celulares se ven más afectadas por vibraciones como ruidos, creando señales muy contaminadas de ruido que afectan al valor real de la frecuencia máxima.
- ✓ Una de las características del acelerómetro de la UCSG es su sistema de calibración, en el cual se puede ajustar a la horizontal del sitio en donde se está evaluando. Los teléfonos celulares a pesar de tener giroscopios integrados no presentan la posibilidad de calibrar con mejor precisión la horizontal del sitio, por ende, las señales obtenidas tendrán un error significativo de línea base, el cual se corrigió.
- ✓ Los valores más aproximados al periodo fundamental real de las estructuras son aquellos obtenidos a partir del análisis de señales del acelerómetro de la UCSG, ya que este contempla los valores reales de las cargas reales presentes en las diferentes estructuras.
- ✓ Las mediciones al no realizarse en el centro de las edificaciones, tienen perturbaciones por parte de otros modos (x,y,z). Uno de los modos capta las señales puras mientras que los demás tendrán perturbaciones de los otros modos. Como resultado en el análisis de señales del acelerómetro de la UCSG, se observó que, en el canal horizontal las señales tienen influencia de los demás canales, deduciendo que estas son horizontal sentido transversal y horizontal sentido longitudinal. Las señales obtenidas analizando el canal vertical (Sentido x), se ven más puras, ya que en ese sentido las edificaciones presentan su lado más rígido.
- ✓ En relación con los valores obtenidos con la horizontal, para los teléfonos celulares se tienen valores similares, sin embargo, difieren de los valores obtenidos con el acelerómetro digital, debido a: Contaminación del ruido, falta de calibración y baja resolución propia del modelo del celular. No obstante, se pueden comparar las aceleraciones

obtenidas por el acelerómetro de UCSG, que tienen valores cercanos y aumentan según transcurre el tiempo.

- ✓ El edificio de empresariales según el programa ETABS, tiene un periodo de vibración de 0.7 s, el cual se ve reducido, ya que en el modelo se considera muros estructurales, donde puede observarse también en los valores del periodo estructural obtenidos con el acelerómetro de UCSG.
- ✓ El edificio de Jurisprudencia al no tener muros estructurales considerados en el modelo de ETABS, se presenta como un edificio flexible con un periodo estructural 0.58 s, el cual es un valor considerable debido a la complejidad del modelo.
- ✓ El edificio de Ingeniería tampoco presenta muros estructurales considerados en el modelo de ETABS, presentando un edificio flexible con un periodo estructural de 0.4 s, mayor a los valores obtenidos a partir del análisis de señales con el acelerómetro digital; esto posiblemente por no considerar cargas adicionales que el acelerómetro digital sí considera, al momento de tomar las mediciones.
- ✓ Otras posibles perturbaciones se suponen son por parte de ruidos externos muy fuertes o movimientos bruscos como golpes pequeños a alguno de los equipos utilizados como acelerómetro. Ninguno de estos valores, se tomó en cuenta, ya que no representan como parte de la base de datos para obtener un periodo fundamental.
- ✓ Según lo que se puede observar en el análisis de señales del acelerómetro de la UCSG, en la mayoría de las gráficas del espectro de Fourier existe una gran influencia de los demás modos o canales, a parte de los modos fundamentales, debido a la gran sensibilidad que presentan los equipos al recibir vibraciones del entorno en donde se encuentre.
- ✓ Los datos obtenidos a partir del segundo análisis de telefonía celular, al igual que los datos del primer ensayo, arrojan valores muy altos en algunos sentidos, mostrando perturbaciones en las gráficas, debido a una gran influencia de ruidos ambientales, obteniendo así valores muy altos como periodos estructurales.
- ✓ La telefonía celular demuestra ser un medio poco fiable para el muestreo de señales, debido a su poco nivel de captación de

vibraciones con amplitudes pequeñas; a la gran influencia de ruido ambiental en el entorno; y por no poseer un sistema integrado, que permita una mejor orientación del sentido hacia el norte, así como un sistema que permita la calibración.

