

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES EN EL POBLADO VIRGEN DE LOURDES SUJETOS A EFECTOS DINÁMICOS PRODUCIDOS POR EXPLOTACIÓN MINERA POR VOLADURA REALIZADO EN LA PLANTA DE CEMENTO UNACEM ATOCONGO – LIMA.**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. HUAMANÍ VENTURA, MIGUEL ANGEL  
Bach. MAYTA ARMAS, GUILIANA EDITH**

**ASESOR: Dr. Ing. Virgilio Alejandro Peña Haro**

**LIMA – PERÚ  
AÑO: 2015**

## **DEDICATORIA**

Dedico nuestra tesis a Dios por ser nuestro guía e inspiración en nuestra carrera. De manera especial a mis padres Clemente y Edith por impulsarme a emprender este nuevo reto con sus consejos y apoyo incondicional, todo lo que soy es gracias a ellos. A mi hermosa familia por sus palabras de aliento y su comprensión.

Guiliana Edith Mayta Armas

Dedico nuestro trabajo con amor a mi esposa e hijo, pues este logro será para brindarles un futuro mejor. A mí amada madre que vive en mi corazón, a mi padre por sus esfuerzos y constantes consejos, a mi hermana por escucharme siempre y familiares quienes de alguna forma brindaron su tiempo y apoyo a lograr que mi meta se haga realidad.

Miguel Ángel Huamaní Ventura

## **AGRADECIMIENTO**

Al Dr. Ing. Virgilio Alejandro Peña Haro y Dr. Ing. Carlos Magno Chavarry Vallejos, asesores de este proyecto, quienes nos apoyaron con su tiempo para discusiones y correcciones de esta tesis.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de esta tesis.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción de la realidad problemática	4
1.2. Formulación del problema	5
1.3. Objetivo de investigación	5
1.4. Justificación e importancia de la investigación	6
1.5. Viabilidad de la investigación	6
1.6. Formulación de la hipótesis	7
1.7. Identificación de variables	7
CAPÍTULO II: DISEÑO METODOLÓGICO	
2.1. Tipo y nivel de la investigación	8
2.2. Método y diseño de la investigación	8
2.3. Universo, población y muestra	8
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	9
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO	
3.1. Planta de cemento UNACEM	10
3.1.1. Ubicación	10
3.1.2. Reseña Histórica	11
3.2. Poblado Virgen de Lourdes	17
3.2.1. Ubicación	17
3.2.2. Clima y temperatura	18
3.2.3. Geología	18

## CAPÍTULO IV: MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes de la investigación	20
4.1.1. En el ámbito internacional	20
4.1.2. En el ámbito nacional	21
4.2. Generalidades Teóricas	21
4.2.1. Ondas primarias o longitudinales “P”	22
4.2.2. Ondas secundarias y transversales “S”	23
4.2.3. Ondas superficiales	24
4.3. Proceso para daño y respuesta de las estructuras producido por la vibración del suelo por voladura	25

## CAPÍTULO V: ANÁLISIS ESTÁTICO

5.1. Estado general de anisotropía en medio linealmente elástico	27
5.2. Medio continuo ortotrópico	30
5.3. Constantes elásticas en general	34
5.3.1. Módulos de elasticidad	36
5.3.2. Módulos de Young y razones de Poisson	37
5.3.3. Módulos de rigidez o de corte	38
5.3.4. Determinación de las características del material: Módulos de Young, Corte y Poisson	39
5.4. Forma de la función de energía de deformación	39
5.5. Determinación de esfuerzos en un cuerpo	41
5.6. Limitaciones de la teoría matemática de la elasticidad	43

## CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DINÁMICO

6.1. Teoremas generales	45
6.1.1. Ecuación variacional del movimiento	45
6.1.2. Problema general de equilibrio	48
6.1.3. Problema general de las vibraciones	49
6.2. Consideraciones finales para realizar un análisis dinámico elástico	50

CAPÍTULO VII: MATERIALES Y EQUIPOS USADOS	
7.1. Tipo de sensores	53
7.2. Instalación de sensores	54
7.3. Numero de sensores	54
7.4. Modo de funcionamiento de los geófonos Instatel usados	55
CAPÍTULO VIII: MODELACIÓN MATEMÁTICA	57
8.1. Presentación de resultados	135
8.2. Análisis del grafico de aceleración espectral vs periodo de todas las estaciones consideradas en el monitoreo vibratorio	142
8.3. Discusión	165
CONCLUSIONES	167
RECOMENDACIONES	169
BIBLIOGRAFÍA	170
ANEXOS	172
Anexo 01 - Matriz de consistencia	173

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 01 – Plano de Ubicación Planta de Cemento UNACEM – Atocongo	11
Fig. 02 - División territorial del distrito de Villa María del Triunfo	18
Fig. 03 - Ondas Vibracionales (ondas internas y superficiales)	22
Fig. 04 - Onda Primaria o Longitudinal “P” Fuente.Manual	23
Fig. 05 - Onda Secundaria o Transversal “S	24
Fig. 06 - Onda Superficiales o Love “L”	24
Fig. 07 - Ondas Superficiales o Wave “W”	25
Fig. 08 - Punto P referido al sistema coordenado cartesiano 123	27
Fig. 09 - Sólido referido a un sistema coordenado cartesiano 123	30
Fig. 10 – Parámetros: Módulos de elasticidad, de poisson y corte	33
Fig. 11 – Esfuerzos aplicados en un cuerpo	42
Fig. 12 - Planta de vivienda analizada	59
Fig. 13 – Datos del monitoreo vibratorio aplicándose a la estructura	60
Fig. 14 –Acelerograma del VISUAL FEA	60
Fig. 15 – Vista de espectro de respuesta	61
Fig. 16 – Resultado obtenido $\Delta X$	62
Fig. 17 – Resultado obtenido $\Delta Y$	62
Fig. 18 – Acelerograma Est. 07 dirección longitudinal	63
Fig. 19 – Espectro de respuesta Est. 07 dirección longitudinal	63
Fig. 20 – Desplazamientos en “X” E7 Longitudinal	64
Fig. 21 – Desplazamientos en “Y” E7 Longitudinal	64
Fig. 22 – Acelerograma Est. 07 dirección transversal	65
Fig. 23 – Espectro de respuesta Est. 07 dirección transversal	65
Fig. 24 – Desplazamientos en “X” E7 transversal	66
Fig. 25 – Desplazamientos en “Y” E7 transversal	66
Fig. 26 – Acelerograma Est. 07 dirección vertical	67
Fig. 27 – Espectro de respuesta Est. 07 dirección vertical	67
Fig. 28 – Desplazamientos en “X” E7 vertical	68

Fig. 29 – Desplazamientos en “Y” E7 vertical	68
Fig. 30– Acelerograma Est. 09 dirección longitudinal	69
Fig. 31 – Espectro de respuesta Est. 09 dirección longitudinal	69
Fig. 32 – Desplazamientos en “X” E9 Longitudinal	70
Fig. 33 – Desplazamientos en “Y” E9 Longitudinal	70
Fig. 34 – Acelerograma Est. 09 dirección transversal	71
Fig. 35 – Espectro de respuesta Est. 09 dirección transversal	71
Fig. 36 – Desplazamientos en “X” E9 transversal	72
Fig. 37 – Desplazamientos en “Y” E9 transversal	72
Fig. 38 – Acelerograma Est. 09 dirección vertical	73
Fig. 39 – Espectro de respuesta Est. 09 dirección vertical	73
Fig. 40 – Desplazamientos en “X” E9 vertical	74
Fig. 41 – Desplazamientos en “Y” E9 vertical	74
Fig. 42 – Acelerograma Est. 10 dirección longitudinal	75
Fig. 43 – Espectro de respuesta Est. 10 dirección longitudinal	75
Fig. 44 – Desplazamientos en “X” E10 Longitudinal	76
Fig. 45 – Desplazamientos en “Y” E10 Longitudinal	76
Fig. 46 – Acelerograma Est. 10 dirección transversal	77
Fig. 47 – Espectro de respuesta Est. 10 dirección transversal	77
Fig. 48 – Desplazamientos en “X” E10 transversal	78
Fig. 49 – Desplazamientos en “Y” E10 transversal	78
Fig. 50 – Acelerograma Est. 10 dirección vertical	79
Fig. 51 – Espectro de respuesta Est. 10 dirección vertical	79
Fig. 52 – Desplazamientos en “X” E10 vertical	80
Fig. 53 – Desplazamientos en “Y” E10 vertical	80
Fig. 54 – Acelerograma Est. 11 dirección longitudinal	81
Fig. 55 – Espectro de respuesta Est. 11 dirección longitudinal	81
Fig. 56 – Desplazamientos en “X” E11 Longitudinal	82
Fig. 57 – Desplazamientos en “Y” E11 Longitudinal	82
Fig. 58 – Acelerograma Est. 11 dirección transversal	83
Fig. 59 – Espectro de respuesta Est. 11 dirección transversal	83
Fig. 60 – Desplazamientos en “X” E11 transversal	84



Fig. 61 – Desplazamientos en “Y” E11 transversal	84
Fig. 62 – Acelerograma Est. 11 dirección vertical	85
Fig. 63 – Espectro de respuesta Est. 11 dirección vertical	85
Fig. 64 – Desplazamientos en “X” E11 vertical	86
Fig. 65 – Desplazamientos en “Y” E11 vertical	86
Fig. 66 – Acelerograma Est. 13 dirección longitudinal	87
Fig. 67 – Espectro de respuesta Est. 13 dirección longitudinal	87
Fig. 68 – Desplazamientos en “X” E13 Longitudinal	88
Fig. 69 – Desplazamientos en “Y” E13 Longitudinal	88
Fig. 70 – Acelerograma Est. 13 dirección transversal	89
Fig. 71 – Espectro de respuesta Est. 13 dirección transversal	89
Fig. 72 – Desplazamientos en “X” E13 transversal	90
Fig. 73 – Desplazamientos en “Y” E13 transversal	90
Fig. 74 – Acelerograma Est. 13 dirección vertical	91
Fig. 75– Espectro de respuesta Est. 13 dirección vertical	91
Fig. 76 – Desplazamientos en “X” E13 vertical	92
Fig. 77 – Desplazamientos en “Y” E13 vertical	92
Fig. 78 – Acelerograma Est. 15 dirección longitudinal	93
Fig. 79 – Espectro de respuesta Est. 15 dirección longitudinal	93
Fig. 80 – Desplazamientos en “X” E15 Longitudinal	94
Fig. 81 – Desplazamientos en “Y” E15 Longitudinal	94
Fig. 82 – Acelerograma Est. 15 dirección transversal	95
Fig. 83 – Espectro de respuesta Est. 15 dirección transversal	95
Fig. 84 – Desplazamientos en “X” E15 transversal	96
Fig. 85 – Desplazamientos en “Y” E15 transversal	96
Fig. 86 – Acelerograma Est. 15 dirección vertical	97
Fig. 87 – Espectro de respuesta Est. 15 dirección vertical	97
Fig. 88 – Desplazamientos en “X” E15 vertical	98
Fig. 89 – Desplazamientos en “Y” E15 vertical	98
Fig. 90 – Acelerograma Est. 17 dirección longitudinal	99
Fig. 91 – Espectro de respuesta Est. 17 dirección longitudinal	99
Fig. 92 – Desplazamientos en “X” E17 Longitudinal	100

Fig. 93 – Desplazamientos en “Y” E17 Longitudinal	100
Fig. 94 – Acelerograma Est. 17 dirección transversal	101
Fig. 95 – Espectro de respuesta Est. 17 dirección transversal	101
Fig. 96 – Desplazamientos en “X” E17 transversal	102
Fig. 97 – Desplazamientos en “Y” E17 transversal	102
Fig. 98 – Acelerograma Est. 17 dirección vertical	103
Fig. 99 – Espectro de respuesta Est. 17 dirección vertical	103
Fig. 100 – Desplazamientos en “X” E17 vertical	104
Fig. 101 – Desplazamientos en “Y” E17 vertical	104
Fig. 102 – Acelerograma Est. 18 dirección longitudinal	105
Fig. 103 – Espectro de respuesta Est. 18 dirección longitudinal	105
Fig. 104 – Desplazamientos en “X” E18 Longitudinal	106
Fig. 105 – Desplazamientos en “Y” E18 Longitudinal	106
Fig. 106 – Acelerograma Est. 18 dirección transversal	107
Fig. 107 – Espectro de respuesta Est. 18 dirección transversal	107
Fig. 108 – Desplazamientos en “X” E18 transversal	108
Fig. 109 – Desplazamientos en “Y” E18 transversal	108
Fig. 110 – Acelerograma Est. 18 dirección vertical	109
Fig. 111 – Espectro de respuesta Est. 18 dirección vertical	109
Fig. 112 – Desplazamientos en “X” E18 vertical	110
Fig. 113 – Desplazamientos en “Y” E18 vertical	110
Fig. 114 – Acelerograma Est. 19 dirección longitudinal	111
Fig. 115 – Espectro de respuesta Est. 19 dirección longitudinal	111
Fig. 116 – Desplazamientos en “X” E19 Longitudinal	112
Fig. 117 – Desplazamientos en “Y” E19 Longitudinal	112
Fig. 118 – Acelerograma Est. 19 dirección transversal	113
Fig. 119 – Espectro de respuesta Est. 19 dirección transversal	113
Fig. 120 – Desplazamientos en “X” E19 transversal	114
Fig. 121 – Desplazamientos en “Y” E19 transversal	114
Fig. 122 – Acelerograma Est. 19 dirección vertical	115
Fig. 123 – Espectro de respuesta Est. 19 dirección vertical	115
Fig. 124 – Desplazamientos en “X” E19 vertical	116

Fig. 125 – Desplazamientos en “Y” E19 vertical	116
Fig. 126 – Acelerograma Est. 20 dirección longitudinal	117
Fig. 127 – Espectro de respuesta Est. 20 dirección longitudinal	117
Fig. 128 – Desplazamientos en “X” E20 Longitudinal	118
Fig. 129 – Desplazamientos en “Y” E20 Longitudinal	118
Fig. 130 – Acelerograma Est. 20 dirección transversal	119
Fig. 131 – Espectro de respuesta Est. 20 dirección transversal	119
Fig. 132 – Desplazamientos en “X” E20 transversal	120
Fig. 133 – Desplazamientos en “Y” E20 transversal	120
Fig. 134 – Acelerograma Est. 20 dirección vertical	121
Fig. 135 – Espectro de respuesta Est. 20 dirección vertical	121
Fig. 136 – Desplazamientos en “X” E20 vertical	122
Fig. 137 – Desplazamientos en “Y” E20 vertical	122
Fig. 138 – Acelerograma Est. 21 dirección longitudinal	123
Fig. 139 – Espectro de respuesta Est. 21 dirección longitudinal	123
Fig. 140 – Desplazamientos en “X” E21 Longitudinal	124
Fig. 141 – Desplazamientos en “Y” E21 Longitudinal	124
Fig. 142 – Acelerograma Est. 21 dirección transversal	125
Fig. 143 – Espectro de respuesta Est. 21 dirección transversal	125
Fig. 144 – Desplazamientos en “X” E21 transversal	126
Fig. 145 – Desplazamientos en “Y” E21 transversal	126
Fig. 146 – Acelerograma Est. 21 dirección vertical	127
Fig. 147 – Espectro de respuesta Est. 21 dirección vertical	127
Fig. 148 – Desplazamientos en “X” E21 vertical	128
Fig. 149 – Desplazamientos en “Y” E21 vertical	128
Fig. 150 – Acelerograma Est. 28 dirección longitudinal	129
Fig. 151 – Espectro de respuesta Est. 28 dirección longitudinal	129
Fig. 152 – Desplazamientos en “X” E28 Longitudinal	130
Fig. 153 – Desplazamientos en “Y” E28 Longitudinal	130
Fig. 154 – Acelerograma Est. 28 dirección transversal	131
Fig. 155 – Espectro de respuesta Est. 28 dirección transversal	131
Fig. 156 – Desplazamientos en “X” E28 transversal	132

Fig. 157 – Desplazamientos en “Y” E28 transversal	132
Fig. 158 – Acelerograma Est. 28 dirección vertical	133
Fig. 159 – Espectro de respuesta Est. 28 dirección vertical	133
Fig. 160 – Desplazamientos en “X” E28 vertical	134
Fig. 161 – Desplazamientos en “Y” E28 vertical	134

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01 - Desplazamientos máximos en X e Y – Estación 07	135
Tabla 02 - Desplazamientos máximos en X e Y – Estación 09	136
Tabla 03 - Desplazamientos máximos en X e Y – Estación 10	136
Tabla 04 - Desplazamientos máximos en X e Y – Estación 11	137
Tabla 05 - Desplazamientos máximos en X e Y – Estación 13	137
Tabla 06 - Desplazamientos máximos en X e Y – Estación 15	138
Tabla 07 - Desplazamientos máximos en X e Y – Estación 17	138
Tabla 08 - Desplazamientos máximos en X e Y – Estación 18	139
Tabla 09 - Desplazamientos máximos en X e Y – Estación 19	140
Tabla 10 - Desplazamientos máximos en X e Y – Estación 20	140
Tabla 11 - Desplazamientos máximos en X e Y – Estación 21	141
Tabla 12 - Desplazamientos máximos en X e Y – Estación 28	141
Tabla 13 - Estación 07, 09 y 10 en sentido Longitudinal	143
Tabla 14 - Estación 11, 13 y 15 en sentido Longitudinal	144
Tabla 15 - Estación 17, 18 y 19 en sentido Longitudinal	145
Tabla 16 - Estación 20, 21 y 28 en sentido Longitudinal	146
Tabla 17 - Estación 07, 09 y 10 en sentido Transversal	148
Tabla 18 - Estación 11, 13 y 15 en sentido Transversal	149
Tabla 19 - Estación 17, 18 y 19 en sentido Transversal	150
Tabla 20 - Estación 20, 21 y 28 en sentido Transversal	151
Tabla 21 - Estación 07, 09 y 10 en sentido Vertical	153
Tabla 22 - Estación 11, 13 y 15 en sentido Vertical	154
Tabla 23 - Estación 17, 18 y 19 en sentido Vertical	155
Tabla 24 - Estación 20, 21 y 28 en sentido Vertical	156
Tabla 25 - Estación 07 y 09 NORMALIZADOS	158
Tabla 26 - Estación 10 y 11 NORMALIZADOS	159
Tabla 27 - Estación 13 y 15 NORMALIZADOS	160
Tabla 28 - Estación 17 y 18 NORMALIZADOS	161
Tabla 29 - Estación 19 y 20 NORMALIZADOS	162
Tabla 30 - Estación 21 y 28 NORMALIZADOS	163

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Graf. 01: Sa VS T – DIRECCIÓN LONGITUDINAL	147
Graf. 02: Sa VS T – DIRECCIÓN TRANSVERSAL	152
Graf. 03: Sa VS T – DIRECCIÓN VERTICAL	157
Graf. 04: Sa VS T – NORMALIZADA	164

## **ÍNDICE DE FOTOS**

Foto 01 - Publicidad Diario El Comercio	12
Foto 02 - Planta San Juan – UNICON	13
Foto 03 - Faja transportadora de 8.2 km – UNACEM	14
Foto 04 - Gas Natural en planta de Atocongo – UNACEM	15
Foto 05 - Equipos de Sismógrafos Instantel	53
Foto 06 - Instalación de sismógrafo en estación poblado Virgen de Lourdes	56
Foto 07 - Vista Jr. Casma, Poblado Virgen de Lourdes	57
Foto 08 - Vista Jr. Chuquibamba, Poblado Virgen de Lourdes	57
Foto 09 - Vista Zona Comercial, Poblado Virgen de Lourdes	58

## RESUMEN

Las voladuras son una forma de generación de vibraciones comunes en la actividad de construcción de obra civil, extracción de materiales (cantera y minas) y demoliciones. Estas son vibraciones causadas por actividad humana y han cobrando importancia a medida que las fuentes generadoras de tales vibraciones aumentan en cantidad, magnitud y cercanía a zonas pobladas.

Unión Andina de Cementos (UNACEM), la cual se encuentra ubicada en el distrito de Atocongo en Villa María del Triunfo, dedicada a la extracción de caliza para la fabricación de cemento, realiza voladuras diarias con este fin.

En ese sentido el objetivo de nuestra investigación es evaluar en qué medida los efectos dinámicos producidos por las voladuras, en la explotación minera de la planta de cementos UNACEM, podrían afectar las edificaciones del centro poblado Virgen de Lourdes.

El tipo de investigación es cuantitativa y de nivel descriptivo; al no manipular las variables tenemos que su método es no experimental y de diseño explicativo.

Los resultados obtenidos debían tener un punto de comparación, por lo que en la NORMA E030 DISEÑO SISMORESISTENTE del 2014 nos sirvió para aplicarla en un caso específico de una vivienda típica de la zona en mención. Se modeló esta vivienda en el software VISUAL FEA y se aplicaron las vibraciones recolectadas por las voladuras con la finalidad de analizar los resultados con la Norma E030 y verificar si las vibraciones eran capaces de afectar estructuralmente a la vivienda modelo. Los datos obtenidos demuestran que las vibraciones producidas por Cementos UNACEM para ese periodo cumplieron con las normas y no afectan estructuralmente a las viviendas del poblado Virgen de Lourdes.

Palabras claves: voladura, vibraciones, efectos, registros

## **ABSTRACT**

The explosions are a common way of generating vibrations in the activity of civil engineering construction, extraction of materials (quarry and mine) and demolitions. These vibrations are caused by human activity and have been gaining importance as generating sources of such vibrations increase in number, size and proximity to populated areas.

Union Andina de Cementos (UNACEM) located in Atocongo Villa Maria del Triunfo, for the extraction of limestone for cement, makes daily blasts for this purpose.

The objective of our research is to evaluate the extent to which dynamic effects of blasting in the mine UNACEM plant could affect the buildings of the Virgin of Lourdes populated center.

The research is quantitative and descriptive level. By not manipulate the variables have their method is not experimental and explanatory design.

The results should be a point of comparison, so the TECHNICAL STANDARD OF BUILDING E.030 EARTHQUAKE-RESISTANT DESIGN 2014 helped us to apply in a particular case which was a typical home in the area. This apartment in the FEA model VISUAL software and vibrations collected by blasting in order to analyze the results together with the standard E030 and see if the vibrations were able to structurally affect the model will be applied. The data obtained show that the vibrations produced by UNACEM'S CEMENTS for that period met the standards and not structurally affect the housing of the town Virgen de Lourdes.

Keywords: explosions, vibration, effects, records



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad las Empresas que se dedican a la construcción específicamente refiriéndose a la explotación minera del Perú y el mundo tienen sus operaciones en las cercanías a las ciudades o poblados, la mayoría posee en sus perímetros algún poblado o una casa. En nuestro país, gran parte de este sector tiene que afrontar debido a esta situación, demandas y protestas de los dueños de estas casas por daños tanto materiales como de salud (Auditiva) debido a la actividad minera cercana.

Este es el caso de la Planta de Cemento UNACEM Atocongo – Lima que en los últimos años ha causado daños a su imagen, pues la población de los alrededores considera que la explotación por voladuras es depredadora y dañina para sus vecinos; y esto debido a la desinformación y a que la misma planta no ha desarrollado una investigación para demostrar que efectivamente sus operaciones no causan daño a su entorno rural.

Para saber cómo actuar antes estos problemas, es preciso entender que el proceso de voladura se basa en la liberación de la energía del explosivo, causando la fragmentación de la roca circundante, pero también esta liberación de energía genera una serie de ondas de esfuerzo que se desplazan por la corteza terrestre y una onda de choque generada en el aire. Las ondas internas que viajan por el suelo van acompañadas de ondas superficiales que parten del mismo punto de la perturbación y que se van diferenciando en la medida que los frentes de onda se van alejando de la fuente, debido principalmente a las diferentes velocidades de propagación y los diferentes periodos de vibración. Durante su viaje las ondas mueven las partículas del medio que recorren produciendo sobre éstas velocidades, desplazamientos y aceleraciones que se pueden registrar en

los aparatos destinados para este fin. Los registros de desplazamiento, velocidad y aceleración de partículas generados por las voladuras tienen tres características primordiales: la amplitud, el contenido frecuencial y la duración. La amplitud depende de la cantidad de material detonado y de la distancia al punto de registro, el contenido frecuencial depende de la fuente de perturbación y del camino recorrido y por último, la duración depende de la cantidad de material detonado y de la distancia entre la detonación y el punto de registro.

Por ende la presente investigación pretende evaluar dos temas fundamentales; el primero es según las Norma de Diseño Sismorresistente E-030 determinar los límites permisibles para los efectos de las voladuras en las viviendas y compararlos con los resultados obtenidos del análisis de monitoreo de las voladuras, y como segundo punto analizar las vibraciones generadas por la explotación minera de la planta para poder proponer métodos para su mitigación y control.

El proyecto se empezara identificando el tipo de vivienda típica existente en la zona, sobre la cual se realizara el análisis estructural de las casas con peligro de daño por voladura, usando el software de estructuras VISUAL FEA con el que se podrá determinar el nivel de vibración y de frecuencia que produciría algún daño en la propiedad. El análisis en el software VISUAL FEA contemplara lo siguiente:

- ✓ Definición de límites para evitar daño en sistemas estructurales de acuerdo a la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E-030.
- ✓ Medición de los movimientos del terreno producidos por las voladuras en las proximidades de las estructuras.
- ✓ Modelación dinámica de los sistemas estructurales que permitan establecer la respuesta estructural dinámica ante los desplazamientos del terreno. Esta

modelación se realizara mediante un análisis dinámico modal espectral y análisis tiempo historia.

Siguiendo estos pasos se podrá determinar de mejor manera cuales son los niveles que se podrían considerar como límites permisibles para las voladuras en las zonas cercanas a la Planta de Cemento UNACEM, logrando de esta manera con la presente tesis, una bibliografía que podrá servir de referencia para otras que se desarrollan en el mismo entorno.

El contenido de la presente tesis contempla los siguientes capítulos:

En el Capítulo I se realiza el planteamiento del problema, se presentan los objetivos y se analiza la viabilidad de la investigación.

En el Capítulo II se explica el diseño de la investigación.

En el Capítulo III se realiza la descripción del área del proyecto, que contempla su ubicación, reseña histórica y características propias de la zona en estudio.

En el Capítulo IV se desarrolla el marco teórico tomado como base para el desarrollo de la investigación. Asimismo como generalidades teóricas se toca el tema de los tipos de ondas que se presentan por las vibraciones generadas por voladura.

En el Capítulo V se muestra la teoría correspondiente al análisis estático.

En el Capítulo VI se muestra la teoría correspondiente al análisis dinámico.

En el Capítulo VII se describe los materiales y equipos usados para los trabajos de campo gracias a los cuales se obtuvieron los datos necesarios.

En el Capítulo VIII se podrá apreciar los resultados de la modelación matemática, así como las respuestas de la edificación analizada ante las vibraciones por voladura y que fueron evaluadas en el software Visual FEA.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Muchos procesos de la actividad humana en una sociedad industrializada generan vibraciones: el tráfico vehicular, la maquinaria de construcción, la maquinaria industrial, las voladuras.

Estas vibraciones pueden generar molestias y daños. El potencial de efectos perjudiciales depende de diversas características de estas vibraciones, o de su conjugación: amplitud, frecuencia, duración, cantidad de ocurrencias, etc. versus las propiedades de comportamiento dinámico de los sistemas que excitan (frecuencia de resonancia y resistencia, principalmente).

En la práctica de la Ingeniería generalmente no es factible, por tiempos y costos, realizar evaluaciones detalladas de las componentes a predecir, y así poder controlar los efectos de las vibraciones en el medio. Al igual que en el caso de los terremotos, se recurre entonces a leyes empíricas generalizadas, recomendaciones genéricas y normas para evaluar si las vibraciones generadas por actividad humana, y específicamente las causadas por voladuras, pueden tener efectos adversos sobre las estructuras.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:**

### **1.2.1. Problema Principal**

¿En qué medida los efectos dinámicos producidos por voladuras, en la explotación minera de la planta de cementos UNACEM, afecta a las edificaciones del centro poblado Virgen de Lourdes?

### **1.2.2. Problemas Secundarios**

- ¿En qué medida se pueden afectar los costos de las viviendas por las fallas que presentan en su estructura producto de las voladuras?
- ¿En qué medida se pueden afectar los costos de los locales comerciales por las fallas que presentan en su estructura producto de las voladuras?

## **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. Objetivo Principal**

Evaluar en qué medida los efectos dinámicos producidos por voladuras, en la explotación minera de la planta de cementos UNACEM, podrían afectar las edificaciones del centro poblado Virgen de Lourdes

### **1.3.2. Objetivos Secundarios**

- Evaluar en qué medida se afectarían los costos de las viviendas si las fallas que presentan en su estructura son producto de las voladuras.
- Evaluar en qué medida se afectarían los costos de los locales comerciales si las fallas que presentan en su estructura son producto de las voladuras.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Conveniencia**

Desarrollar el objetivo principal, materia de esta investigación, de los efectos estructurales que podría provocar las explotaciones por voladura de la planta de cemento UNACEM en las edificaciones del poblado Virgen de Lourdes.

### **1.4.2. Relevancia social**

Los resultados obtenidos en este estudio nos ayudaran a saber que tan propensas están las viviendas al ser expuestas a estas vibraciones.

### **1.4.3. Implicancias practicas**

Esta investigación ayudara a los pobladores del distrito de Villa María del Triunfo a conocer la realidad sobre estas actividades realizadas por UNACEM y poder aclarar dudas y conflictos que se han estado dando estos últimos años.

## **1.5. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

Nuestra investigación resulta viable puesto que si bien es cierto en nuestro país no se ha realizado antes investigación relacionada al tema contamos con la suficiente información que se ha ido recopilando de campo, suficientes bases teóricas y además de una tesis realizada en Colombia en una situación similar.

## **1.6. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

### **1.6.1. Hipótesis general**

Los efectos dinámicos producidos por voladuras, en la explotación minera de la planta de cementos UNACEM, afectaran a las edificaciones del centro poblado Virgen de Lourdes.

#### **1.6.2. Hipótesis secundaria**

- Al evaluar los efectos dinámicos producidos por voladura se determinara si afectaran los costos de las viviendas del centro poblado Virgen de Lourdes.
- Al evaluar los efectos dinámicos producidos por voladura se determinara si afectaran los costos de los locales comerciales del centro poblado Virgen de Lourdes.

### **1.7. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

#### **1.7.1. Variable independiente**

Efectos dinámicos producidos por voladuras

#### **1.7.2. Variable dependiente**

Efectos en las edificaciones en el centro poblado Virgen de Lourdes

#### **1.7.3. Operacionalización de las variables e indicadores**

##### **Indicadores variable independiente:**

- Costo de las viviendas unifamiliares ver donde es la falla en la vivienda (columnas, vigas) y en base a eso calcular costos

##### **Indicadores variable dependiente:**

- Efectos estructurales

## CAPÍTULO II: DISEÑO METODOLOGICO

### 2.1. Tipo y nivel de la investigación: CUANTITATIVA, DESCRIPTIVA

Cuantitativa: Porque se evaluara las variables con el fin de convertirlas en datos perceptibles y realizar la evaluación materia de esta investigación.

Descriptivo: Porque analizara, realizara cálculos para evaluar si hay efectos estructurales en las viviendas del poblado Virgen de Lourdes producto de las voladuras que se realizan en la planta de cementos UNACEM.

### 2.2. Método y diseño de la investigación

No experimental: Porque se realiza sin manipular deliberadamente las variables, lo que hace es tomar datos de campo y aplicarlos en un software de análisis estructural.

Explicativo: Porque estudiaremos en nuestras variables los efectos estructurales producidos por voladura y la influencia en las viviendas de los pobladores de la zona a evaluar estableciendo relaciones de causa y efecto.

### 2.3. Universo, población y muestra

La población está conformada por un total de 500 viviendas del poblado Virgen de Lourdes en el distrito de Villa María del Triunfo.



La muestra es de 40 viviendas a analizar; el tipo de muestreo es no probabilístico porque se seleccionara según criterio tipo de vivienda, material de construcción, ubicación, etc.

#### **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

El instrumento que se utilizara será la OBSERVACION ESTRUCTURADA pues según la muestra sobre la que trabajaremos de 10 viviendas del poblado se evaluara aspectos tales como tipo de material de construcción, ubicación, distribución, etc. y en base a ello se aplicaran espectros de sismo y voladuras para ver su comportamiento.

## **CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO**

La zona de estudio forma parte de un conjunto de pueblos colindantes a la planta de cemento UNACEM – Atocongo, que se encuentran dentro del radio de alcance de las vibraciones producidas por las voladuras; entre estas poblaciones se encuentran:

- Virgen de Lourdes
- José Gálvez
- Tablada de Lurín
- CPR. Quebrada Verde

En la presente investigación se evaluará el comportamiento de las vibraciones por voladura en el poblado Virgen de Lourdes.

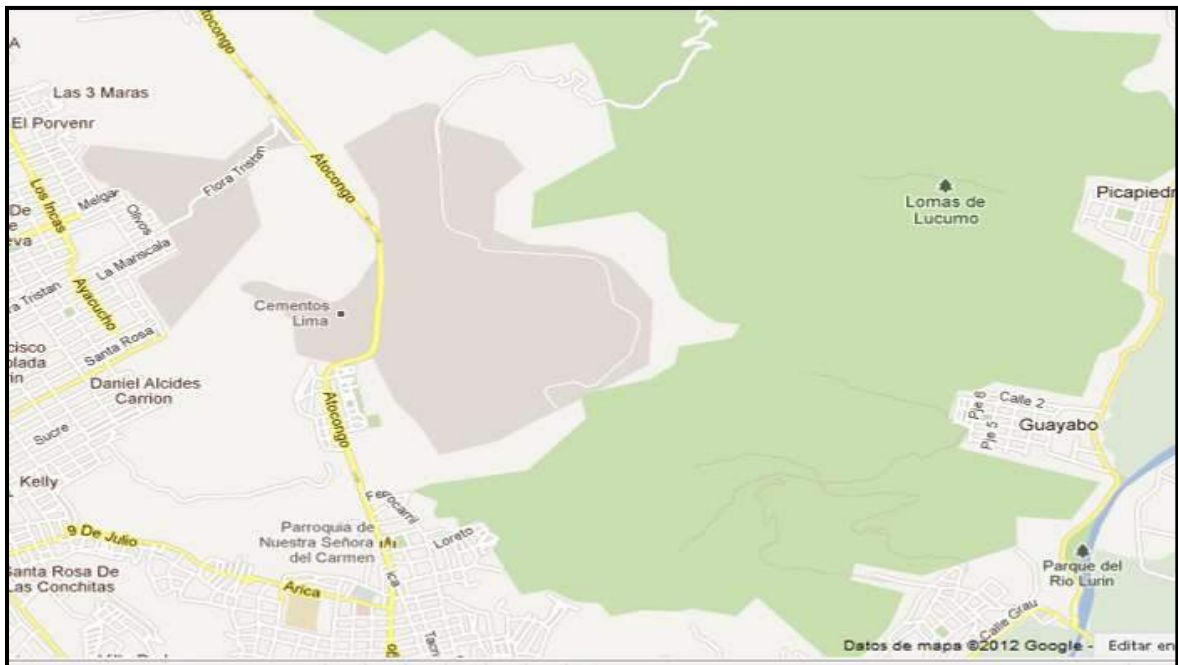
A continuación una breve reseña y descripción de la planta de cementos UNACEM y del poblado Virgen de Lourdes.

### **3.1. Planta de Cemento UNACEM**

#### **3.1.1. Ubicación:**

La planta de Cementos UNACEM Atocongo se encuentra ubicada en Av. Atocongo Nro. 2440, Distrito de Villa María del Triunfo, Provincia de Lima (Fig. 01), en las coordenadas UTM: 12°11'50.95" S 76°54'35.08"O.

Fig. 01 – Plano de Ubicación Planta de Cemento UNACEM - Atocongo



Fuente: Google Maps

### **3.1.2. Reseña Histórica:**

Todo empezó un 6 de julio de 1916, cuando se formó la primera cementera en el Perú: Compañía Peruana de Cemento Pórtland S.A. predecesora de Cementos Lima S.A. Su primera planta de producción (1924) llamada Maravillas se ubicó en los alrededores del Cementerio Presbítero Maestro en Lima. Para ese entonces, la materia prima era transportada desde las canteras de Atocongo. Este hecho marcó el primer paso para dejar de importar y empezar a desarrollar nuestra propia industria.

En 1956 se construyó la fábrica de cemento más alta del mundo: Cemento Andino S.A. ubicada en Tarma a 4000 m.s.n.m., junto a la central Hidroeléctrica Carpapata (ver Foto 01).

Foto 01 – Publicidad Diario El Comercio



Fuente: [www.unacem.com.pe](http://www.unacem.com.pe)

En 1963 se inició la operación del Horno II de la planta Condorcocha que fue el primer horno en América con proceso seco a intercambiar de calor.

El 28 de diciembre de 1967 la Compañía Peruana de Cemento Pórtland S.A. indicó una nueva etapa como Cementos Lima S.A. Para ello, adquirió un nuevo horno, molinos y otros equipos de última tecnología, llegando a ser la fábrica más grande del mundo de la época, con un solo horno de 3000 toneladas métricas por día (TM/día).

En 1974 Cementos Lima S.A. y Cemento Andino S.A. atravesaron por una etapa muy dura: la expropiación del gobierno militar. A pesar de todo, seis años después fueron devueltos el 51% de las acciones de ambas compañías y el control de las mismas, aunque ambas se encontraban en pésimas condiciones.

En 1987 se inició la remodelación y ampliación del Horno III de la planta de Condorcocha “El primer horno en el Perú con doble intercambiador de calor y precalcinador desarrollado por ARPL tecnología industrial”.

En 1989 se iniciaron las operaciones del Muelle Conchán en el distrito de Lurín, con el fin de llevar los productos a mercados como Estados Unidos, Chile y Panamá, donde se ha llegado a exportar hasta un millón de toneladas por año.

Con la fusión en 1996 de dos empresas líderes en el país en la producción de concreto premezclado, COPRESA (fundada en 1956) y HORMEC (fundada en 1976) y con el respaldo de Cementos Lima S.A. y Cemento Andino S.A. se creó una nueva empresa: Unión de Concreteras S.A. comercialmente conocida como UNICON (ver Foto 02).

Foto 02 – Planta San Juan – UNICON



Fuente: [www.unacem.com.pe](http://www.unacem.com.pe)

En el año 1998, se inició la II etapa de la ampliación de la planta de Atocongo en Lima, que permitió triplicar la producción de cemento, incorporando tecnología de punta y modernos sistemas de captación de partículas.

En el año 2002 se inició a través de la aprobación del estudio ambiental correspondiente, el proyecto de construcción de la faja transportadora de 8.2 km que permite el transporte eficiente de insumos y cemento a granel, desde la planta de Atocongo en Villa María del Triunfo-Lima hasta el Muelle de Conchán en Lurín. El proyecto incluyó la construcción de nuevas pistas, veredas, paraderos y áreas verdes, revalorizando las zonas de Villa María del Triunfo y Villa el Salvador (ver Foto 03).

Foto 03 – Faja transportadora de 8.2 km – UNACEM



Fuente: [www.unacem.com.pe](http://www.unacem.com.pe)

En el año 2003 se creó la Asociación Atocongo (hoy **Asociación UNACEM**), organización de Responsabilidad Social de UNACEM con el fin de acercar la empresa a la comunidad, trabajando de manera conjunta para su autodesarrollo. Paralelamente, la planta Condorcocha desarrolló programas de fomento al desarrollo comunitario en Tarma.

En el año 2005, se inició la construcción del ramal ferroviario que permitió unir los pueblos de la sierra y la costa, así como enlazar la planta Condorcocha con el puerto del Callao y las ciudades de Huancayo y Cerro de Pasco.

En el año 2007, se inició el uso de Gas Natural en la planta de Atocongo en Lima, en reemplazo parcial del carbón como fuente de energía. Este proyecto permitió liderar la emisión de Bonos de Carbono a nivel nacional, reduciendo más del 25% de las emisiones de gases del efecto invernadero en su proceso productivo. Ese mismo año, producto de la asociación de Cementos Lima con el grupo Prainsa de España, se construyó en el 2007 Preansa, una empresa dedicada a la construcción y montaje de estructuras de concreto para brindar soluciones a una gran variedad de proyectos constructivos (ver Foto 04).

Foto 04 – Gas Natural en planta de Atocongo – UNACEM



Fuente: [www.unacem.com.pe](http://www.unacem.com.pe)

En el año 2008, con el objetivo de construir una relación comercial eficiente y duradera se lanzó la red de ferreterías Progre-Sol, conformada por 120 subdistribuidores ferreteros emprendedores. Actualmente la red está conformada por más de 280 puntos de venta.

En el año 2010, se inauguró la Central Hidroeléctrica El Platanal, en la cuenca de río Cañete, que contó con el apoyo y participación accionaria de Cementos Lima y Cemento Andino. Ese mismo año, como respuesta a la creciente demanda edificadora liderada por proyectos del segmento de la autoconstrucción, en marzo del 2010 se lanzó Hatunsol, un sistema de financiamiento para materiales de construcción y mano de obra, dirigido a atender las necesidades de ese segmento.

En el año 2011, se inauguró la planta de Drake Cement, condado de Yavapai, estado de Arizona en Estados Unidos, con una capacidad de producción de 600,000 t. de clínker y 624,000 toneladas de cemento al año, aproximadamente. En julio UNICON adquirió el 100% de las acciones de Firth Industries Perú S.A., una de las principales proveedoras de soluciones de concreto y agregados en los sectores vivienda, minería e infraestructura a nivel nacional.

En el año 2012, Cementos Lima y Cemento Andino se fusionaron para crear Unión Andina de Cementos (UNACEM) y la Asociación Atocongo (ahora Asociación UNACEM) se alinea a la visión y objetivos de la empresa.

En el año 2013, se lanzó al mercado Cemento APU, cemento Portland tipo GU. APU es el único cemento a nivel nacional y regional con bolsa blanca. La bolsa consta de 4 pliegos: 3 de papel (2 marrones y 1 blanco) y 1 film plástico. Lo que hace a la bolsa resistente a la humedad y conserva mejor el producto.

En el año 2014, UNACEM y sus subsidiarias recibieron la calificación de Riesgo Internacional BB+ por Estándar & Poors y el Ba2 por Moody's. Asimismo, UNACEM colocó 625 millones de dólares en la emisión internacional de bonos corporativos consolidándose en el mercado externo. En noviembre de ese año, se concretó la compra UNACEM del 98.57% de las acciones de Lafarge Cementos de Ecuador.



### **3.2. Poblado Virgen de Lourdes:**

#### **3.2.1. Ubicación:**

El poblado Virgen de Lourdes se encuentra ubicado en el distrito de Villa María del Triunfo es uno de los más grandes y más poblados de los 43 que conforman la Provincia de Lima, fue creado por la Ley N° 13796 el 28 de diciembre de 1961 y se encuentra a una altura promedio de 158 m.s.n.m.

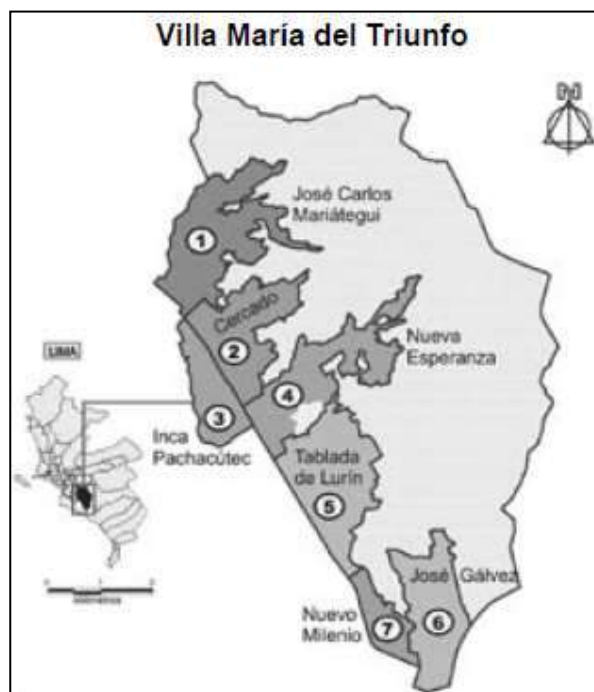
El distrito de Villa María del Triunfo está conformado por 7 zonas:

- Zona 1     .- José Carlos Mariátegui.
- Zona 2     .- Cercado.
- Zona 3     .- Inca Pachacútec.
- Zona 4     .- Nueva Esperanza.
- Zona 5     .- Tablada de Lurín.
- Zona 6     .- José Gálvez Barrenechea.
- Zona 7     .- Nuevo Milenio.

De las siete zonas que conforman la parte urbana del distrito, la zona 4, denominada “Nueva Esperanza” está ubicada en la parte central del mismo, y es el poblado Virgen de Lourdes parte de esta zona (ver Fig. 02).

Limita al sur con Tablada Lurín, al este con la fábrica de Cementos Lima y Cementos Andino, y con la zona natural de Lomas, al norte con el cementerio distrital y con el cercado y al oeste con Pachacútec y el Distrito de Villa María del Triunfo.

Fig. 02 - División territorial del distrito de Villa María del Triunfo



Fuente: [www.villamarialima.galeon.com](http://www.villamarialima.galeon.com)

### **3.2.2. Clima y temperatura**

Por su ubicación en una zona desértica de la costa Limeña, el clima es árido y nuboso la mayor parte del año. La temperatura media mensual del aire varía entre 15 y 23 ° C.

El aire de la zona es húmedo, se condensa formando brumas y neblinas, la humedad relativa es alta. La precipitación pluvial es escasa con un promedio de 25 mm anuales.

### **3.2.3. Geología**

Una de las características principales del Poblado Virgen de Lourdes y el distrito de Villa María del Triunfo es su accidentada geografía, donde se pueden encontrar lomas y cerros que van de los 200 a los 1.000 msnm y pendientes que oscilan

entre los 7 y 50 grados. Las quebradas de las zonas son inconexas entre sí, limitando la integración.

## CAPÍTULO IV: MARCO TEÓRICO

### 4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

#### 4.1.1. En el ámbito internacional

**Benjumea, J. (2003).** Vibraciones causadas por actividad humana. Caracterización, efectos y manejo en la Ingeniería Civil. Colombia: Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería. Tesis de para Obtener el Título de Ingeniero Civil.

Este estudio realizado en Colombia hace un análisis sobre las vibraciones causadas por actividad humana en Cementos del Valle en la mina La Calera, las cuales varían en cantidad, magnitud y cercanía a zonas pobladas.

Cementos del Valle se dedica a la extracción de caliza para la fabricación de cemento, realiza alrededor de dos voladuras diarias con este fin. Para evaluar los efectos de las vibraciones producidas por estas voladuras se instalaron estaciones de monitoreo en las poblaciones de San Marcos y Mulalo, de las cuales se obtuvieron 504 registros de vibraciones durante el periodo comprendido entre mayo 1999 y agosto 2002.

Los resultados de estas vibraciones producidas por voladuras se compararon con la normatividad internacional (debió a que en Colombia no cuentan con una), aplicándolas a un caso específico en Mulalo. Los datos obtenidos demuestran que las vibraciones producidas por Cementos del Valle para ese periodo cumplieron con las normas.

#### **4.1.2. En el ámbito nacional**

**Vásquez, Gabriela (2015).** Evaluación Sísmica de Presa La Chonta usando un Modelo Plano de Deformaciones. Perú: Universidad Ricardo Palma. Tesis de para Obtener el Título de Ingeniero de Civil.

El presente proyecto está enfocado en evaluar el comportamiento de la presa La Chonta, ubicada en la Región Cajamarca en las cuencas de los ríos Chonta y Mashcón, ante la ocurrencia de un evento sísmico.

Para dicha evaluación se han utilizado Modelos de Elementos Finitos (MEF) de deformación plana.

Para la simulación del evento sísmico se ha considerado información obtenida por monitoreos vibratorios que nos sirvió de base para el desarrollo de un modelo bidimensional en donde se utilizaron elementos planos para el cuerpo de la presa.

Para los modelos se utilizó el programa VISUAL FEA. Se evaluó el comportamiento de los distintos modelos para un acelerograma de un sismo y para un espectro de respuesta utilizados en la evaluación sísmica de la presa.