- ✓ Se pudo observar una mejor captación de señales en la telefonía celular iPhone con respecto a la telefonía celular Samsung; esto posiblemente por poseer mejor resolución.

## **RECOMENDACIONES**

- ✓ Para poder realizar toma de mediciones con el uso de acelerómetros, es indispensable el permiso de las entidades pertinentes del sitio escogido, así como la facilidad de planos, tanto arquitectónicos como estructurales.
- ✓ El uso de la telefonía celular como herramienta para una evaluación de periodo estructural con fines científicos podría considerarse, si es que se toma en cuenta un análisis más detallado de la influencia del ruido en las señales, descartando así las frecuencias que se obtengan únicamente por ruidos altos. Para ello, también se necesita el uso de celulares con acelerómetros de alta resolución y la posibilidad de escoger la tasa de muestreo.
- ✓ Si se considera el uso de telefonía celular, también se debe de integrar una herramienta que permita la calibración con respecto a la horizontal del sitio escogido, para evitar los errores por línea base.
- ✓ Para poder obtener valores más puros, es recomendable colocar el acelerómetro digital lo más cercano al centroide de las edificaciones, para poder observar y verificar valores sin influencia de los demás modos.
- ✓ Así como en el presente trabajo de investigación, se recomienda utilizar como herramienta en la toma de mediciones de telefonía celular, una aplicación que permita la exportación de datos a través de documentos de texto.
- ✓ Se recomienda para la toma de mediciones de telefonía celular un equipo de alta resolución, con mayor sensibilidad ante vibraciones

pequeñas y que logre exportar los datos obtenidos de manera ordenada y tabulada.