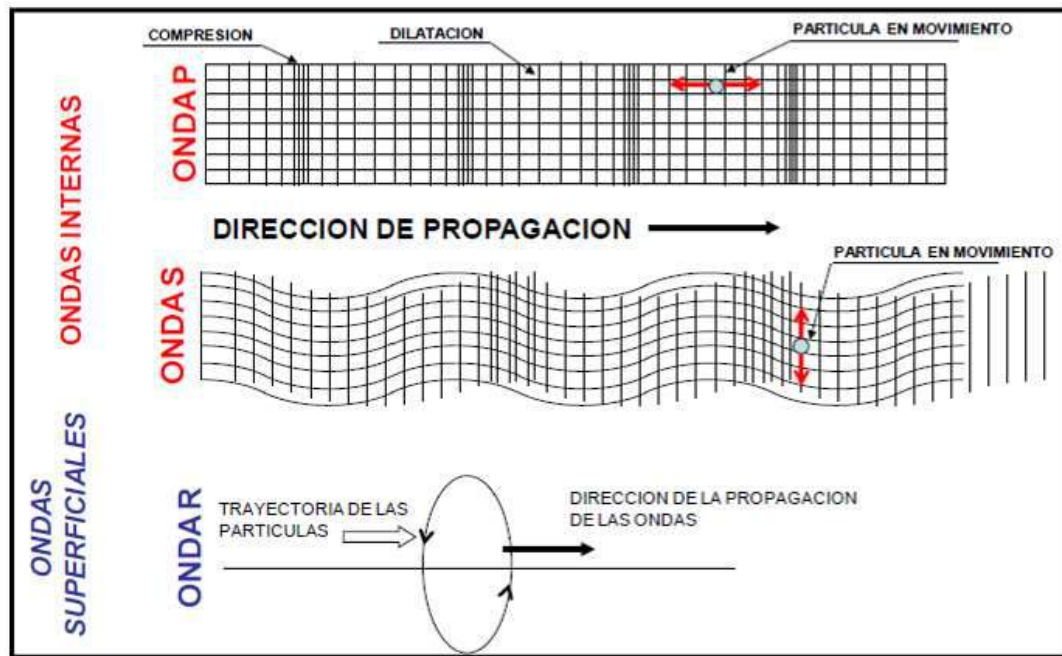
Mediante este estudio se llegó a una verificación seccional de la estructura de la presa, a través de la cuantificación de los desplazamientos para un sismo de diseño.

#### **4.2. GENERALIDADES TEÓRICAS:**

Las vibraciones generadas por la voladura se transmiten a través del macizo rocoso como ondas sísmicas, cuyo frente se desplaza en forma radial a partir del punto de detonación, se clasifican en dos grupos: Ondas Internas y Ondas Superficiales. Así dentro de las ondas internas las más importantes son las Ondas Longitudinales o Primarias “P” y las Transversales o Secundarias “S”, y dentro de

las Superficiales las que se generan más comúnmente son las Ondas Love y las Ondas Rayleigh. A continuación damos una breve descripción de cada tipo de onda generada por la voladura (ver Fig. 03).

Fig. 03 - Ondas Vibracionales (ondas internas y superficiales)



Fuente: Libro de Vibraciones de EXSA

#### 4.2.1. Ondas Primarias o Longitudinales “P”

Las ondas P (PRIMARIAS O PRIMAE) son ondas longitudinales o compresionales lo cual significa que el suelo es alternadamente comprimido y dilatado en la dirección de la propagación. Estas ondas generalmente viajan a una velocidad 1.73 veces de las ondas S y pueden viajar a través de cualquier tipo de material liquido o solido. Velocidades típicas son 1450 m/s en el agua y cerca de 5000 m/s en el granito. En un medio isótropo y homogéneo la velocidad de propagación de las ondas P es:

$$v_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}}$$

Donde  $K$  es el módulo de incompresibilidad,  $\mu$  es el módulo de corte o rigidez y  $\rho$  la densidad del material a través del cual se propaga la onda mecánica. De estos tres parámetros, la densidad es la que presenta menor variación por lo que la velocidad está principalmente determinada por  $K$  y  $\mu$  (ver Fig. 04).

Fig. 04 - Onda Primaria o Longitudinal "P"



Fuente: Manual de Tronadura de Enaex. Año 2002

#### 4.2.2. Ondas Secundarias y Transversales "S"

Las ondas S (SECUNDARIAS o SECUNDAE) son ondas en las cuales el desplazamiento es transversal a la dirección de propagación. Su velocidad es menor que la de las ondas primarias. Debido a ello, éstas aparecen en el terreno algo después que las primeras. Estas ondas son las que generan las oscilaciones durante el movimiento sísmico y las que producen la mayor parte de los daños. Sólo se trasladan a través de elementos sólidos.

La velocidad de propagación de las ondas S en medios isótropos y homogéneos depende del módulo de corte  $\mu$  y de la densidad  $\rho$  del material (ver Fig. 05).

$$v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

Fig. 05 - Onda Secundaria o Transversal "S"

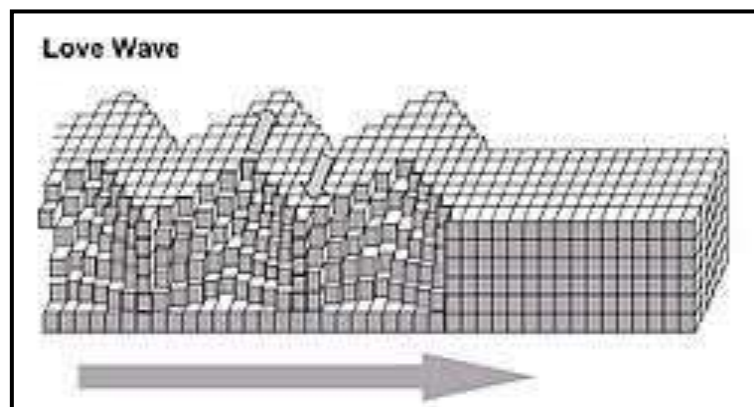


Fuente: Manual de Tronadura de Enaex. Año 2002

#### 4.2.3. Ondas Superficiales

**Onda de Tipo Love.** Las ondas de Love son ondas superficiales que producen un movimiento horizontal de corte en superficie. Se denominan así en honor al matemático neozelandés A.E.H. Love quien desarrolló un modelo matemático de estas ondas en 1911. La velocidad de las ondas Love es un 90% de la velocidad de las ondas S y es ligeramente superior a la velocidad de las ondas Rayleigh (ver Fig. 06).

Fig. 06 - Onda Superficiales o Love "L"

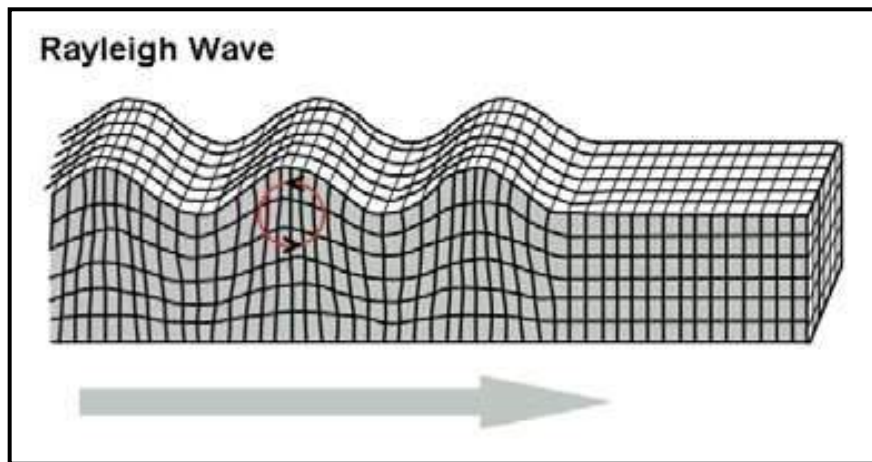


Fuente: Manual de Tronadura de Enaex. Año 2002



**Ondas de Tipo Rayleigh.** Las ondas Rayleigh, también denominadas *ground roll*, son ondas superficiales que producen un movimiento elíptico retrógrado del suelo. La existencia de estas ondas fue predicha por John William Strutt, Lord Rayleigh, en 1885. Son ondas más lentas que las ondas de cuerpo y su velocidad de propagación es casi un 70% de la velocidad de las ondas S (ver Fig. 07).

Fig. 07 - Ondas Superficiales o Wave "W"



Fuente: Manual de tronadura de Enaex. Año 2002

#### **4.3. PROCESO PARA EVALUACIÓN DE DAÑO Y RESPUESTA DE LAS ESTRUCTURAS PRODUCIDO POR LA VIBRACIÓN DEL SUELO POR VOLADURA**

Las vibraciones generadas por la voladura son producto directo del uso de explosivos. Esta vibración del suelo o energía sísmica es comúnmente descrita como un desplazamiento con variación del tiempo, velocidad o aceleración de un punto particular (partícula) en el suelo. También puede ser medido en varios niveles de energía integrada (promedio). Se requieren tres componentes mutuamente ortogonales de tiempo-sincronizado para caracterizar completamente el movimiento. Se pueden combinar, alternativamente, los tres componentes dentro de una masa de vector verdadera para cualquier momento del tiempo o unas

pseudo sumas de vector derivada de una suma de vector de los máximos de cada componente, independientes del tiempo. Es fundamental obtener, a partir de mediciones de vibraciones, los parámetros que permiten el análisis de las vibraciones, la velocidad de vibración de partículas y la frecuencia. La obtención de esos datos experimentales (trabajos de campo) es hecha con sismógrafos de ingeniería dotados de geófonos múltiples, apropiadamente localizados en el terreno con relación a la geometría de la voladura. Los geófonos transforman la energía mecánica de vibración en energía eléctrica con intensidad proporcional al movimiento de oscilación del macizo. Después de cada detonación los geófonos reciben los impulsos sísmicos, en diferentes instantes, registrándolos. En ese registro, dependiendo de los límites de detección del equipo y del “trigger” (valor mínimo de activación, definido para dar inicio la medición), queda señalado el instante de la detonación, que constituye el inicio del conteo del tiempo, relacionado a ese evento de vibración. Las ondas sísmicas inducidas por las voladuras al macizo tienen tres componentes: longitudinal (L) en dirección horizontal que pasa por los puntos de detonación y de medición), transversal (T) perpendicular al anterior y vertical en dirección vertical y ortogonal a las anteriores (V), pudiendo aún ser medida la onda aérea.

## CAPÍTULO V: ANÁLISIS ESTÁTICO

### 5.1. ESTADO GENERAL DE ANISOTROPÍA EN MEDIO LINEALMENTE ELÁSTICO

Sea un medio continuo elástico no-isotrópico referido a un sistema coordenado cartesiano (ver Fig. 08).

Sean  $\sigma$  y  $\varepsilon$  los tensores que definen el estado de esfuerzos y deformaciones en un punto cualesquiera del medio, P1,

$$\begin{aligned}\sigma &= \hat{i}_i \hat{i}_j \sigma_{ij} \\ \varepsilon &= \hat{i}_i \hat{i}_j \varepsilon_{ij}\end{aligned}\quad (5.1)$$

Los componentes de los esfuerzos y de las deformaciones se obtendrán de las expresiones:

$$\begin{aligned}\sigma_{ns} &= \hat{i}_i \cdot \sigma \cdot \hat{i}_j \\ \varepsilon_{ns} &= \hat{i}_i \cdot \varepsilon \cdot \hat{i}_j\end{aligned}\quad (5.2)$$

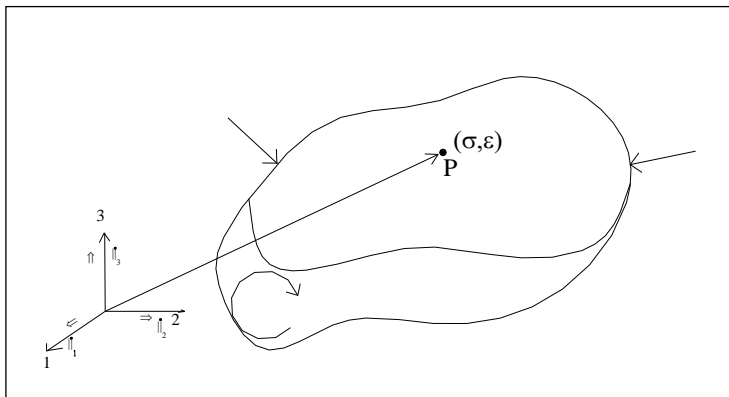


Fig. 08 - Punto P referido al sistema coordenado cartesiano 123

Fuente: Monitoreo vibratorio de viviendas colindantes a la planta de Unacem – Villa María de Triunfo - Lima

Si los desplazamientos  $u_i$  en el medio satisfacen la condición  $u_{i,j} \ll 1$ , las relaciones esfuerzos-deformaciones estarán dadas por las expresiones:

$$\sigma_{ij} = \sigma_{ij}(0) + A_{ijpq} \varepsilon_{pq} + B_{ijpqr} \varepsilon_{pq} \varepsilon_{rs} + \dots (5.3)$$

donde :

$\sigma_{ij}(0)$  son los esfuerzos presentes en el medio correspondientes al estado de deformación nulo.

$A_{ijpq}, B_{ijpqr}, \dots$  son parámetros elásticos que caracterizan el medio continuo.

Considerando medios elásticos donde los esfuerzos son función lineal de las deformaciones, se tiene:

$$\sigma_{ij} = \sigma_{ij}(0) + A_{ijpq} \varepsilon_{pq}$$

y limitando el análisis al caso  $\sigma_{ij}(0) = 0$ , resultan las relaciones.

$$\sigma_{ij} = A_{ijpq} \varepsilon_{pq} \dots (5.4)$$

que requiere de 81 parámetros.

Siendo los tensores  $\sigma, \varepsilon$  simétricos,

$$A_{ijpq} = A_{jiqp}$$

y considerando que la energía almacenada en el medio es una función de las deformaciones y que  $u_{i,j} \ll 1$ ,

$$A_{ijpq} = A_{pqij}$$

lo cual reduce a 21 el número de parámetros  $A_{ijpq}$  necesarios para definir las relaciones esfuerzos-deformaciones.

Luego, el estado general de anisotropía en un medio continuo linealmente elástico quedará definido por 21 constantes elásticas. Este resultado es el que corresponde a un medio constituido por cristales triclinicos.

Cambiando de notación para los esfuerzos y las deformaciones,

$$\begin{array}{ll}
 \sigma_1 = \sigma_{11} & \varepsilon_1 = \varepsilon_{11} \\
 \sigma_2 = \sigma_{22} & \varepsilon_2 = \varepsilon_{22} \\
 \sigma_3 = \sigma_{33} & \varepsilon_3 = \varepsilon_{33} \\
 \sigma_4 = \sigma_{23} & \varepsilon_4 = 2\varepsilon_{23} \\
 \sigma_5 = \sigma_{13} & \varepsilon_5 = 2\varepsilon_{13} \\
 \sigma_6 = \sigma_{12} & \varepsilon_6 = 2\varepsilon_{12}
 \end{array} \quad (5.5)$$

la expresión (4.4) resulta:

$$\sigma_m = c_{mn} \varepsilon_n \quad (5.6)$$

$$\left( c_{mn} = A_{ijpq} = A_{pqij} = c_{nm} \right)$$

La cual expresada en forma matricial es:

$$[\sigma] = [c][\varepsilon] \quad (5.7)$$

donde:

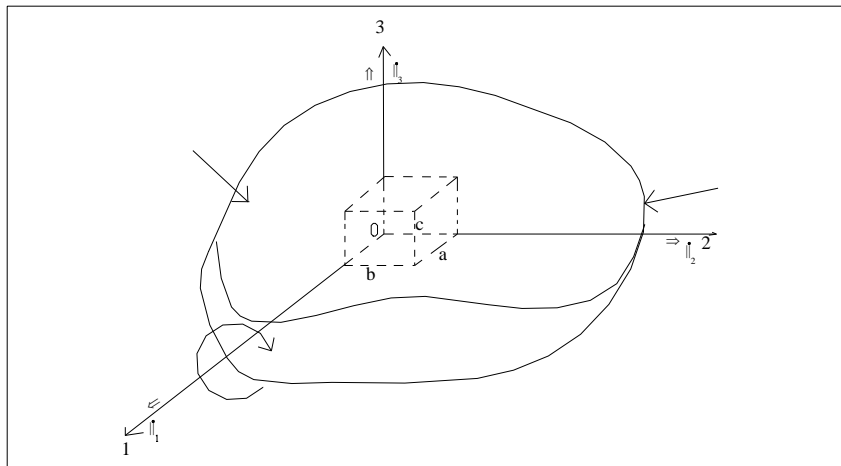
$[\sigma], [\varepsilon]$  son los vectores de esfuerzos y deformaciones respectivamente.

[ $c$ ] es la matriz que define los parámetros elásticos (matriz simétrica 6x6).

## 5.2. MEDIO CONTINUO ORTOTRÓPICO

Sea un medio continuo linealmente elástico tal que posea tres planos de simetría en sus constantes elásticas, esto es que pueda ser representado como constituido por cristales orto-rómbicos, y que esté referido a un sistema coordenado cartesiano (ver Fig. 09).

Fig. 09 - Sólido referido a un sistema coordenado cartesiano 123



Fuente: Monitoreo vibratorio de viviendas colindantes a la planta de Unacem – Villa Maria de Triunfo - Lima

Los estados de esfuerzo y de deformaciones unitarias quedan definidos mediante las expresiones (5.1) y (5.2), y sus relaciones correspondientes con la expresión (5.7).

Considérese asimismo los sistemas coordenados  $1'2'3'$ , y  $1''2''3''$ . Por existir coincidencia de los ejes de los cristales con los ejes coordenados de los tres sistemas, se tiene:

$$[\sigma'] = [c][\varepsilon'] \quad (5.8)$$

$$[\sigma''] = [c][\varepsilon'']$$

Aplicando sucesivamente las expresiones (5.1), (5.2), (5.5) y (5.6), (5.7), (5.8) se logran las siguientes igualdades para los elementos  $c_{mn}$  de la matriz  $c$ ,

$$\begin{aligned} c_{14} &= c_{15} = c_{16} = 0 \\ c_{24} &= c_{25} = c_{26} = 0 \\ c_{34} &= c_{35} = c_{36} = 0 \\ c_{45} &= c_{46} = 0 \\ c_{56} &= 0 \end{aligned} \quad (5.9)$$

Luego el medio ortotrópico linealmente elástico requiere de nueve parámetros.

$$[c] = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & 0 & 0 & 0 \\ & c_{22} & c_{23} & 0 & 0 & 0 \\ & & c_{33} & 0 & 0 & 0 \\ & sim. & & c_{44} & 0 & 0 \\ & & & & c_{55} & 0 \\ & & & & & c_{66} \end{bmatrix} \quad (5.10)$$

Utilizando las expresiones (5.7), (5.9) y (5.10)

$$[\varepsilon] = \frac{1}{B} \begin{bmatrix} (c_{22}c_{33} - c_{23}^2) & (c_{13}c_{23} - c_{12}c_{33}) & (c_{12}c_{23} - c_{13}c_{22}) & 0 & 0 & 0 \\ & (c_{11}c_{33} - c_{13}^2) & (c_{12}c_{13} - c_{11}c_{23}) & 0 & 0 & 0 \\ & & (c_{11}c_{22} - c_{12}^2) & 0 & 0 & 0 \\ & & & \left(\frac{B}{c_{44}}\right) & 0 & 0 \\ & & & & \left(\frac{B}{c_{55}}\right) & 0 \\ & & & & & \left(\frac{B}{c_{66}}\right) \end{bmatrix} \quad (5.11)$$

Siendo:

$$B = c_{11}(c_{22}c_{33} - c_{23}^2) - c_{12}(c_{12}c_{33} - c_{13}c_{23}) + c_{13}(c_{12}c_{23} - c_{22}c_{13}) \quad (5.12)$$

Definiendo:

$$E_1 = \frac{B}{(c_{22}c_{33} - c_{23}^2)}$$

$$E_2 = \frac{B}{(c_{11}c_{33} - c_{13}^2)}$$

$$E_3 = \frac{B}{(c_{11}c_{22} - c_{12}^2)}$$

$$v_1 = \frac{(c_{12}c_{33} - c_{13}c_{23})}{(c_{11}c_{33} - c_{13}^2)}$$

$$G_1 = c_{44}$$

$$v_2 = \frac{(c_{11}c_{23} - c_{12}c_{13})}{(c_{11}c_{22} - c_{12}^2)}$$

$$G_2 = c_{55}$$

$$v_3 = \frac{(c_{13}c_{22} - c_{12}c_{23})}{(c_{11}c_{22} - c_{12}^2)}$$

$$G_3 = c_{66}$$

y reemplazando en (5.11)



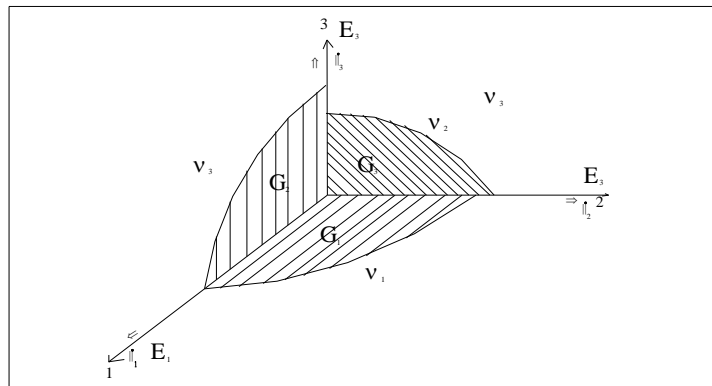
$$[\varepsilon] = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_1} & -\frac{\nu_1}{E_2} & -\frac{\nu_3}{E_3} & 0 & 0 & 0 \\ & \frac{\nu_1}{E_2} & -\frac{\nu_2}{E_3} & 0 & 0 & 0 \\ & & \frac{1}{E_3} & 0 & 0 & 0 \\ & \text{sim.} & & \frac{1}{G_1} & 0 & 0 \\ & & & & \frac{1}{G_2} & 0 \\ & & & & & \frac{1}{G_3} \end{bmatrix} [\sigma] \quad (5.13)$$

Donde los nueve parámetros independientes son:

$E_1, E_2, E_3$	Módulos de elasticidad
$\nu_1, \nu_2, \nu_3$	Módulos de Poisson
$G_1, G_2, G_3$	Módulos de corte

Estos parámetros quedan definidos por la expresión (5.13) o por el esquema siguiente, figura 10:

Fig.10 – Parámetros: Módulos de elasticidad, de poisson y corte



Fuente: Monitoreo vibratorio de viviendas colindantes a la planta de Unacem – Villa Maria de Triunfo - Lima

$$v_1 = -\frac{\epsilon_{11}}{\epsilon_{22}}$$

$$v_2 = -\frac{\epsilon_{22}}{\epsilon_{33}}$$

$$v_3 = -\frac{\epsilon_{11}}{\epsilon_{33}}$$

De la expresión (5.13) se obtiene:

$$[\sigma] = \frac{E_1}{D} \begin{bmatrix} (m - v_2^2 n) & (mv_1 + nv_2 v_3) & m(v_1 v_2 + v_3) & 0 & 0 & 0 \\ & (1 - v_3^2 n) & (v_2 + v_1 v_3 m) & 0 & 0 & 0 \\ & & \frac{m}{n}(1 - v_1^2) & 0 & 0 & 0 \\ & \text{sim.} & & \frac{G_1 D}{E_1} & 0 & 0 \\ & & & & \frac{G_2 D}{E_1} & 0 \\ & & & & & \frac{G_3 D}{E_1} \end{bmatrix} [\epsilon] \quad (4.14)$$

en la que :

$$m = \frac{E_1}{E_2}$$

$$n = \frac{E_1}{E_3}$$

$$D = m(1 - v_1^2 m) - nv_2^2 - mnv_3(2v_1 v_2 + v_3)$$

### 5.3. CONSTANTES ELÁSTICAS EN GENERAL

Los materiales tales como cristales naturales o la madera no son isotrópicos, y se denominan anisotrópicos. La expresión analítica de la Ley de Hooke en un cuerpo

sólido anisotrópico es afectado por las constantes  $c_{ij}$ ,  $i=1,..6$ ,  $j=1,..6$  arriba indicadas. En notación matricial, se puede escribir las ecuaciones de la siguiente manera:

$$\begin{pmatrix} X_x & Y_y & Z_z & Y_z & Z_x & X_y \end{pmatrix} = \begin{vmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} & c_{15} & c_{16} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} & c_{25} & c_{26} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & c_{34} & c_{35} & c_{36} \\ c_{41} & c_{42} & c_{43} & c_{44} & c_{45} & c_{46} \\ c_{51} & c_{52} & c_{53} & c_{54} & c_{55} & c_{56} \\ c_{61} & c_{62} & c_{63} & c_{64} & c_{65} & c_{66} \end{vmatrix} \begin{pmatrix} e_{xx} & e_{yy} & e_{zz} & e_{yz} & e_{zx} & e_{xy} \end{pmatrix}$$

donde  $c_{rs}=c_{sr}$ , ( $r,s=1,2,..6$ ).