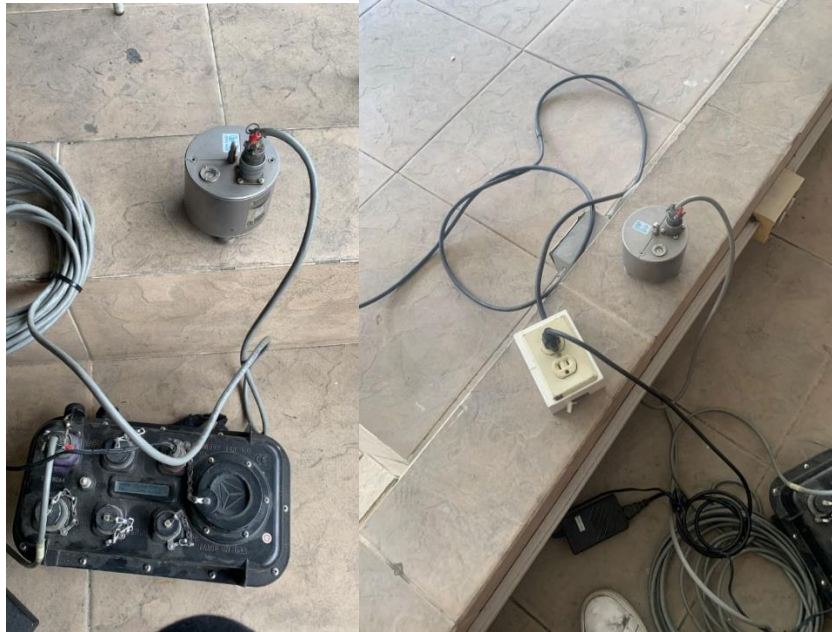
## REFERENCIAS

- Ampere. (2010). *Ampere*. Obtenido de Ampere: <https://www.ampere.com.mx/index.php>
- Apple, A. (2012). *Apps Apple*. Obtenido de Apps Apple: <https://apps.apple.com/pe/app/sism%C3%B3grafo-sismo-detector/id1373632255>
- Apple, S. (2018). *Support Apple*. Obtenido de Support Apple: [https://support.apple.com/kb/SP781?locale=es\\_LAMR](https://support.apple.com/kb/SP781?locale=es_LAMR)
- CARREÑO, E., Bravo, B., SUÁREZ, A., & TORDESILLAS, J. M. (1999). Registro y Tratamiento de Acelerogramas. *Física de In Tierra*, 81-111.
- Chen, H.-P., & Ni, Y.-Q. N.-Q. (2018). Introduction to Structural Health Monitoring. *Structural Health Monitoring of Large Civil Engineering Structures*, 2-4.
- Daud, A. (2012). Butterworth filter. *Fundamentals of electric circuits* , 3.
- Emiel Por, M. v. (mayo de 2019). *Nyquist–Shannon sampling theorem*. Obtenido de [https://home.strw.leidenuniv.nl/~por/AOT2019/docs/AOT\\_2019\\_Ex13\\_NyquistTheorem.pdf](https://home.strw.leidenuniv.nl/~por/AOT2019/docs/AOT_2019_Ex13_NyquistTheorem.pdf)
- Ettouney, M. M., & Alampalli, S. (2011). Infrastructure Health in Civil Engineering Infrastructure Health in Civil Engineering. En M. M. Ettouney, & S. Alampalli, *Infrastructure Health in Civil Engineering Infrastructure Health in Civil Engineering* (pág. 45). London: CRC Press.
- Ettouney, M. M., & Alampalli, S. (2012). Infrastructure Health in Civil Engineering. En M. M. Ettouney, & S. Alampalli, *Elements of Structural Health in Civil Engineering (SHCE)* (pág. 624). Boca Raton: CRC Press.
- Farrar, C. R., & Worden, K. (2007). An introduction to structural health monitoring. *The Royal Society*, 303-315.

- Hayes, M. H. (1999). Schaum's outline of theory and problems of digital signal processing. McGraw Hill.
- Hidalgo, D. (2011). Procesamiento de los acelerogramas de la red de acelerógrafos de la ciudad de Quito. *EPN*, 411.
- Hu Guorui, L. (2015). Review on Baseline Correction of Strong-Motion Accelerogram. *International Journal of Science, Technology and Society*, 309-314.
- Huircán, J. (2012). Filtros activos, conceptos básicos y diseño. *Universidad de La Frontera Departamento de Ingeniería Eléctrica.*, 11.
- Jacsan, P. B. (enero de 2019). Tesis Sistema de Monitoreo de Salud Estructural basado en el Internet de las cosas. *Sistema de Monitoreo de Salud Estructural basado en el Internet de las cosas*. CDMX, MÉXICO: Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y eléctrica Unidad Profesional "Adolfo López Mateos Zacatenco.
- Liu, M. (2013). A Study of Mobile Sensing Using Smartphones. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 11.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). NEC-SE-DC.
- O. Rascón, M. C. (1951). Corrección de línea base de registro de temblores. *Instituto de Ingeniería, UNAM.*, 49.
- Paspuezán, P. &. (2018). Evaluación de las respuestas máximas obtenidas a través del análisis paso a paso en el tiempo con acelerogramas artificiales generados mediante software, en cuatro edificios de distinto periodo, ubicados en Quito y Pedernales. *UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR*.
- REFTEK. (2012). *Reftek*. Obtenido de Reftek: [http://www.gsras.ru/unu/uploads/files/Dataloggers/130S-130B\\_Reftek.pdf](http://www.gsras.ru/unu/uploads/files/Dataloggers/130S-130B_Reftek.pdf)

- Rincon-Jara, R. I., Ambrosio, R., & Mireles, J. (2009). Análisis y caracterización de un acelerómetro capacitivo fabricado con tecnología polymump's . *Superficies y Vacío* 23, 26-31.
- Roca, A. (1989). Instrumentación para campo cercano y análisis de acelerogramas . *Universidad Camplutense de Madrid*.
- SAMSUNG. (26 de junio de 2015). SAMSUNG. Obtenido de SAMSUNG: <https://www.samsung.com/mx/smartphones/others/galaxy-j7-j700m-sm-j700mzkatce/>
- SOLDAN, J. A. (2010). *ESTUDIO, VALIDACIÓN Y APLICACIONES DE ACELERÓMETRO TRIAXIAL MEMS PARA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN ESTRUCTURAS*". Chile: Universidad Austral de Chile.
- Stein, J. Y. (2000). *Digital Signal Processing: A Computer Science Perspective*.
- Torres, F. A. (2017). *Transformada de Fourier y su aplicación en procesamiento digital de imágenes*. Puebla, Mexico: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Trendafilova, I., & EmilManoach. (5 de July de 2008). Vibration-based Methods for Structural and Machinery Fault Diagnosis Based on Nonlinear Dynamics Tools. *ELSEVIER, Volumen 22*, 1092-1106.

## ANEXOS



**Imagen 102. Fotografías de la instalación del acelerómetro UCSG en la Facultad de Ingeniería.**



**Imagen 103. Fotografías de la instalación del acelerómetro UCSG en la Facultad de Jurisprudencia.**





**Imagen 104. Fotografías de la instalación del acelerómetro UCSG en la Facultad de Empresariales.**



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Villena Malagón, Alina Doménica** con C.C: # **0922836499** autora del trabajo de titulación: **Evaluación del periodo estructural de edificaciones mediante el uso de acelerómetros de alta resolución y acelerómetros de uso en telefonía celular**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **23 de septiembre de 2022.**

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Villena Malagón, Alina Doménica**

C.C: **0922836499**



<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Evaluación del periodo estructural de edificaciones mediante el uso de acelerómetros de alta resolución y acelerómetros de uso en telefonía celular.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Villena Malagón, Alina Doménica		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Ponce Vásquez, Guillermo Alfonso, MSc.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica De Santiago De Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad De Ingeniería		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Civil		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Civil		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	23 de septiembre de 2022	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	125
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Ingeniería Sísmica, Análisis estructural, Dinámica estructura		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	monitoreo, acelerómetros, amplitud, variabilidad, Fourier, dispositivos.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>El constante crecimiento poblacional crea la necesidad de un aumento significativo en construcciones, demandando así la implementación de mecanismos que ayuden a agilizar los procesos constructivos y de diseño. Por ello, los sistemas de monitoreo estructural, que sirven para obtener información de parámetros necesarios en la etapa de análisis, han tomado bastante relevancia en el campo de la ingeniería civil. El mayor beneficio de agilizar este tipo de procesos es el de conocer a mayor escala y rapidez, los diferentes cambios en la estructura (por ejemplo, cambios significativos de masa), que servirán para determinar las medidas correspondientes. El presente trabajo de tesis plantea la evaluación del periodo elástico presentando alternativas de monitoreo o de medición, como es el uso de acelerómetros de alta resolución, así como el uso de dos celulares de diferente marca con el fin de obtener información de las vibraciones de tres diferentes estructuras seleccionadas en la ciudad de Guayaquil. Estos dispositivos medirán las aceleraciones de las estructuras, los cuales se podrán observar en tiempo real, o almacenar información para un proceso posterior. Se plantea realizar el montaje, lo más cercano a los extremos de cada edificación, con el fin de obtener mayor amplitud. Se realizarán mediciones en diferentes horarios, con el fin de entender la variabilidad de las vibraciones debido a factores externos. Toda la información levantada, será procesada empleando técnicas, como la transformada de Fourier, se observarán patrones de contaminación y se aplicarán los filtros respectivos.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593981630080	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:alinavillena7@gmail.com">alinavillena7@gmail.com</a> alina.villena@cu.ucsg.edu.ec	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre: Glas Cevallos, Clara</b>		
	<b>Teléfono: +593-98-461-6792</b>		
	<b>E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec</b>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			