Estas ecuaciones pueden ser resueltas, para expresar las componentes de la deformación en términos de las componentes de esfuerzo. Si  $\Pi$  denota el determinante de las cantidades  $c_{rs}$ , y  $C_{rs}$  denota el menor determinante que corresponde con  $c_{rs}$ , tal que:

$$\Pi = c_{r1}C_{r1} + c_{r2}C_{r2} + c_{r3}C_{r3} + c_{r4}C_{r4} + c_{r5}C_{r5} + c_{r6}C_{r6}$$

Las ecuaciones que dan las componentes de deformación en términos de las componentes de esfuerzos puede ser escrita como:

$$\Pi \begin{pmatrix} e_{xx} & e_{yy} & e_{zz} & e_{yz} & e_{zx} & e_{xy} \end{pmatrix} = \begin{vmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} & C_{16} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} & C_{25} & C_{26} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} & C_{35} & C_{36} \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & C_{44} & C_{45} & C_{46} \\ C_{51} & C_{52} & C_{53} & C_{54} & C_{55} & C_{56} \\ C_{61} & C_{62} & C_{63} & C_{64} & C_{65} & C_{66} \end{vmatrix} \begin{pmatrix} X_x & Y_y & Z_z & Y_z & Z_x & X_y \end{pmatrix}$$

donde  $C_{rs}=C_{sr}$  ( $r,s=1,2,..6$ ).

Las cantidades  $\frac{1}{2}c_{11}, \dots, c_{12}, \dots$  son los coeficientes de una función cuadrática homogénea de  $e_{xx}, \dots$ . Esta función es la función de energía de deformación expresada en términos de componentes de deformación.

Las cantidades  $\frac{1}{2}C_{11} / \Pi, \dots, C_{12} / \Pi, \dots$  son los coeficientes de una función cuadrática homogénea de  $X_x, \dots$ . Esta función es la función de energía de deformación expresada en términos de componentes de esfuerzo.

### 5.3.1. Módulos de elasticidad

Se debe definir de distintas maneras los tipos de esfuerzo y deformación. Por ejemplo, tensión simple ( $X_x$ ), esfuerzo cortante ( $Y_z$ ), esfuerzo promedio ( $\frac{1}{3}(X_x + Y_y + Z_z)$ ) son tipos de esfuerzos. Los correspondientes tipos de deformación son extensión simple ( $e_{xx}$ ), deformación por cortante ( $e_{yz}$ ), dilatación cúbica ( $e_{xx} + e_{yy} + e_{zz}$ ). Se puede expresar la deformación de cualquiera de esos tipos que acompaña un esfuerzo del correspondiente tipo, cuando no hay otro esfuerzo, por una ecuación de la forma:

$$\text{Esfuerzo} = M \times (\text{deformación correspondiente})$$

Luego  $M$  es llamado un “módulo de elasticidad”. Las cantidades  $\Pi/C_{11}$ ,  $\Pi/C_{44}$  son ejemplos de tales módulos.

El módulo que corresponde con la tensión simple es llamado módulo de Young para la dirección relacionada con la tensión. El módulo que corresponde con el esfuerzo de corte sobre un par de planos ortogonales es conocido como la rigidez

para el par de direcciones relacionadas (las normales al plano). El módulo que corresponde con la tensión promedio o presión es conocido como el módulo de compresión.

### 5.3.2. Módulos de Young y razones de Poisson

Suponiendo que todas las componentes de esfuerzo desaparecen excepto  $X_x$ , luego tenemos que  $\Pi = C_{11} X_x$ , tal que  $\Pi / C_{11}$  es el módulo de Young correspondiente a la dirección "x". De la misma forma, la razón de Poisson de la contracción en la dirección del eje "y" a la extensión en la dirección de los ejes de "x" es  $-C_{12} / C_{11}$ . El valor de la razón de Poisson depende de la dirección de la contracción transversal lineal de los elementos tanto como de las extensiones longitudinales. En el caso general debemos considerar los esfuerzos para la tensión  $X'_x$  que cruzan el plano  $x' = \text{constante}$ , cuya normal sigue la dirección  $(l, m, n)$  en la forma siguiente:

$$\begin{aligned} X_x &= l^2 X'_x, & Y_y &= l^2 Y'_y, & Z_z &= l^2 Z'_z, \\ Y_z &= mn X'_x, & Z_x &= nl X'_x, & X_y &= lm X'_x \end{aligned}$$

y también se tiene :

$$e_{x'x'} = e_{xx} l^2 + e_{yy} m^2 + e_{zz} n^2 + e_{yz} mn + e_{zx} nl + e_{xy} lm$$

Y se deduce que el módulo de Young E correspondiente con esta dirección es:

$$\Pi \div (C_{11}, C_{22}, C_{33}, C_{23}, C_{31}, C_{12}) (l^2, m^2, n^2, mn, nl, lm)^2$$

Donde el denominador es una función cuadrática completa de los seis argumentos  $l, \dots$  con coeficientes  $C_{11}, \dots$

Si  $(l', m', n')$  es cualquier dirección de  $x'$ , la contracción,  $-e_{y'y'}$ , en esta dirección está dada por la ecuación:

$$e_{y'y'} = e_{xx}l'^2 + e_{yy}m'^2 + e_{zz}n'^2 + e_{yz}m'n' + e_{zx}n'l' + e_{xy}l'm'$$

Y la correspondiente razón de Poisson  $\sigma$  es expresable en la forma:

$$\sigma = -\frac{1}{2\phi} \left[ l'^2 \frac{\partial \phi}{\partial (l'^2)} + m'^2 \frac{\partial \phi}{\partial (m'^2)} + n'^2 \frac{\partial \phi}{\partial (n'^2)} + m'n' \frac{\partial \phi}{\partial (mn)} + n'l' \frac{\partial \phi}{\partial (nl)} + l'm' \frac{\partial \phi}{\partial (lm)} \right]$$

Donde  $\phi$  es la función cuadrática arriba mencionada de los argumentos  $l', \dots$ , y los coeficientes diferenciales están formados como si esos argumentos fueran independientes.

### 5.3.3. Módulos de rigidez o de corte

Se puede suponer que todas las componentes de esfuerzo desaparecen excepto  $Y_z$  y como consecuencia se tiene que  $\Pi e_{yz} = C_{44} Y_z$ , tal que  $\Pi / C_{44}$  es la rigidez correspondiente con el par de direcciones  $y, z$ .

Si el esfuerzo cortante está relacionado a las dos direcciones ortogonales  $(l, m, n)$  y  $(l', m', n')$ , la rigidez puede ser expresada de la siguiente manera:

$$\Pi \div (C_{11}, C_{22}, \dots, C_{12}, \dots) (2ll', 2mm', 2nn', mn' + m'n, nl' + n'l, lm' + l'm)$$

Donde el denominador es una función cuadrática completa de los seis argumentos  $2ll', \dots$  con coeficientes  $C_{11}, C_{22}, \dots$

#### **5.3.4. Determinación de las características del material: Módulos de Young, Corte y Poisson.**

Como se ha podido observar, se requiere para el análisis, el conocimiento de los valores de las propiedades inherentes al material del que está constituido el sólido. Por tratarse de un tema de importancia para el presente trabajo, y haber elegido un material el concreto de resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  (Módulo de Elasticidad  $E = 217370 \text{ Kg/cm}^2$ ), se tratará en el capítulo 6.

#### **5.4. FORMA DE LA FUNCIÓN DE ENERGÍA DE DEFORMACIÓN**

Los experimentos con los cuales se llega a la enunciación de la ley de Hooke no constituyen una prueba de la verdad de la ley.

Cuando un cuerpo es suavemente deformado por la aplicación gradual de una carga, y la temperatura permanece constante, las componentes de esfuerzo son una función lineal de las componentes de la deformación, y ellas son también coeficientes de las derivadas parciales de una función ( $W$ ) de las componentes de la deformación. La función de la energía de deformación,  $W$ , es de aquí una función cuadrática homogénea de las componentes de la deformación.

La conocida teoría de ondas y sonido llega a nosotros para mostrar que cuando un cuerpo está ejecutando pequeñas vibraciones, el movimiento toma ubicación tan rápidamente para una porción de cuerpo para perder o ganar alguna cantidad sensible de calor. En este caso también hay una función de energía de deformación; y si nosotros asumimos que la ley de Hooke fija la función, ésta es una función cuadrática homogénea de los componentes de la deformación.

La función  $W$  posee diferentes coeficientes que le permiten expresarse como una función cuadrática de las componentes de la deformación. Estos coeficientes son las constantes elásticas, y existen discrepancias en la determinación de ellas, dependiendo del método usado en el laboratorio.

De acuerdo a la ley generalizada de Hooke, las seis componentes de esfuerzo en cualquier punto de un cuerpo sólido elástico están conectadas con las seis componentes de deformación en un punto por ecuaciones de la forma:

$$\begin{pmatrix} X_x \\ Y_y \\ Z_z \\ Y_z \\ Z_x \\ X_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{11}e_{xx} + c_{12}e_{yy} + c_{13}e_{zz} + c_{14}e_{yz} + c_{15}e_{zx} + c_{16}e_{xy} \\ c_{21}e_{xx} + c_{22}e_{yy} + c_{23}e_{zz} + c_{24}e_{yz} + c_{25}e_{zx} + c_{26}e_{xy} \\ c_{31}e_{xx} + c_{32}e_{yy} + c_{33}e_{zz} + c_{34}e_{yz} + c_{35}e_{zx} + c_{36}e_{xy} \\ c_{41}e_{xx} + c_{42}e_{yy} + c_{43}e_{zz} + c_{44}e_{yz} + c_{45}e_{zx} + c_{46}e_{xy} \\ c_{51}e_{xx} + c_{52}e_{yy} + c_{53}e_{zz} + c_{54}e_{yz} + c_{55}e_{zx} + c_{56}e_{xy} \\ c_{61}e_{xx} + c_{62}e_{yy} + c_{63}e_{zz} + c_{64}e_{yz} + c_{65}e_{zx} + c_{66}e_{xy} \end{pmatrix}$$

Los coeficientes en esas ecuaciones,  $c_{11}, \dots$ , son las constantes elásticas del material.

Ellas son los coeficientes de una función cuadrática homogénea  $2W$ , donde  $W$  es la función de energía de deformación; y ellas se relacionan de tal manera que aseguren la existencia de dicha función. Esas relaciones son de la forma:

$$c_{rs} = c_{sr} \quad , \quad (r, s = 1, 2, \dots, 6),$$

Y el número de constantes es reducido por esas ecuaciones de 36 a 21.

Nosotros escribimos para  $2W$  en la forma:



$$\begin{aligned}
2W = & c_{11}e_{xx}^2 + 2c_{12}e_{xx}e_{yy} + 2c_{13}e_{xx}e_{zz} + 2c_{14}e_{xx}e_{yz} + 2c_{15}e_{xx}e_{zx} + 2c_{16}e_{xx}e_{xy} \\
& + c_{22}e_{yy}^2 + 2c_{23}e_{yy}e_{zz} + 2c_{24}e_{yy}e_{yz} + 2c_{25}e_{yy}e_{zx} + 2c_{26}e_{yy}e_{xy} \\
& + c_{33}e_{zz}^2 + 2c_{34}e_{zz}e_{yz} + 2c_{35}e_{zz}e_{zx} + 2c_{36}e_{zz}e_{xy} \\
& + c_{44}e_{yz}^2 + 2c_{45}e_{yz}e_{zx} + 2c_{46}e_{yz}e_{xy} \\
& + c_{55}e_{zx}^2 + 2c_{56}e_{zx}e_{xy} \\
& + c_{66}e_{xy}^2
\end{aligned}$$

La teoría de la elasticidad ha sido algunas veces basada en hipótesis consistentes a la constitución de la materia, de acuerdo a las cuales son consideradas como hechas de materia en todos los puntos, y esos puntos se supone que actúan sobre otros a una determinada distancia, la ley de fuerza que establece que la fuerza entre dos puntos es función de la distancia entre los puntos y actúa en la línea que los une. Es una consecuencia de esta hipótesis que los coeficientes en la función  $W$  son conectados por seis relaciones adicionales, de donde su número es reducido a 15. Estas relaciones son:

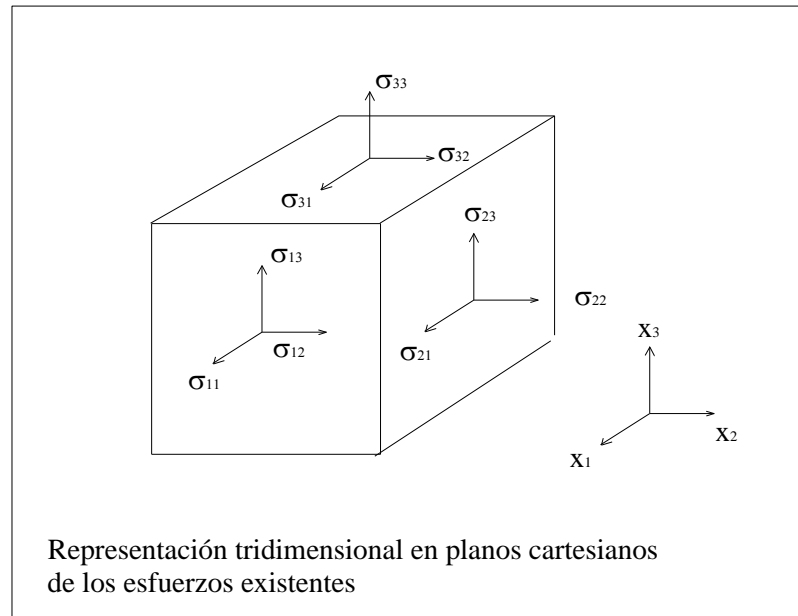
$$\left. \begin{aligned}
c_{23} = c_{44}, \quad c_{31} = c_{55}, \quad c_{12} = c_{66} \\
c_{14} = c_{56}, \quad c_{25} = c_{46}, \quad c_{45} = c_{36}
\end{aligned} \right\}$$

## 5.5. DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS EN UN CUERPO

Si nosotros deseamos conocer el estado de esfuerzos en un cuerpo (ver figura 11) para el cual, cargas dadas son aplicadas, sea como fuerzas de cuerpo o como tracciones de superficie, se tiene que resolver las ecuaciones de equilibrio de esfuerzos, tales como:

$$\left. \begin{aligned}
\frac{\partial X_x}{\partial x} + \frac{\partial X_y}{\partial y} + \frac{\partial X_z}{\partial z} + \rho X &= \rho f_x \\
\frac{\partial Y_x}{\partial x} + \frac{\partial Y_y}{\partial y} + \frac{\partial Y_z}{\partial z} + \rho Y &= \rho f_y \\
\frac{\partial Z_x}{\partial x} + \frac{\partial Z_y}{\partial y} + \frac{\partial Z_z}{\partial z} + \rho Z &= \rho f_z
\end{aligned} \right\}$$

Figura 11 - Esfuerzos aplicados en un cuerpo



Fuente: Monitoreo vibratorio de viviendas colindantes a la planta de Unacem – Villa Maria de Triunfo - Lima

Si el cuerpo está fijo en equilibrio,  $f_x$ ,  $f_y$ ,  $f_z$  son cero, las ecuaciones de equilibrio son:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial X_x}{\partial x} + \frac{\partial X_y}{\partial y} + \frac{\partial Z_x}{\partial z} + \rho X &= 0_x \\ \frac{\partial X_y}{\partial x} + \frac{\partial Y_y}{\partial y} + \frac{\partial Y_z}{\partial z} + \rho Y &= 0 \\ \frac{\partial Z_x}{\partial x} + \frac{\partial Y_z}{\partial y} + \frac{\partial Z_z}{\partial z} + \rho Z &= 0 \end{aligned} \right\}$$

Donde  $Y_z, Z_x, X_y$  ha sido escrito por el equivalente  $Z_y, X_z, Y_x$ .

Si el cuerpo se mueve tal que el desplazamiento ( $u, v, w$ ) de cualquier partícula es siempre muy pequeño, se puede escribir como:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \frac{\partial^2 v}{\partial t^2}, \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}$$

En vez de  $f_x, f_y, f_z$ , el tiempo denotado por  $t$ , las ecuaciones para movimientos pequeños son

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial X_x}{\partial x} + \frac{\partial X_y}{\partial y} + \frac{\partial Z_x}{\partial z} + \rho X &= \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ \frac{\partial X_y}{\partial x} + \frac{\partial Y_y}{\partial y} + \frac{\partial Y_z}{\partial z} + \rho Y &= \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \\ \frac{\partial Z_x}{\partial x} + \frac{\partial Y_z}{\partial y} + \frac{\partial Z_z}{\partial z} + \rho Z &= \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \end{aligned} \right\}$$

## 5.6. LIMITACIONES DE LA TEORÍA MATEMÁTICA DE LA ELASTICIDAD.

La teoría está desarrollada para cuerpos deformados gradualmente a una temperatura constante, desde un estado inicial de no esfuerzo a un estado final de esfuerzo tan pequeño respecto al estado no esforzado, que los cuadrados y productos de los desplazamientos son despreciables según lo establece la Ley de Hooke (ver ecuación 5.3). Es conocido que muchos materiales usados en estructuras de ingeniería como el acero, piedra, cemento, no obedecen la Ley de Hooke para alguna deformación más grande que alguna observada. Se sabe también que aquellos materiales que no obedecen la ley para medidas de deformación pequeñas no la obedecen para grandes (Peña Haro, V., 2014).

La restricción de la teoría para condiciones en las cuales las deformaciones desaparecen una vez retiradas las cargas, es usualmente expresada diciendo que el cuerpo debe estar deformado dentro de los límites de la "elasticidad perfecta". La restricción para condiciones en las cuales la deformación medida es proporcional a la carga es algunas veces expresada diciendo que el cuerpo debe

estar deformado dentro de los límites de la “elasticidad lineal”. La expresión “límite de elasticidad” es usada algunas veces en alguna de estas expresiones y algunas en otras, y los límites son algunas veces especificados como de un “esfuerzo” o una “tracción”, por una carga por unidad de área, y algunas veces por una deformación medida.

El establecimiento de que las deformaciones desaparecen después de aplicada la carga, es absolutamente necesario para las hipótesis de esta teoría matemática; pero es conocido que los límites de deformación, o de carga, en las cuales esta condición permanece correcta son relativamente cercanos.

## CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DINÁMICO

Se ha establecido la teoría necesaria para realizar el análisis elástico y estático de una estructura. Se presenta a continuación la teoría necesaria para realizar un análisis elástico y dinámico, mostrando las ecuaciones que gobiernan este comportamiento (Peña Haro, V., 2014).

### 6.1. TEOREMAS GENERALES

#### 6.1.1. Ecuación variacional del movimiento

Desde que la función de energía y deformación  $W$  existe (véase Ítem 5.4), se puede deducir la ecuación de movimiento desde el principio de Hamilton. Para la expresión de este principio, sea  $T$  la energía cinética total de un cuerpo, y sea  $V$  la energía potencial de deformación, tal que  $V$  es el volumen integral de  $W$ . Por reglas de Cálculo de Variaciones, consideremos la variación de la integral  $\int (T - V) dt$ , tomada entre los valores iniciales y final  $t_0$  y  $t_1$  para  $t$ . Dentro de la integral se asumirá que solamente los desplazamientos están sujetos a variación, y que sus valores en los instantes inicial y final son conocidos. Se denota la variación así formada por:

$$\delta \int (T - V) dt$$

Se denota por  $\delta W_1$  al trabajo realizado por las fuerzas externas cuando el desplazamiento es variado. Entonces el principio es expresado por la ecuación:

$$\delta \int (T - V) dt + \int \delta W_1 dt = 0 \quad \dots\dots\dots(6.1)$$

Se debe obtener la variación de  $\int T dt$ . Así se obtiene:

$$T = \iiint \frac{1}{2} \rho \left\{ \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial t} \right)^2 \right\} dx dy dz$$

y de aquí:

$$\begin{aligned} \delta \int T dt &= \int dt \iiint \rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} \frac{\partial \delta u}{\partial t} + \dots + \dots \right) dx dy dz \\ \delta \int T dt &= \int_{t_0}^{t_1} \iiint \rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} \delta u + \frac{\partial v}{\partial t} \delta v + \frac{\partial w}{\partial t} \delta w \right) dx dy dz \\ &- \int dt \iiint \rho \left( \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \delta u + \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \delta v + \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \delta w \right) dx dy dz \dots(6.2) \end{aligned}$$

Aquí  $t_0$  y  $t_1$  son los valores inicial y final de  $t$ , y  $\delta u, \dots$  desaparecen para esos valores. El primer término debe ser omitido; y la ecuación (6.1) es entonces transformada en una ecuación variacional del movimiento. Además,  $\delta V$  es  $\iiint \delta W dx dy dz$ , y  $\delta W_1$  está dado por la ecuación:

$$\delta W_1 = \iiint \rho (X \delta u + Y \delta v + Z \delta w) dx dy dz + \iint (X_v \delta u + Y_v \delta v + Z_v \delta w) dS.$$

De aquí la ecuación variacional del movimiento es de la forma:

$$\iiint \left\{ \rho \left( \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \delta u + \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \delta v + \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \delta w \right) + \delta W \right\} dx dy dz$$

$$- \iint \rho (X \delta u + Y \delta v + Z \delta w) dx dy dz - \iint (X_v \delta u + Y_v \delta v + Z_v \delta w) dS = 0 \dots (6.3)$$

Además, la variación de la función de energía de deformación es:

$$\delta W = \frac{\partial W}{\partial e_{xx}} \delta e_{xx} + \frac{\partial W}{\partial e_{yy}} \delta e_{yy} + \dots + \frac{\partial W}{\partial e_{xy}} \delta e_{xy},$$

Donde, por ejemplo,  $\delta e_{xx} = \delta \delta u / \partial x$ . De aquí  $\iiint \delta W dx dy dz$  debe ser transformada por integración por partes, en la suma de una integral de superficie y una integral de volumen. Así se obtiene:

$$\iiint \delta W dx dy dz = \iint \left[ \left\{ \frac{\partial W}{\partial e_{xx}} \cos(x, \nu) + \frac{\partial W}{\partial e_{xy}} \cos(y, \nu) + \frac{\partial W}{\partial e_{zx}} \cos(z, \nu) \right\} \delta u \right. \\ \left. + \dots + \dots \right] dS$$

$$- \iiint \left[ \left( \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial e_{xx}} + \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial W}{\partial e_{xy}} + \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial e_{zx}} \right) \delta u + \dots + \dots \right] dx dy dz \dots (6.4)$$

Los coeficientes de las variaciones  $\delta u, \dots$  entre los signos de integración de volumen e integración de superficie en la ecuación (6.3), cuando se transforma en la ecuación (6.4), producen tres ecuaciones diferenciales de movimiento que se cumplen en todos los puntos del cuerpo de volumen  $V$ , y tres condiciones de borde. Las ecuaciones de movimiento son del tipo:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \rho X + \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial e_{xx}} + \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial W}{\partial e_{xy}} + \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial e_{zx}} \dots (6.5)$$

$$\rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = \rho Y + \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial e_{xy}} + \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial W}{\partial e_{yy}} + \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial e_{yz}} \dots (6.6)$$

$$\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = \rho Z + \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial e_{zx}} + \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial W}{\partial e_{yz}} + \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial e_{zz}} \dots (6.7)$$

Y las condiciones de borde son del tipo:

$$\frac{\partial W}{\partial e_{xx}} \cos(x, \nu) + \frac{\partial W}{\partial e_{xy}} \cos(y, \nu) + \frac{\partial W}{\partial e_{zx}} \cos(z, \nu) = X_\nu \dots (6.8)$$

$$\frac{\partial W}{\partial e_{xy}} \cos(x, \nu) + \frac{\partial W}{\partial e_{yy}} \cos(y, \nu) + \frac{\partial W}{\partial e_{yz}} \cos(z, \nu) = Y_\nu \dots (6.9)$$

$$\frac{\partial W}{\partial e_{zx}} \cos(x, \nu) + \frac{\partial W}{\partial e_{yz}} \cos(y, \nu) + \frac{\partial W}{\partial e_{zz}} \cos(z, \nu) = Z_\nu \dots (6.10)$$

### 6.1.2. Problema general de equilibrio

Se busca determinar el estado de esfuerzo y deformación en un cuerpo de forma dada, el cual está sujeto a fuerzas de cuerpo y fuerzas de superficie. Para esto se tiene que expresar las ecuaciones del tipo

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \rho X + \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial e_{xx}} + \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial W}{\partial e_{xy}} + \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial e_{zx}} \dots (6.11)$$

$$\rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = \rho Y + \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial e_{xy}} + \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial W}{\partial e_{yy}} + \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial e_{yz}} \dots (6.12)$$

$$\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = \rho Z + \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial e_{zx}} + \frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial W}{\partial e_{yz}} + \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial e_{zz}} \dots (6.13)$$



Como un sistema de ecuaciones para determinar las componentes del desplazamiento  $u$ ,  $v$ ,  $w$ ; y la solución debe ser adaptada para satisfacer ciertas condiciones en la superficie  $S$  del cuerpo. En general esas condiciones son: (a) los desplazamientos están dados en todos los puntos de  $S$ , o (b) las fuerzas de superficie están dadas en todos los puntos de  $S$ . En el caso (a), las cantidades  $u$ ,  $v$ ,  $w$  han dado valores a  $S$ ; en el caso (b) las cantidades del tipo:

$$\frac{\partial W}{\partial e_{xx}} \cos(x, \nu) + \frac{\partial W}{\partial e_{xy}} \cos(y, \nu) + \frac{\partial W}{\partial e_{zx}} \cos(z, \nu) = X_\nu \dots (6.14)$$

han dado valores a  $S$ . Es claro que, si cualquier desplazamiento ha sido encontrado, el cual satisface la ecuación del tipo (6.7), y produce los valores prescritos por las fuerzas de superficie, un pequeño desplazamiento que sería posible en un cuerpo rígido debe ser superpuesto y las ecuaciones aún serán satisfechas; la deformación y los esfuerzos no son alterados por la superposición de este desplazamiento. Se sigue que, en el caso (b), la solución de la ecuación es indeterminada, en el sentido que un pequeño desplazamiento que debería ser posible en un cuerpo rígido, debe ser superpuesto sobre cualquier desplazamiento que satisface la ecuación.

### **6.1.3. Problema general de las vibraciones**

Cuando un cuerpo sólido está sujeto a un estado de deformación, y las fuerzas que mantienen la deformación cesan de actuar, movimientos relativos internos se generan. Tales movimientos pueden tal vez ser por la acción de fuerzas que varían con el tiempo. Este último caso puede ser descrito como un movimiento forzado. En problemas de movimiento forzado, las condiciones en la superficie deben ser condiciones de desplazamiento o condiciones de fuerzas. Cuando no hay fuerzas, y la superficie del cuerpo está libre de fuerzas, los movimientos que

puede tomar el cuerpo son vibraciones libres. Ellas son determinadas resolviendo las ecuaciones del tipo:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial W}{\partial e_{xx}} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial W}{\partial e_{xy}} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{\partial W}{\partial e_{zx}} \right) = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \dots (6.15)$$

y una forma adaptada para satisfacer las condiciones del tipo:

$$\cos(x, \nu) \frac{\partial W}{\partial e_{xx}} + \cos(y, \nu) \frac{\partial W}{\partial e_{xy}} + \cos(z, \nu) \frac{\partial W}{\partial e_{zx}} = 0 \dots (6.16)$$

en la superficie del cuerpo. Hay un número infinito de modos de vibración, y se puede adaptar la solución de las ecuaciones para satisfacer las condiciones de desplazamiento y velocidad dadas en el estado inicial.

## 6.2. CONSIDERACIONES FINALES PARA REALIZAR UN ANÁLISIS DINÁMICO ELÁSTICO

En la teoría de las pequeñas oscilaciones de sistemas dinámicos con un número finito de grados de libertad, se demuestra que el más pequeño movimiento general de un sistema, el cual es ligeramente disturbado desde una posición de equilibrio estable, está capacitado de un número de pequeños movimientos periódicos dentro del respectivo análisis, que podrían ser ejecutados independientemente unos de otros. El número de esos tipos especiales de movimiento es igual al número de grados de libertad del sistema. Cada uno de ellos está caracterizado por las siguientes propiedades:

- (i) El movimiento de toda partícula del sistema es armónico simple.

- (ii) El período y fase del movimiento armónico simple son los mismos para todas las partículas.
- (iii) El desplazamiento de cualquier partícula desde su posición de equilibrio, estimada en cualquier posición, fija una razón definida para el desplazamiento de cualquier otra partícula.

Cuando el sistema está en movimiento en uno de los casos especiales, se dice que está oscilando en modo un principal o normal. Los movimientos consecuentes a cualquier disturbio pequeño pueden ser representados como el resultado de movimientos superpuestos en los diferentes modos normales. Cuando se generaliza esta teoría, para ser aplicada a sistemas con infinitos grados de libertad, se inicia por la búsqueda de los modos normales de vibración. Tomando  $p/2\pi$  para la frecuencia de un modo de vibración, se asume para el desplazamiento la fórmula:

$$u = u' \cos(pt + \varepsilon), \quad v = v' \cos(pt + \varepsilon), \quad w = w' \cos(pt + \varepsilon)$$

En el cual  $u'$ ,  $v'$ ,  $w'$  son funciones de  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , pero no de  $t$ , y  $p$  y  $\varepsilon$  son constantes. Las ecuaciones de movimiento que se deben cumplir son de la forma:

$$\frac{\partial X'_x}{\partial x} + \frac{\partial X'_y}{\partial y} + \frac{\partial X'_z}{\partial z} + \rho p^2 u' = 0,$$

y las condiciones de frontera, cuando la superficie está libre de esfuerzos es de la forma:

$$\cos(x, \nu) X'_x + \cos(y, \nu) X'_y + \cos(z, \nu) X'_z = 0,$$

Estas ecuaciones y condiciones de frontera son suficientes para determinar  $u'$ ,  $v'$ ,  $w'$  como funciones de  $x$ ,  $y$ ,  $z$  con un multiplicador arbitrario constante, y esas funciones también involucran a  $p$ . Las condiciones de frontera llevan a una

ecuación para  $p$ , en general trascendental y teniendo un infinito número de raíces. Esta ecuación es conocida como la ecuación de frecuencias. Se concluye que un cuerpo sólido elástico posee un número infinito de modos normales de vibración. Sea  $p_1, p_2, \dots$  las raíces de la ecuación de frecuencias, y los modos normales de vibración con período  $2\pi/p_r$  se expresan por las ecuaciones:

$$u = A_r u_r \cos(p_r t + \varepsilon_r), \quad v = A_r v_r \cos(p_r t + \varepsilon_r), \quad w = A_r w_r \cos(p_r t + \varepsilon_r)$$

en las cuales  $A_r$  es un multiplicador constante arbitrario. Las funciones  $u_r, v_r, w_r$  son llamadas funciones normales. El resultado de la superposición de movimientos en los diferentes modos normales sería un movimiento expresado por ecuaciones del tipo:

$$u = \sum u_r \phi_r, \quad v = \sum v_r \phi_r, \quad w = \sum w_r \phi_r$$

en las cuales  $\phi_r$  corresponde a la función  $A_r \cos(p_r t + \varepsilon_r)$ .

## CAPÍTULO VII: MATERIALES Y EQUIPOS USADOS

La instrumentación que se utiliza para medir las vibraciones de la roca inducidas por voladura, consta de los siguientes componentes (ver Foto 05):

- Transductores (geófonos o acelerómetros) que se instalan en forma solidaria a la roca.
- Un sistema de cable que llevan la señal captada por los transductores al equipo de monitoreo.
- Un equipo de adquisición, el cual recibe la señal y la guarda en la memoria.
- Un computador, el cual tiene el software requerido para el traspaso de la información desde el equipo monitor, y su posterior análisis.

Foto 05 - Equipos de Sismógrafos Instantel



Fuente: Elaboración propia

### **7.1. Tipo de Sensores (Transductores):**

Gran parte de las capacidades y ventajas de la técnica de monitoreo de vibraciones descansa en la habilidad para recolectar datos de vibración de buena calidad. La característica de estos datos tiene directa relación con el tipo de transductor utilizado, la técnica empleada para su instalación y orientación. Los dos tipos básicos de transductores usados para medir las vibraciones del terreno son el acelerómetro y el geófono. En la práctica, la selección de los transductores es un compromiso entre la precisión, el costo y la relación señal ruido.

### **7.2. Instalación de Sensores:**

La cantidad de información utilizable de cada registro de vibraciones depende de la ubicación y orientación de los transductores. La forma de la onda recibida es función de lo siguiente:

- Propiedades y cantidad de explosivo.
- Configuración geométrica de la fuente y detector.
- Orientación del detector.
- Propiedades del transductor.
- Propiedades de la roca (ejemplo. Velocidad de la onda-p).

### **7.3. Numero de Sensores (Transductores):**

El número de transductores usados depende de la cantidad de información requerida. Si el interés principal es confirmar la detonación e cada carga (o grupo de carga en cada retardo), o la medición de la dispersión de los retardos, entonces se requerirá solo un transductor y su localización no será muy crítica. Si se desea examinar la contribución de carga de la voladura, o si el interés es conocer la

forma de la onda por cada componente, La fuente generadora de cada vibración debe ser conocida. Se requiere para esto una cuidadosa ubicación y selección del número de transductores a utilizar.

#### **7.4. Modo de Funcionamiento de los Geófonos Instantel Usados:**

##### **Características Generales**

- Su unidad de medida es el Volt/mm/s
- Entregan una medición directa de la velocidad
- Miden bien en el rango de 1mm/s hasta 1200mm/s
- Su respuesta a la frecuencia varía entre 4.5 a 1000 Hz
- La sensibilidad varía entre 0.003Volts/[mm/s] a 0.041Volts/[mm/s]
- Bajo costo (aprox. US\$ 100).

Los equipos con los que se realizaron las mediciones fueron los sismógrafos Instantel los cuales cuentan con geófonos para sus mediciones por lo que revisaremos los geófonos.

Esta sección describe cómo operan el transductor de Instantel. También discute el programa de Chequeo de Sensor de Instantel, el filtro anti-alias, y las técnicas de análisis de información usadas para calcular los resultados del monitoreo (ver Foto 06).

##### **a) Transductor:**

Un transductor mide las vibraciones del suelo. El mecanismo actual dentro del transductor es llamado geófono. Los transductores tienen un geófono, llamado transductor uniaxial, o tres geófonos, llamados transductores estándar.

**b) Operación Geófono:**

Funcionalmente un sensor de geófono es un carrete de alambre suspendido alrededor de un magneto. El magneto es libre de moverse en un terreno de líneas de flujo magnéticos. Por la Ley de Lenz, el voltaje inducido es proporcional a la velocidad a la cual las líneas de flujo son atravesadas. El voltaje de carrete inducido, por lo tanto, es proporcional a la velocidad relativa del carrete al magneto. En la práctica, no importa si el carrete o el magneto se mueven. Solo es importante el movimiento y la velocidad relativa a cada uno de ellos.

Foto 06 - Instalación de sismógrafo en estación poblado Virgen de Lourdes



Fuente: Elaboración propia



## CAPÍTULO VIII: MODELACIÓN MATEMÁTICA

Para realizar la toma de datos se realizaron visitas a la zona en estudio pudiendo identificarse que la mayoría de viviendas están construidas con dos tipos de materiales estructurales: Albañilería y Concreto.

A continuación se muestra imágenes de los tipos de edificaciones predominantes de la zona:

Foto 07 Vista Jr. Casma, Poblado Virgen de Lourdes



Fuente: Elaboración propia

Foto 08 Vista Jr. Chuquibamba, Poblado Virgen de Lourdes



Fuente: Elaboración propia

Foto 09 Vista Zona Comercial, Poblado Virgen de Lourdes

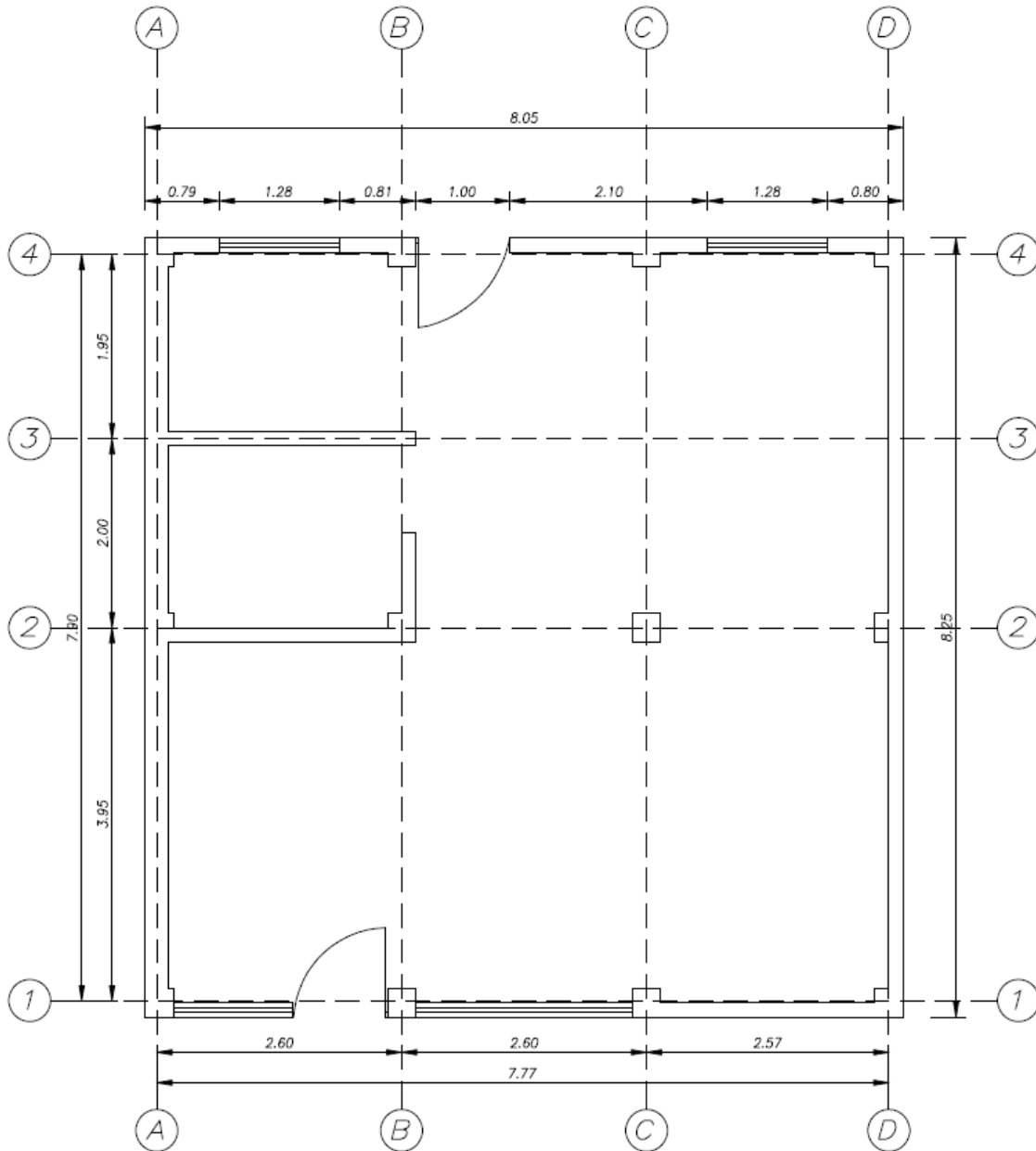


Fuente: Elaboración propia

A continuación basándonos en la normativa sismo resistente E30 del Perú y mediante el software VISUAL FEA y con la finalidad de analizar los desplazamientos vibratorios se realizara el análisis tiempo historia en una vivienda típica de un solo piso del poblado Virgen de Lourdes.

Se considero la siguiente distribución arquitectónica típica en la zona:

Fig. 12 - Planta de vivienda analizada

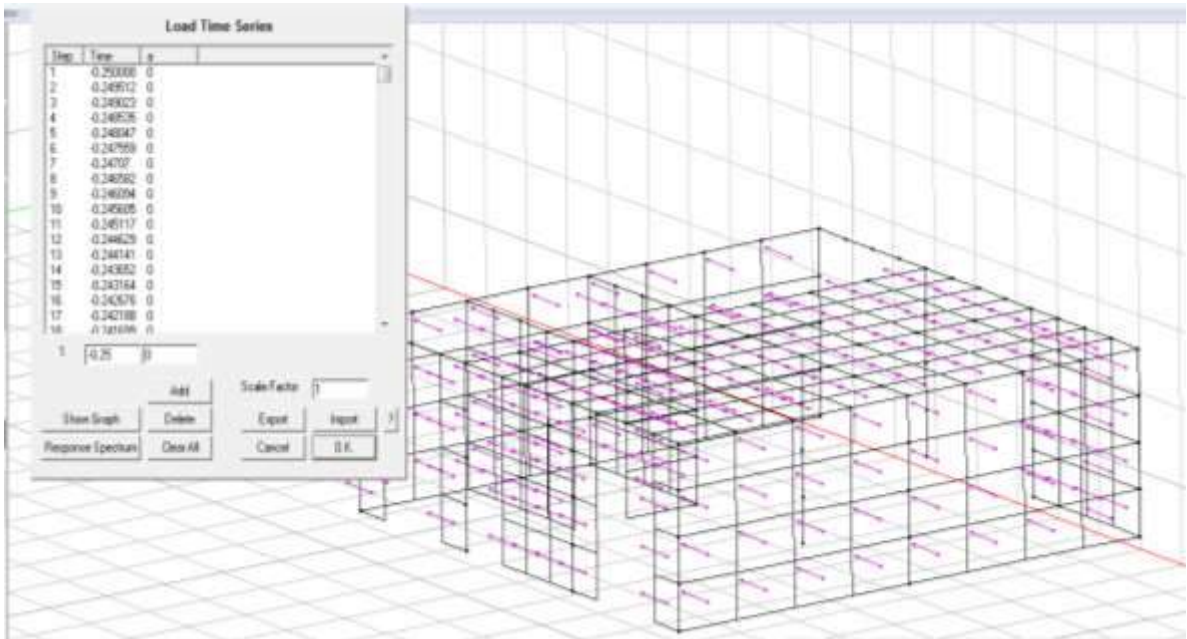


VIRGEN DE LOURDES  
Escala 1/50

Fuente: Elaboración propia

Sobre la estructura se aplica los datos tiempo aceleración resultado del monitoreo realizado a las voladuras, según se aprecia en la figura 13.

Fig. 13 - Datos del monitoreo vibratorio aplicándose a la estructura



Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se obtiene el acelerograma (ver Fig. 14)

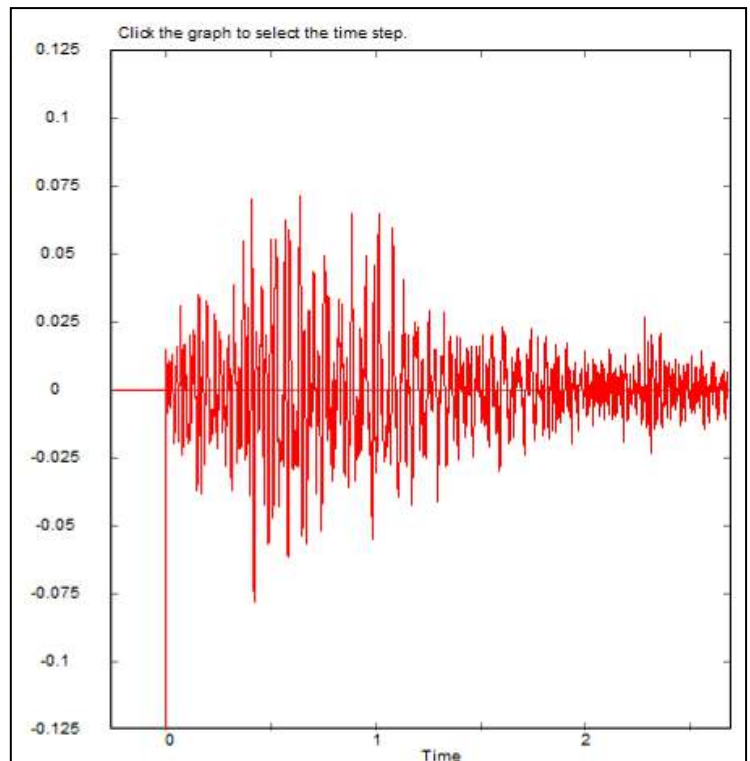
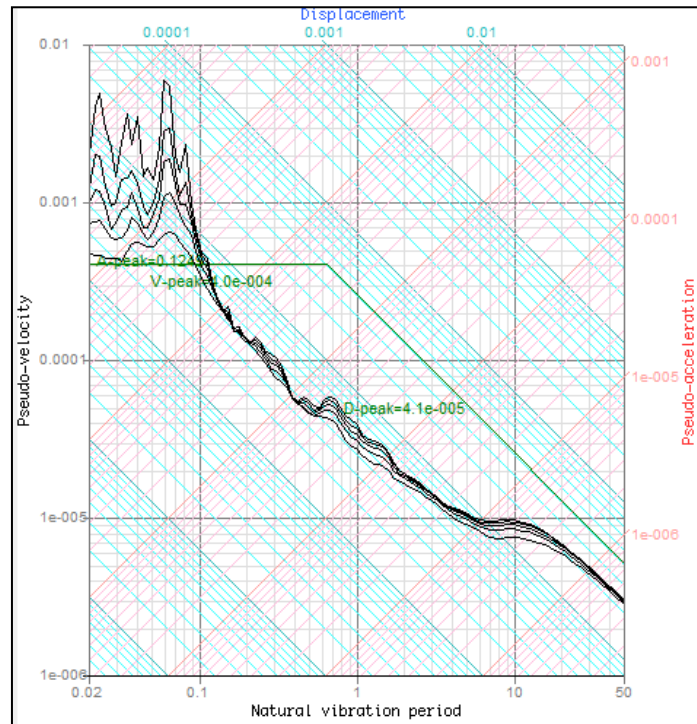


Fig. 14 - Acelerograma  
Fuente: Elaboración propia

y el espectro de respuesta del cual se obtiene la aceleración espectral “Sa” (ver Fig. 15).

Fig. 15 – Espectro Respuesta  
Fuente: Elaboración propia



Con ello se determina el Factor de escala que es la relación entre la aceleración espectral del microsismo entre aceleración espectral obtenido del RNE E030.

Para el cálculo de la aceleración espectral según la Norma de Diseño Sismorresistente E030 se trabajó con los siguientes valores

Z= 0.45  
U= 1.00  
C= 2.5  
S= 1.05  
R=6  
g=9.8 m/s<sup>2</sup>

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \cdot g$$

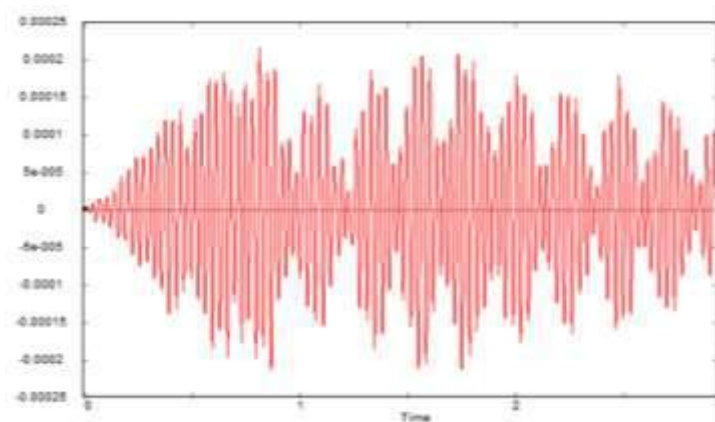
Obteniendo el valor de:  
Sa= 2.5751

A partir de allí se calculo el factor escala para cada estación de monitoreo vibratorio.

De lo anterior:

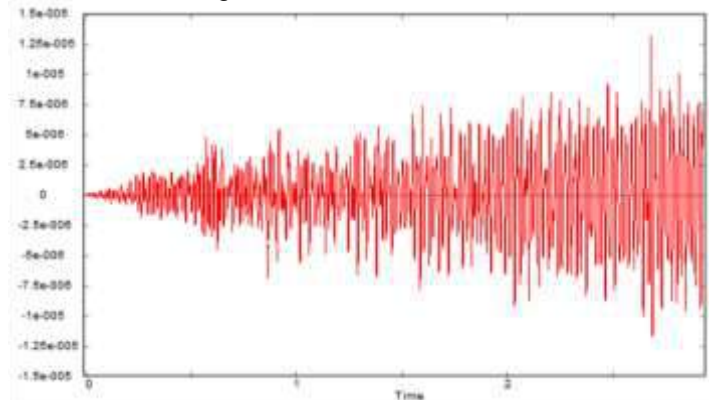
Con el Análisis Tiempo-Historia, obtenemos el gráfico de desplazamientos en el tiempo del cual obtendremos los desplazamientos máximos tanto en la dirección X como en la dirección Y (ver Fig. 16 y Fig. 17).

Fig. 16– Resultado obtenido  $\Delta X$



Fuente: Elaboración Propia

Fig. 17 – Resultado obtenido  $\Delta Y$



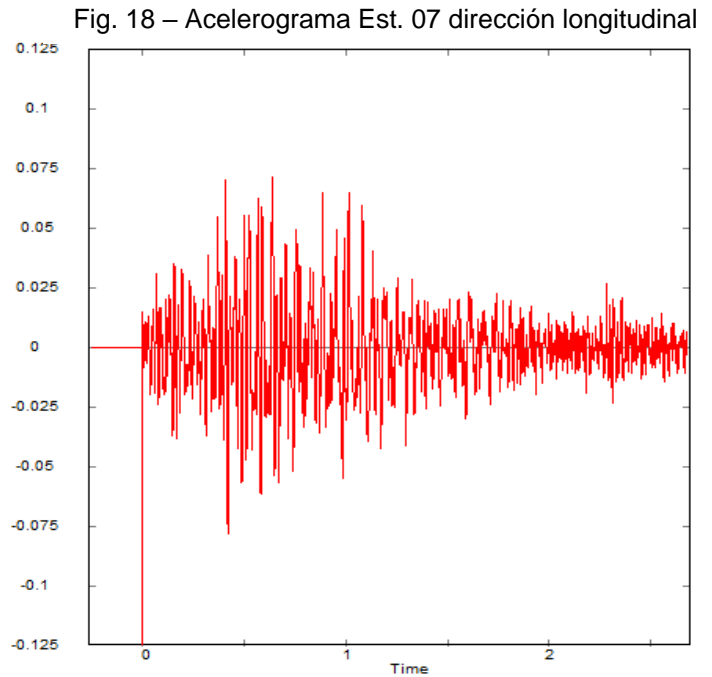
Fuente: Elaboración Propia

A continuación se muestran los resultados obtenidos en cada estación, producto de la evaluación realizada en el software VISUAL FEA con los resultados del monitoreo vibratorio de viviendas colindantes del poblado Virgen de Lourdes a la planta UNACEM, pudiendo con ello ver el comportamiento de la estructura y realizando el análisis de desplazamientos.

## ESTACIÓN 07: DIRECCIÓN LONGITUDINAL

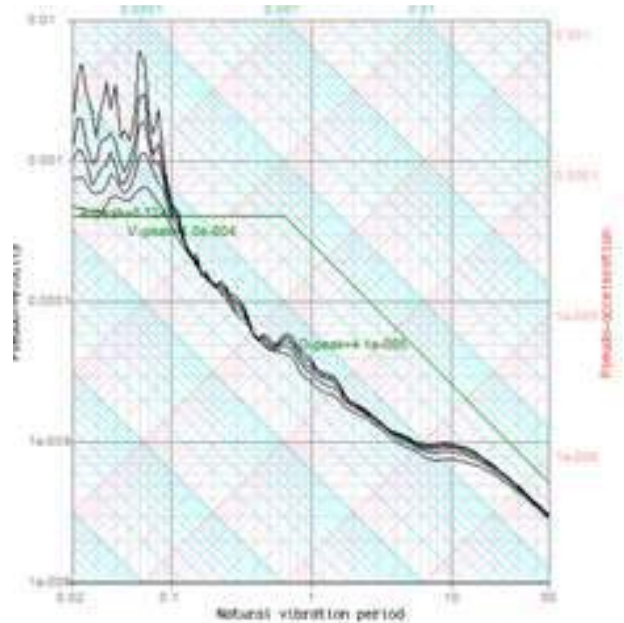
En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 18) y espectro de respuesta (fig. 19).

### 1) ACELEROGRAMA



Fuente: Elaboración Propia

Fig. 19 – Espectro de respuesta Est. 07 dirección longitudinal



Fuente: Elaboración Propia

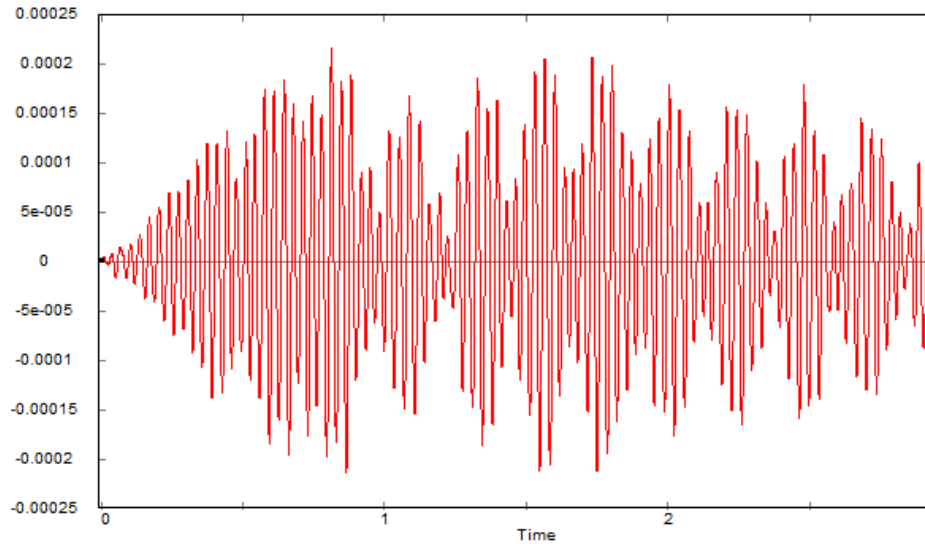
### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA ( $S_a = 0.1249 \text{ m/s}^2$ )

### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección X como en Y para la Estación 07 Dirección Longitudinal (véase figuras 20 y 21).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

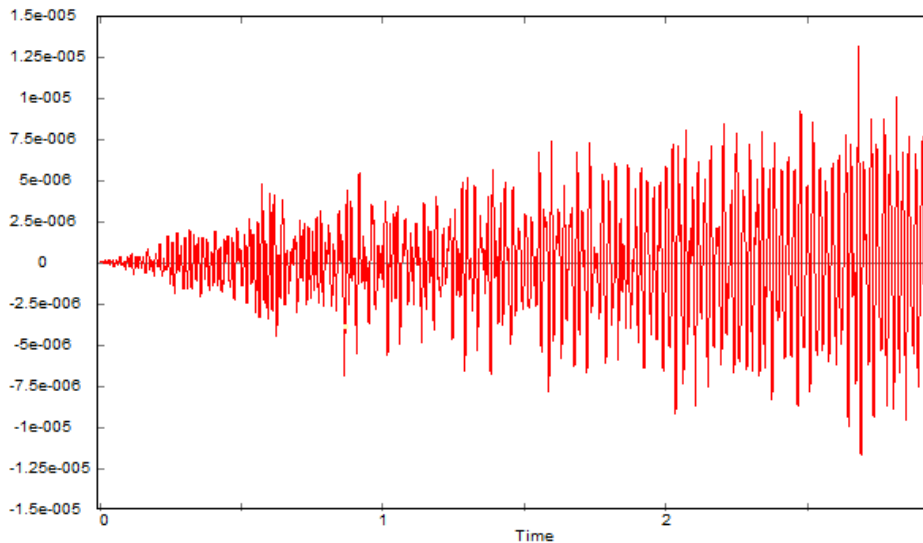
Fig. 20 – Desplazamientos en “X” E07 Longitudinal:  $\Delta X$  máx.=  $2.86 \times 10^{-4}$  m;  $\Delta X$  min=  $| 2.83 \times 10^{-4} |$  m<sup>3</sup>



Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

Fig. 21 – Desplazamientos en “Y” E07 Longitudinal:  $\Delta Y$  máx.=  $1.73 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $| 1.55 \times 10^{-5} |$  m



Fuente: Elaboración Propia

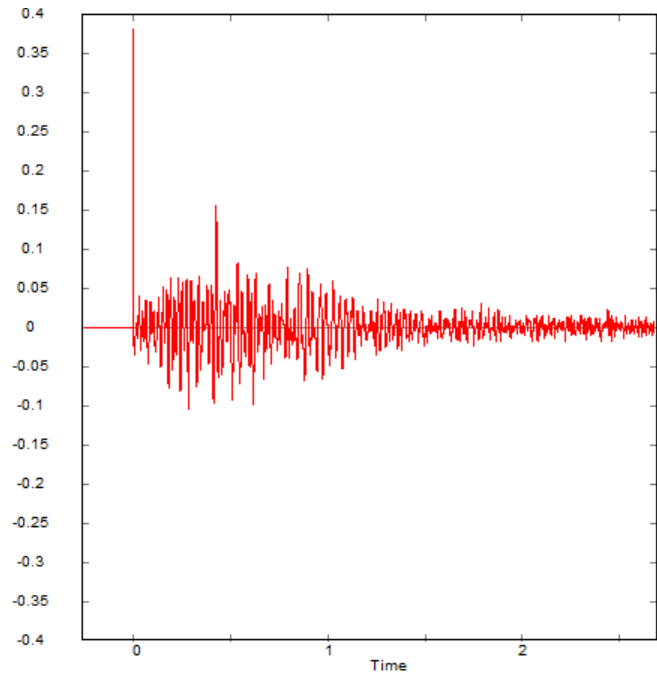


## ESTACIÓN 07: DIRECCIÓN TRANSVERSAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 22) y espectro de respuesta (fig. 23).

### 1) ACELEROGRAMA

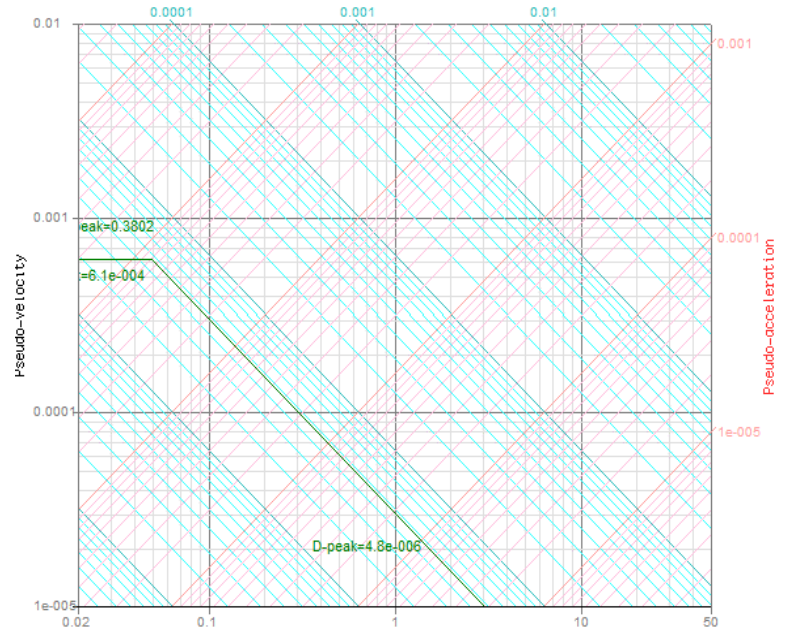
Fig. 22 – Acelerograma Est. 07 dirección transversal



Fuente: Elaboración Propia

### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA ( $S_a = 0.3802 \text{ m/s}^2$ )

Fig. 23 – Espectro de respuesta Est. 07 dirección transversal



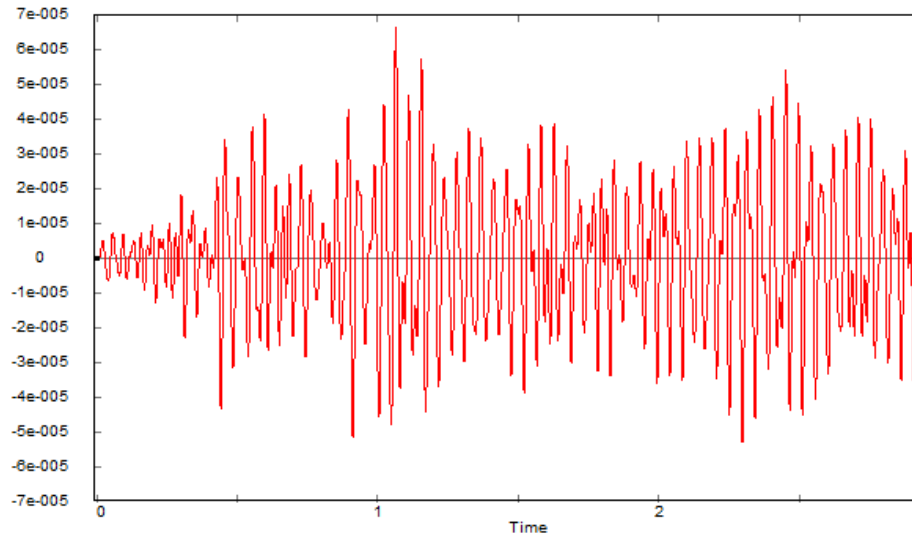
Fuente: Elaboración Propia

### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección X como en Y para la Estación 07 Dirección Transversal (véase figuras 24 y 25).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

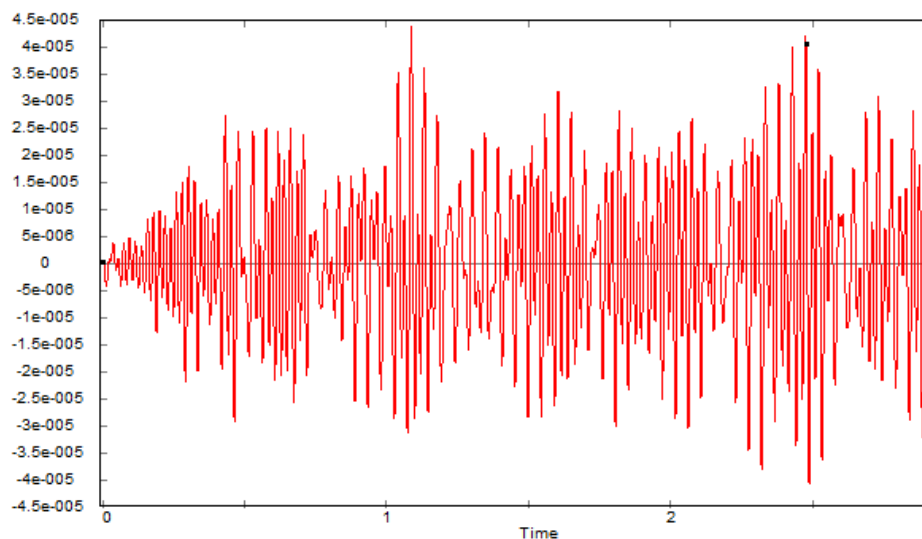
Fig. 24 – Desplazamientos en “X” E07 Transversal:  $\Delta X$  máx.=  $6.62 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $|-5.29 \times 10^{-5}|$  m



Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

Fig. 25 – Desplazamientos en “Y” E07 Transversal:  $\Delta Y$  máx.=  $4.34 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|-4.08 \times 10^{-5}|$  m



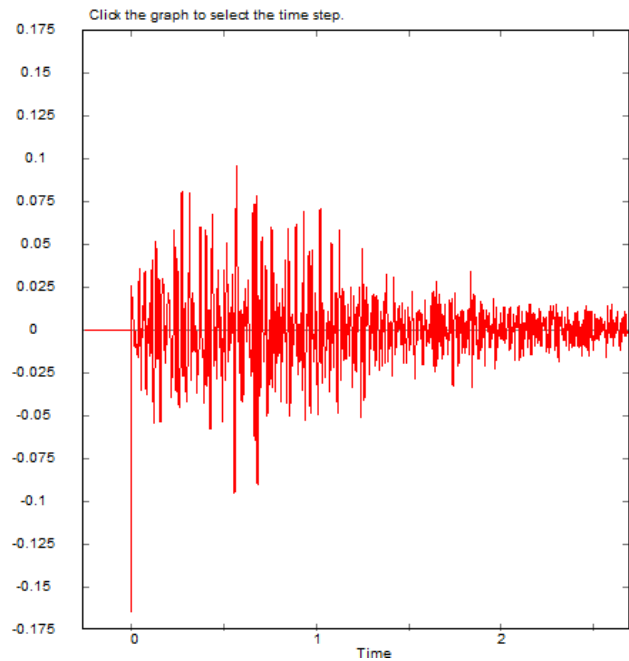
Fuente: Elaboración Propia

## ESTACIÓN 07: DIRECCIÓN VERTICAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 26) y espectro de respuesta (fig. 27).

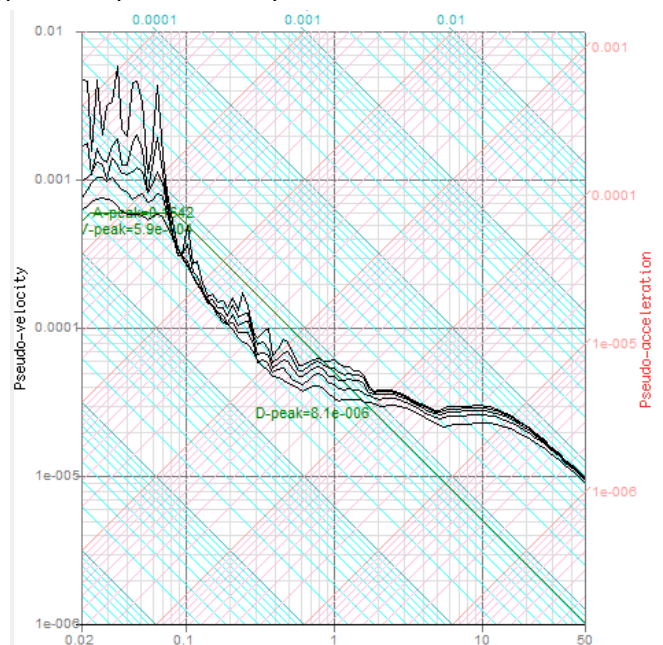
### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 26 – Acelerograma Est. 07 dirección vertical



Fuente: Elaboración Propia

Fig. 27 – Espectro de respuesta Est. 07 dirección vertical



Fuente: Elaboración Propia

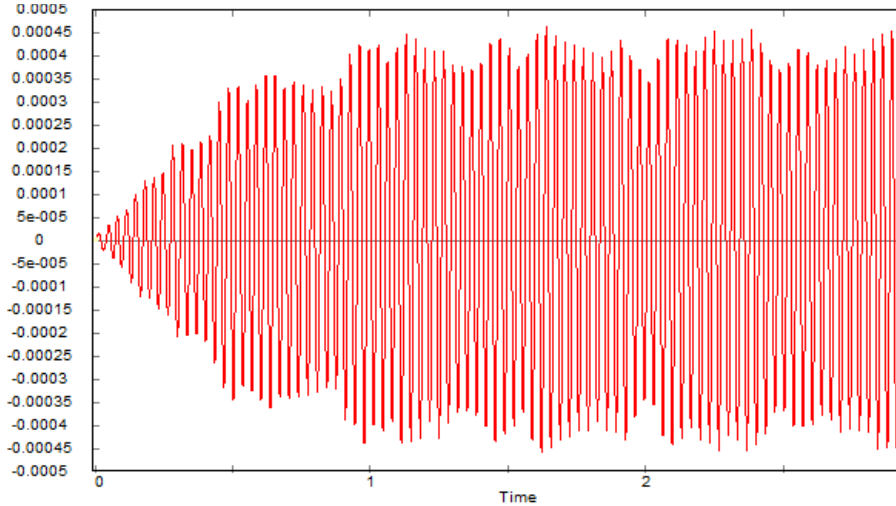
### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA ( $S_a = 0.1642 \text{ m/s}^2$ )

### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección X como en Y para la Estación 07 Dirección Vertical (véase figuras 28 y 29).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

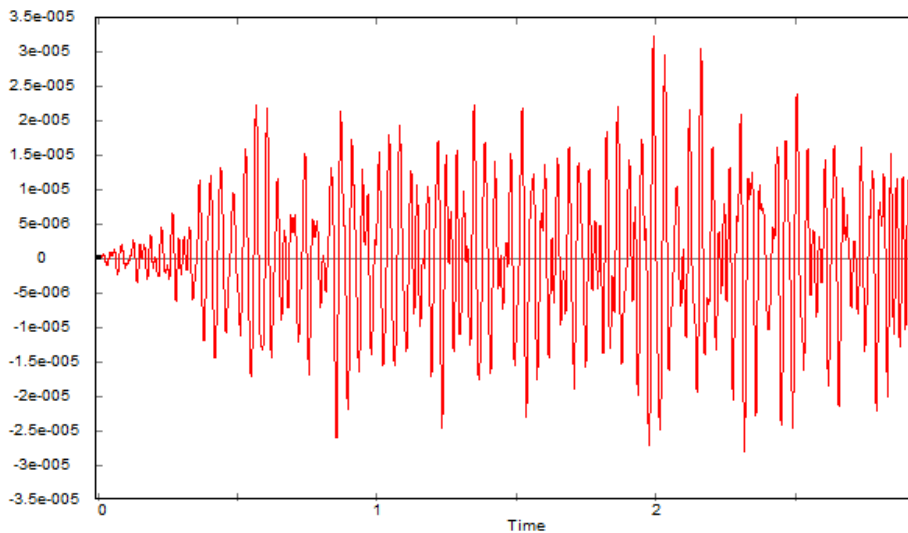
Fig. 28 – Desplazamientos en “X” E07 Vertical:  $\Delta X$  máx.=  $4.48 \times 10^{-4}$  m;  $\Delta X$  min=  $4.59 \times 10^{-4}$  | m



Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

Fig. 29 – Desplazamientos en “Y” E07 Vertical:  $\Delta Y$  máx.=  $3.21 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $2.80 \times 10^{-5}$  | m

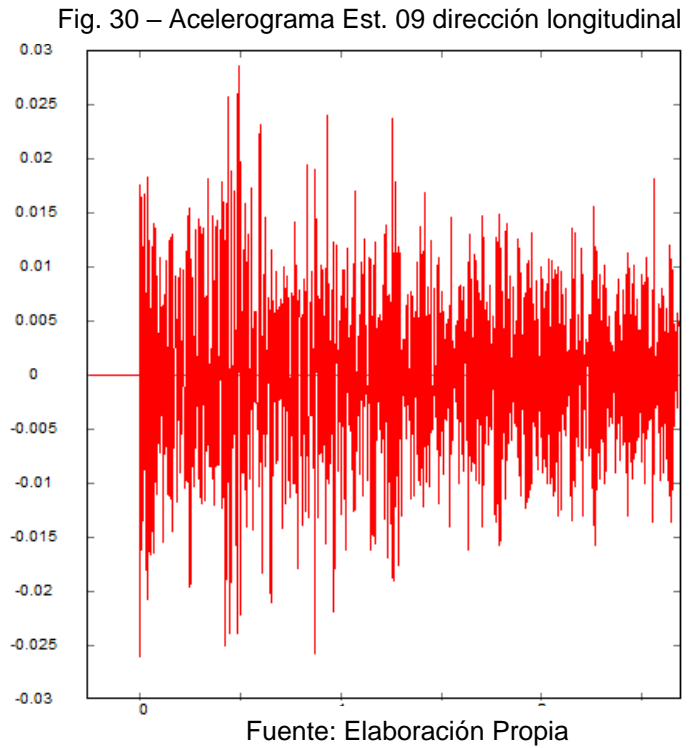


Fuente: Elaboración Propia

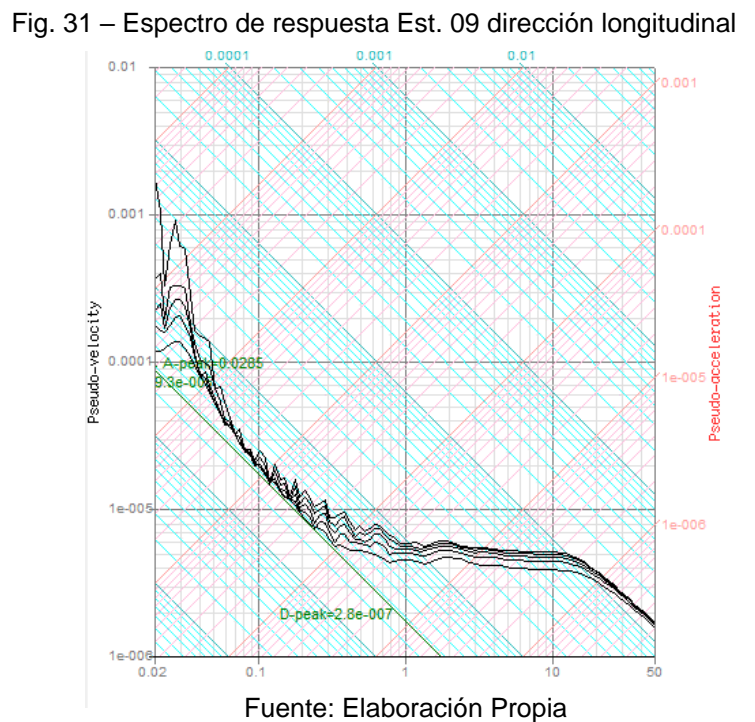
## ESTACIÓN 09: DIRECCIÓN LONGITUDINAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 30) y espectro de respuesta (fig. 31).

### 1) ACELEROGRAMA



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA ( $S_a = 0.0285 \text{ m/s}^2$ )

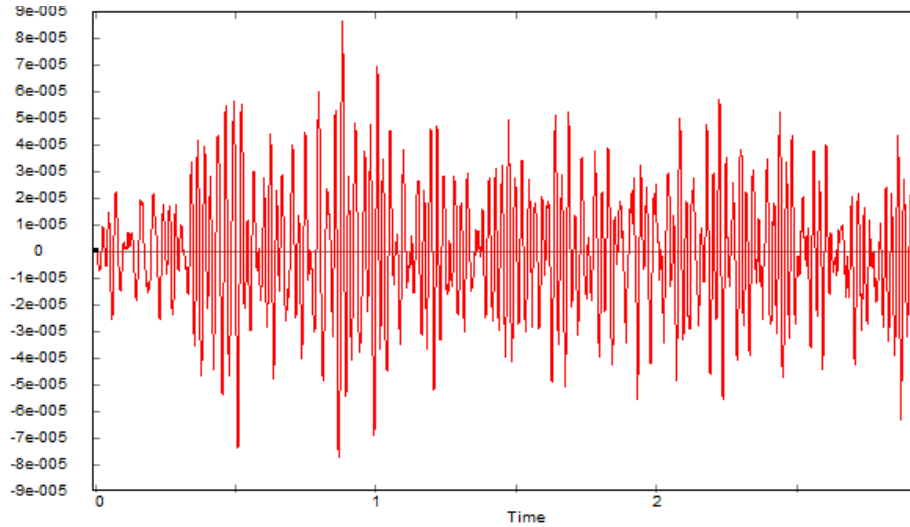


### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección X como en Y para la Estación 09 Dirección Longitudinal (véase figuras 32 y 33).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

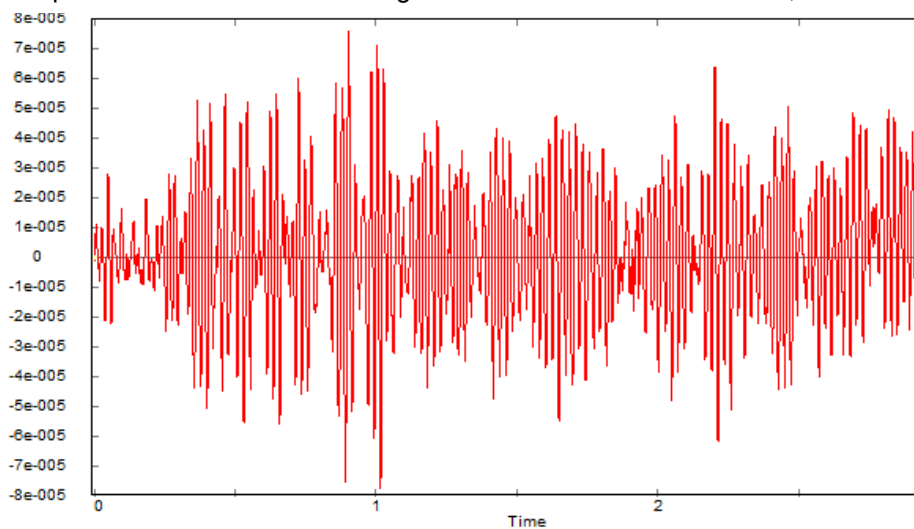
Fig. 32 – Desplazamientos en “X” E09 Longitudinal:  $\Delta X$  máx.=  $8.54 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $7.72 \times 10^{-5}$  | m



Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

Fig. 33 – Desplazamientos en “Y” E09 Longitudinal:  $\Delta Y$  máx.=  $7.56 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $7.77 \times 10^{-5}$  | m



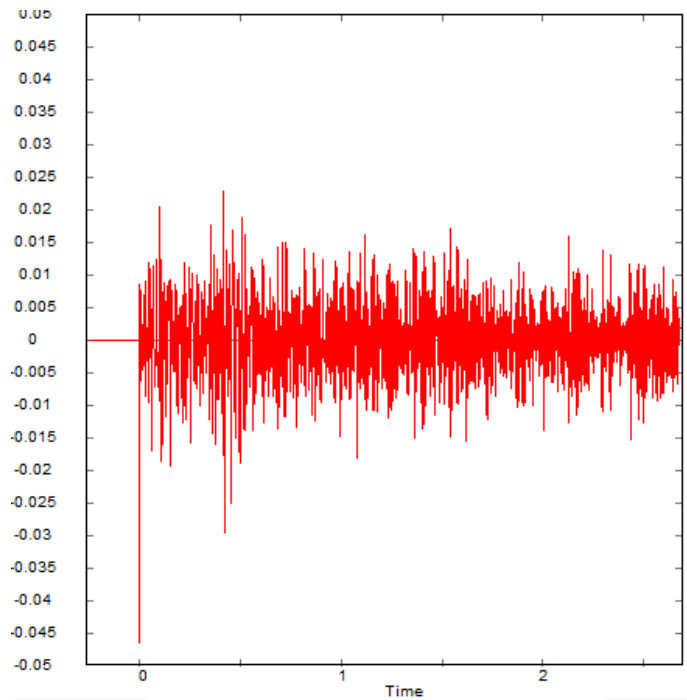
Fuente: Elaboración Propia

## ESTACIÓN 09: DIRECCIÓN TRANSVERSAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 34) y espectro de respuesta (fig. 35).

### 1) ACELEROGRAMA

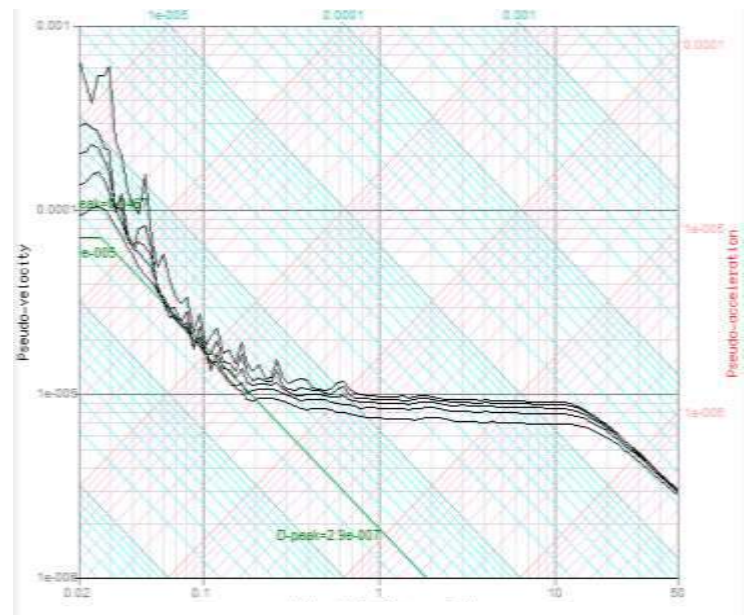
Fig. 34 – Acelerograma Est. 09 dirección transversal



Fuente: Elaboración Propia

### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA ( $S_a = 0.0467 \text{ m/s}^2$ )

Fig. 35 – Espectro de respuesta Est. 09 dirección transversal



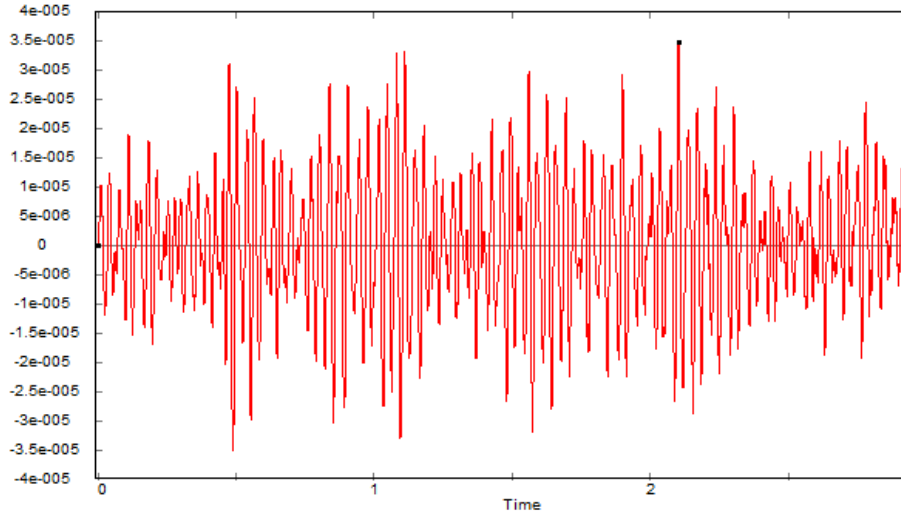
Fuente: Elaboración Propia

### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección X como en Y para la Estación 09 Dirección Transversal (véase figuras 36 y 37).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

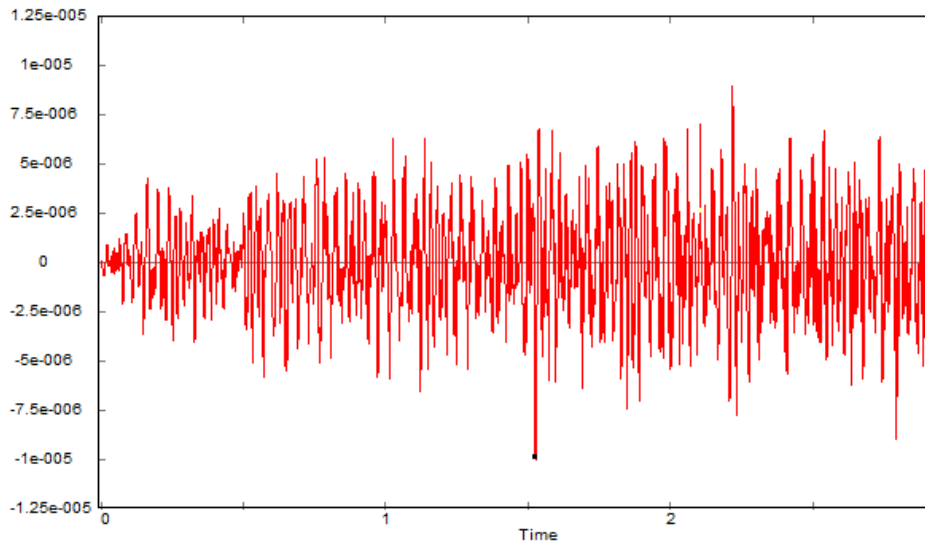
Fig. 36 – Desplazamientos en “X” E09 Transversal:  $\Delta X$  máx.=  $3.46 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $|3.52 \times 10^{-5}|$  m



Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

Fig. 37 – Desplazamientos en “Y” E09 Transversal:  $\Delta Y$  máx.=  $8.94 \times 10^{-6}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|1.00 \times 10^{-5}|$  m



Fuente: Elaboración Propia

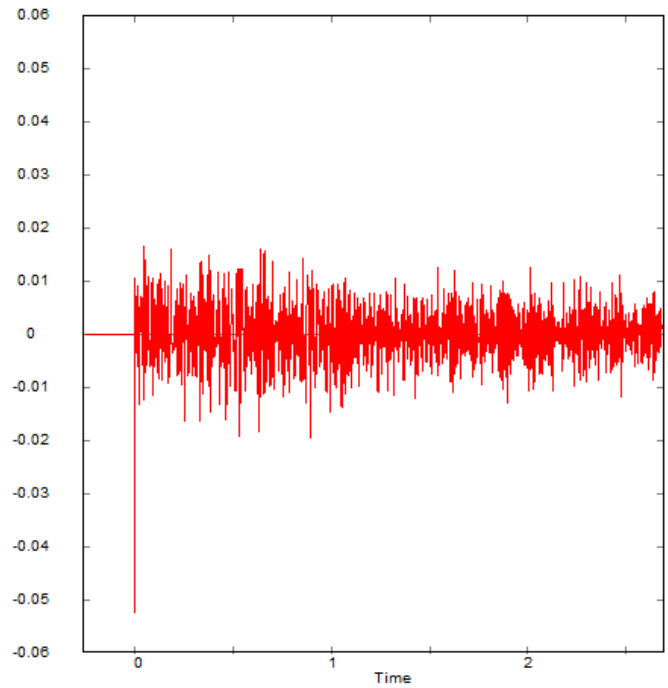


## ESTACIÓN 09: DIRECCIÓN VERTICAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 38) y espectro de respuesta (fig. 39).

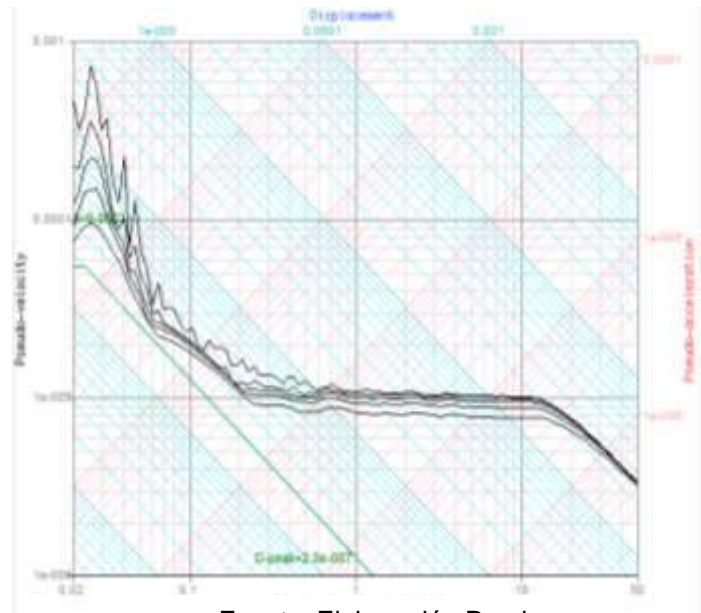
### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 38 – Acelerograma Est. 09 dirección vertical



Fuente: Elaboración Propia

Fig. 39 – Espectro de respuesta Est. 09 dirección vertical



Fuente: Elaboración Propia

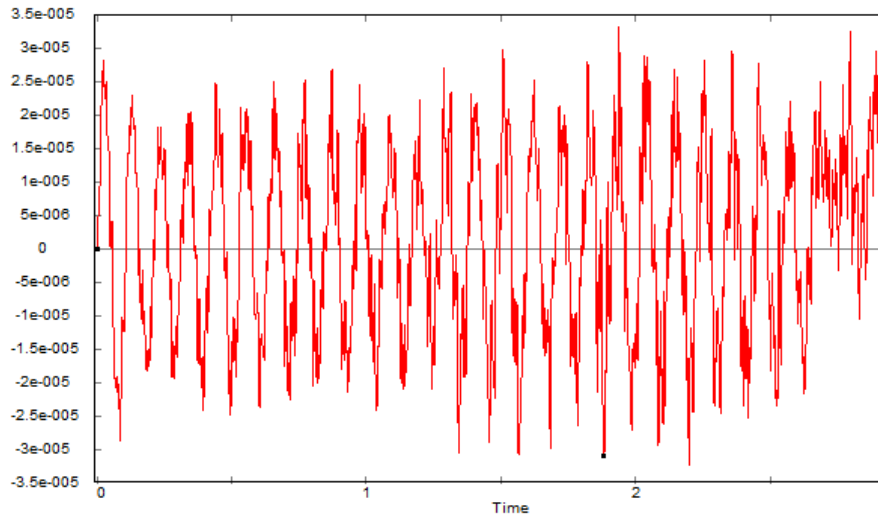
### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA ( $S_a = 0.0523 \text{ m/s}^2$ )

### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección X como en Y para la Estación 09 Dirección Vertical (véase figuras 40 y 41).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

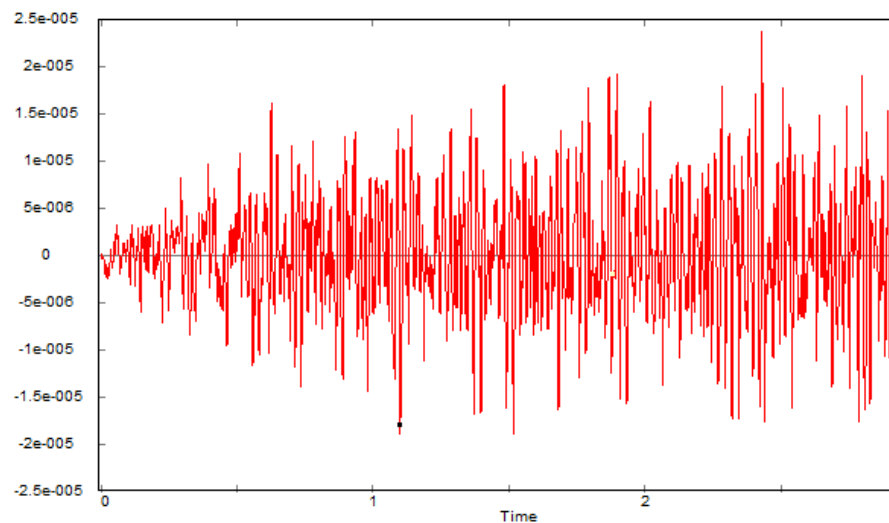
Fig. 40 – Desplazamientos en “X” E09 Vertical:  $\Delta X$  máx.=  $3.99 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $|-3.23 \times 10^{-5}|$  m



Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

Fig. 41 – Desplazamientos en “Y” E09 Vertical:  $\Delta Y$  máx.=  $2.09 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|-1.89 \times 10^{-5}|$  m



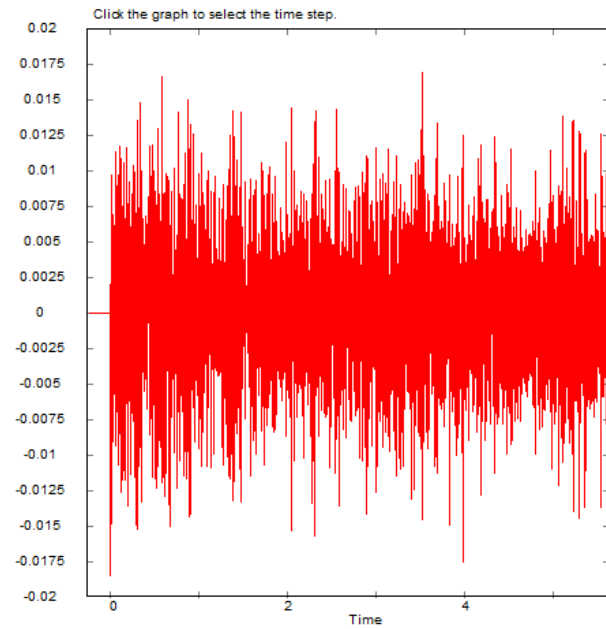
Fuente: Elaboración Propia

## ESTACIÓN 10: DIRECCIÓN LONGITUDINAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 42) y espectro de respuesta (fig. 43).

### 1) ACELEROGRAMA

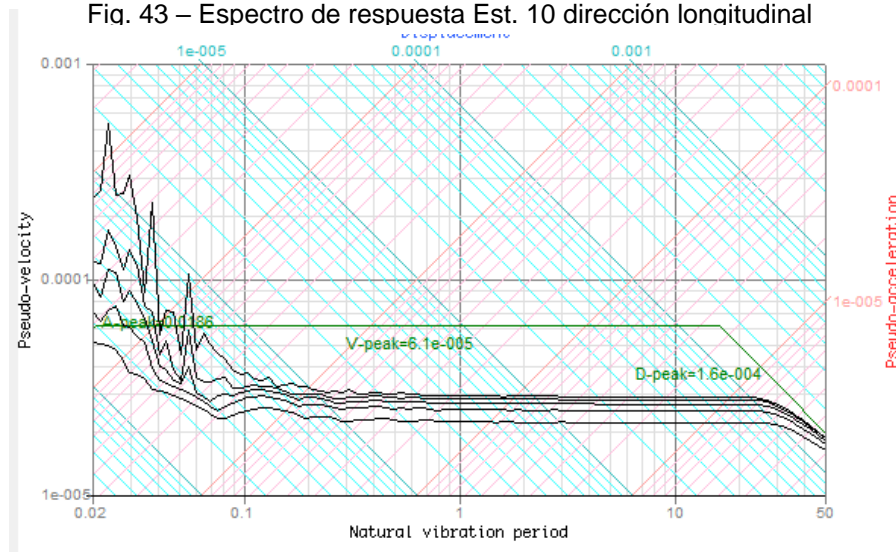
Fig. 42 – Acelerograma Est. 10 dirección longitudinal



Fuente: Elaboración Propia

### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.0186$ )

Fig. 43 – Espectro de respuesta Est. 10 dirección longitudinal



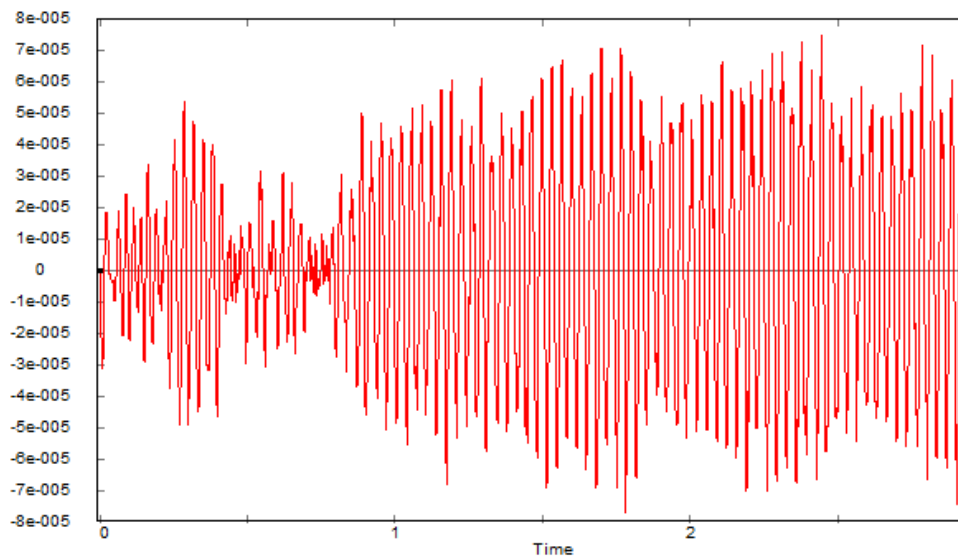
Fuente: Elaboración Propia

### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección X como en Y para la Estación 10 Dirección Longitudinal (ver figuras 44 y 45).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

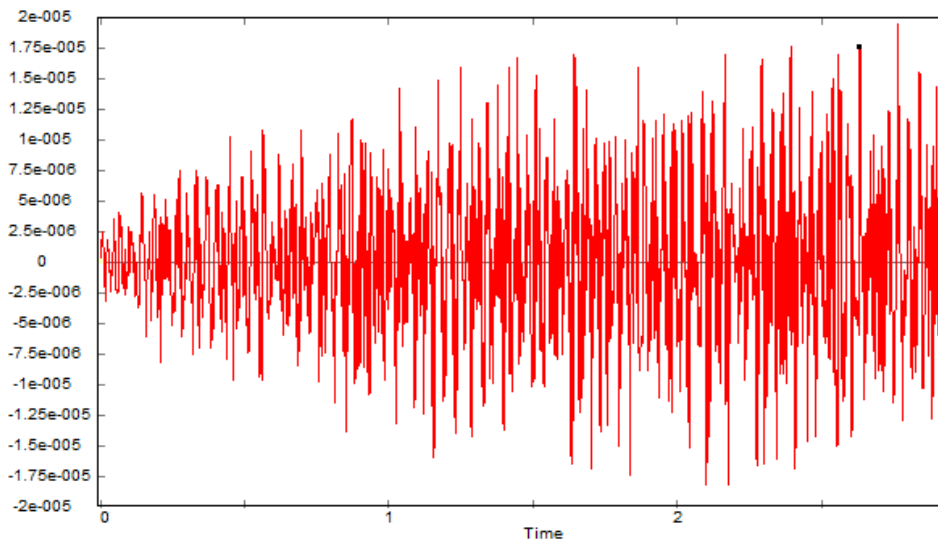
Fig. 44 – Desplazamientos en “X” E10 Longitudinal:  $\Delta X$  máx.=  $7.33 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $|7.71 \times 10^{-5}|$  m



Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

Fig. 45 – Desplazamientos en “Y” E10 Longitudinal:  $\Delta Y$  máx.=  $1.94 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|1.82 \times 10^{-5}|$  m



Fuente: Elaboración Propia

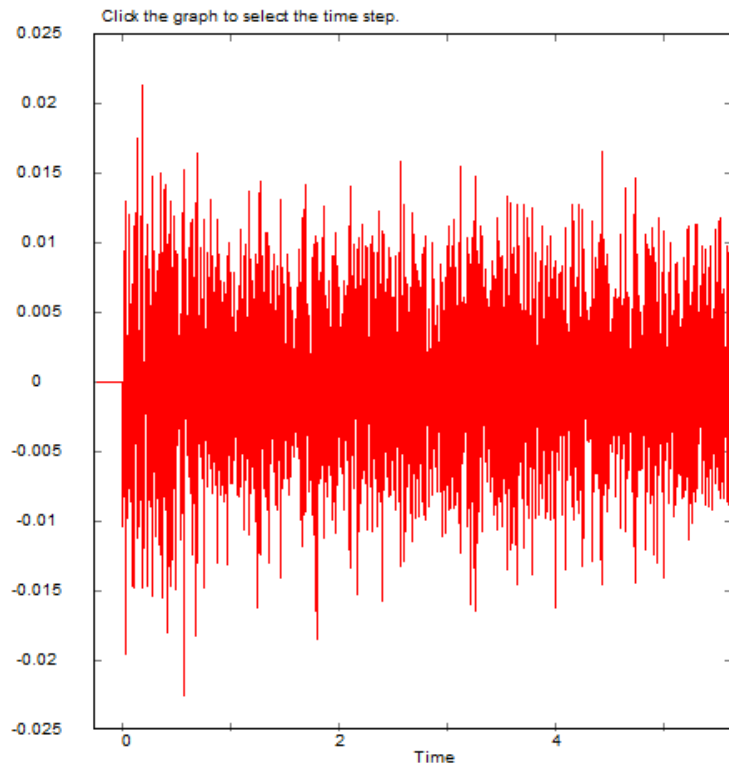
## ESTACIÓN 10: DIRECCIÓN TRANSVERSAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 46) y espectro de respuesta (fig. 47).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 46 – Acelerograma  
Est. 10 dirección  
transversal

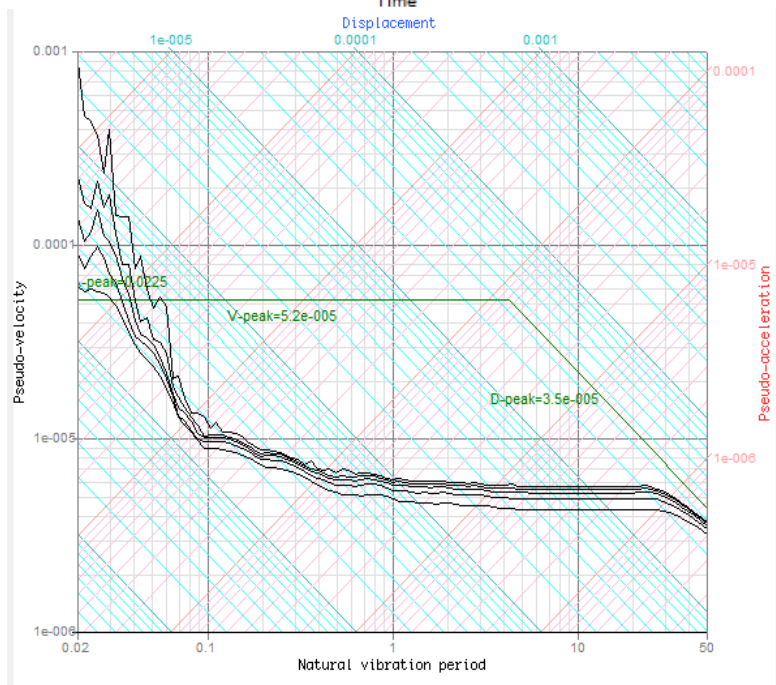
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.0225$ )

Fig. 47 – Espectro de  
respuesta Est. 10 dirección  
transversal

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección X como en Y para la Estación 10 Dirección Transversal (ver figuras 48 y 49).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

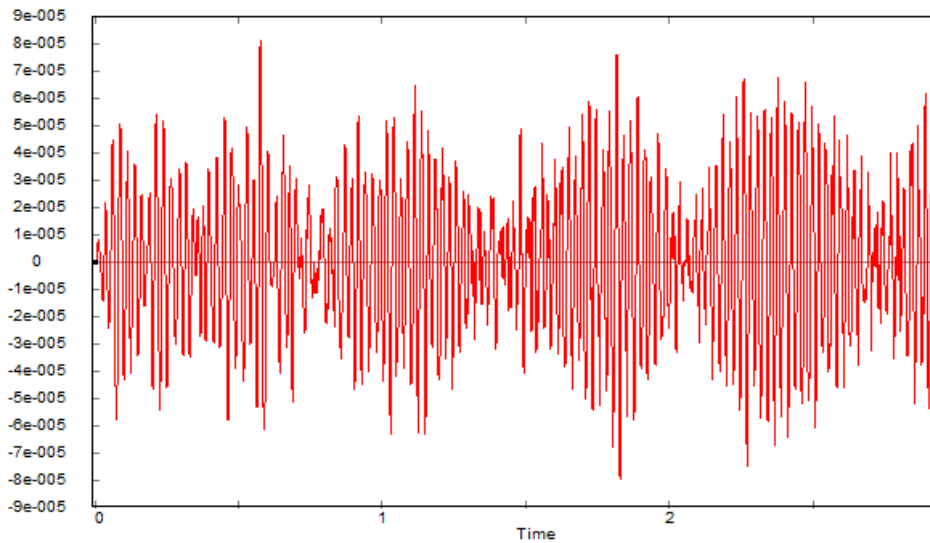


Fig. 48– Desplazamientos en “X” E10 Transversal:  $\Delta X$  máx.=  $6.62 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $6.44 \times 10^{-5}$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

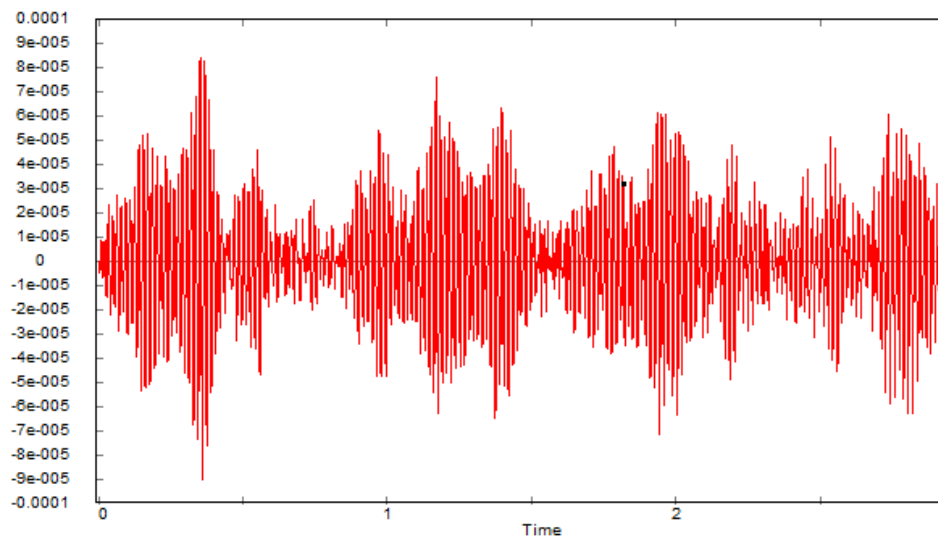


Fig. 49 – Desplazamientos en “Y” E10 Transversal:  $\Delta Y$  máx.=  $6.61 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $6.38 \times 10^{-5}$  m

Fuente: Elaboración Propia

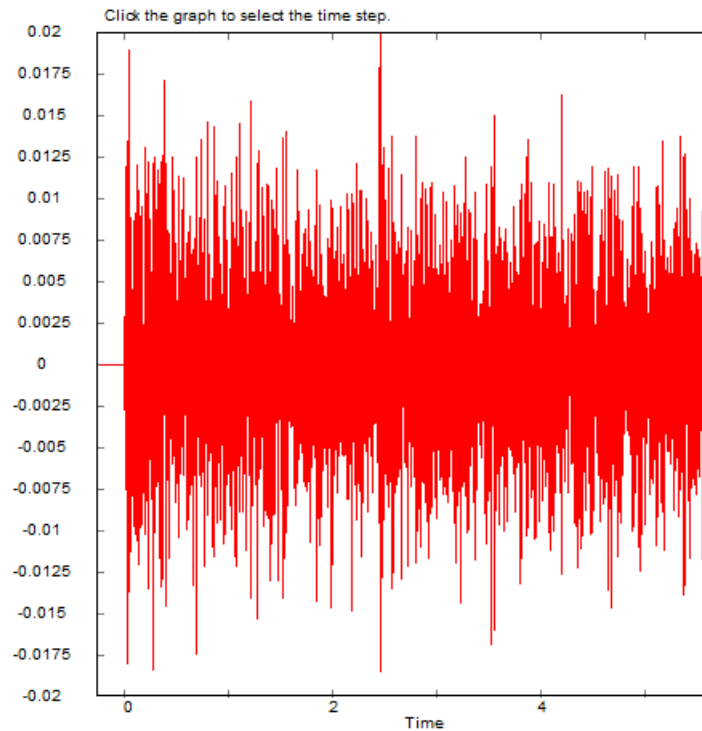
## ESTACION 10: DIRECCIÓN VERTICAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 50) y espectro de respuesta (fig. 51).

### 1) ACELEROGRAMA

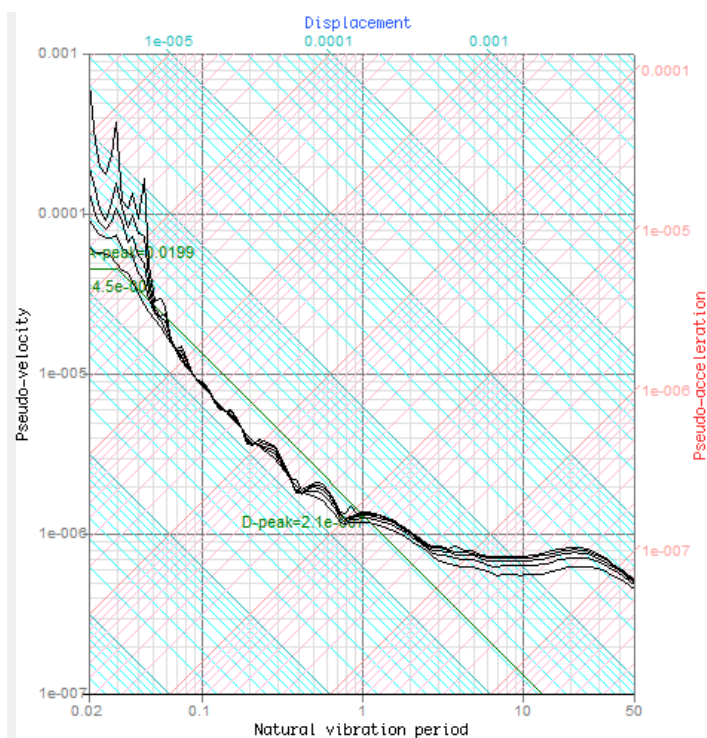
Fig. 50 – Acelerograma  
Est. 10 dirección vertical

Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.0199$ )

Fig. 51 – Espectro de  
respuesta Est. 10 dirección  
vertical



Fuente: Elaboración Propia

### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección “X” como en “Y” para la Estación 10 Dirección Vertical (ver figuras 52 y 53).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

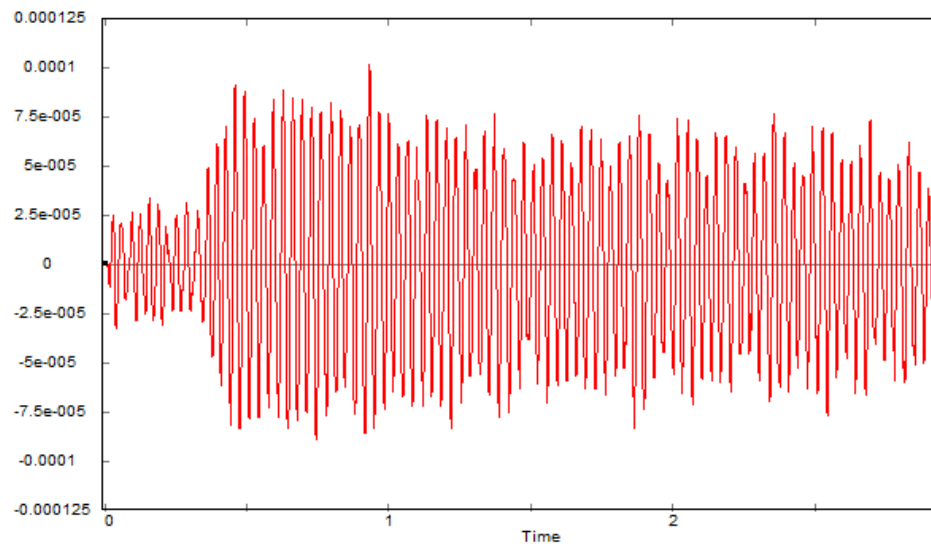


Fig. 52 – Desplazamientos en “X” E10 Vertical:  $\Delta X$  máx.=  $1.15 \times 10^{-4}$  m;  $\Delta X$  min=  $|1.19 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

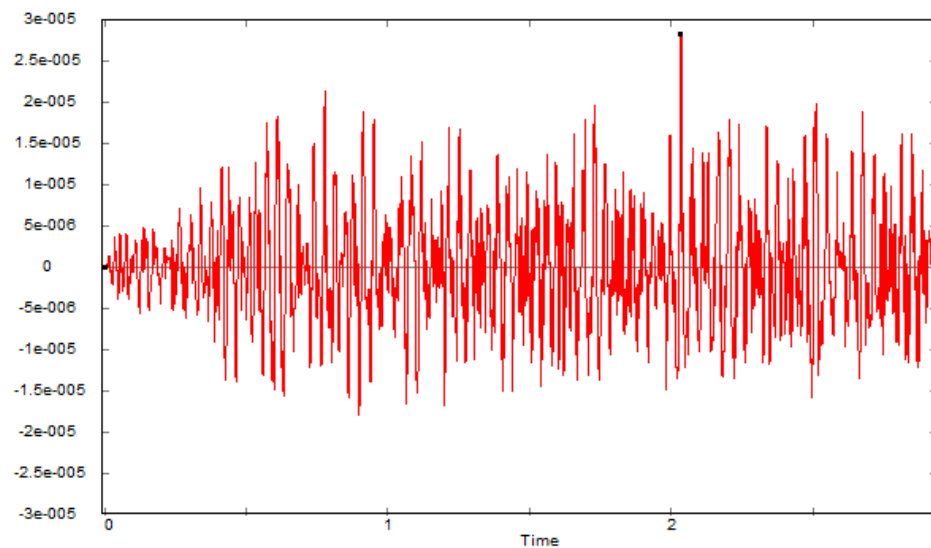




Fig. 53 – Desplazamientos en “Y” E10 Vertical:  $\Delta Y$  máx.=  $2.29 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|2.01 \times 10^{-5}|$  m

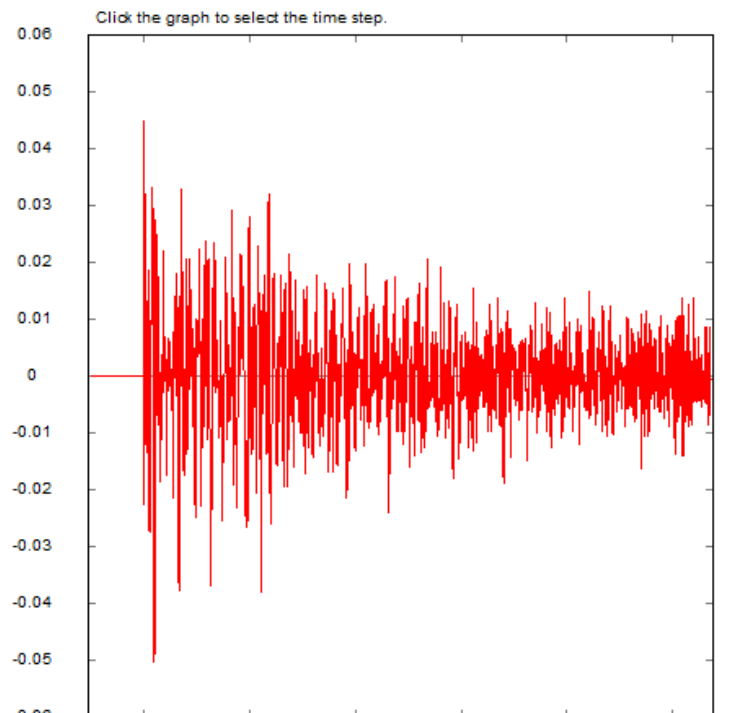
**ESTACIÓN 11:** Fuente: Elaboración Propia **DIRECCIÓN**  
**LONGITUDINAL**

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 54) y espectro de respuesta (fig. 55).

1) ACELEROGRAMA

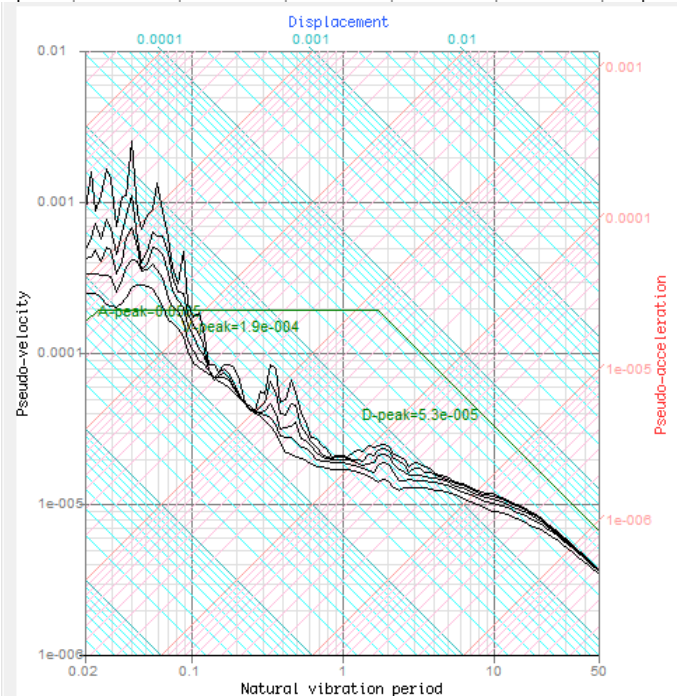
Fig. 54 – Acelerograma  
Est. 11 dirección  
longitudinal

Fuente: Elaboración Propia



2) ESPECTRO DE  
RESPUESTA: ( $S_a =$   
0.0505)

Fig. 55 – Espectro de  
respuesta Est. 11 dirección  
longitudinal



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección “X” como en “Y” para la Estación 11 Dirección Longitudinal (ver figuras 56 y 57).

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

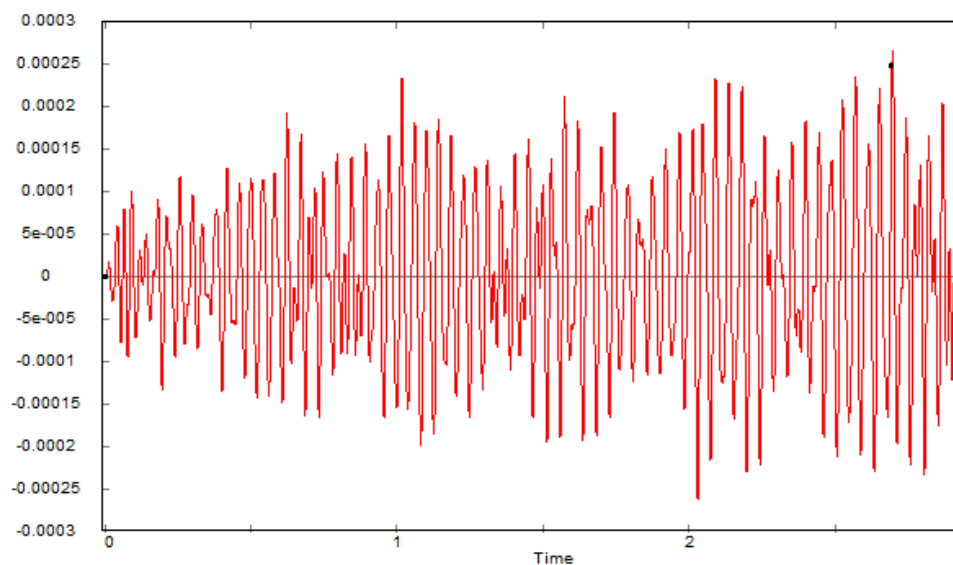


Fig. 56 – Desplazamientos en “X” E11 Longitudinal:  $\Delta X$  máx.=  $2.23 \times 10^{-4}$  m;  $\Delta X$  min=  $2.16 \times 10^{-4}$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

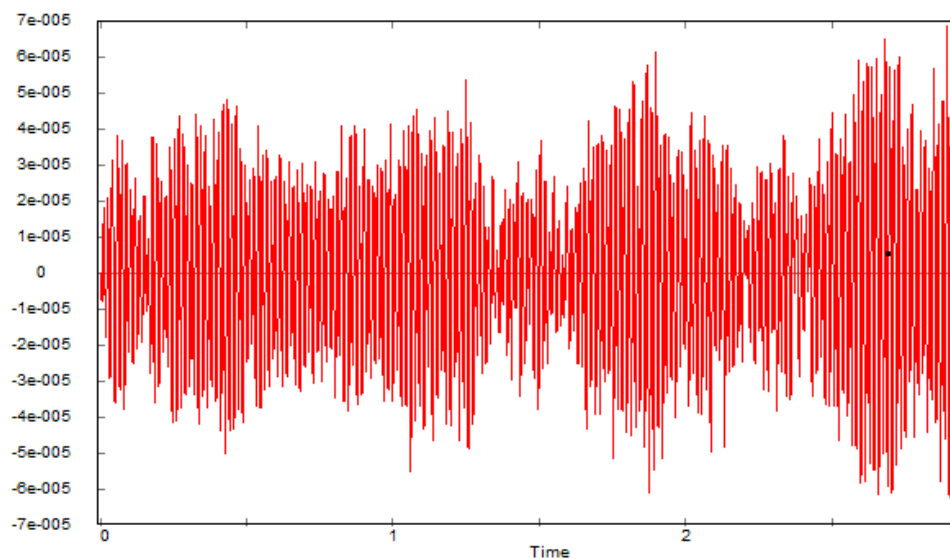


Fig. 57 – Desplazamientos en “Y” E11 Longitudinal:  $\Delta Y$  máx.=  $1.73 \times 10^{-4}$  m;  $\Delta Y$  min=  $1.64 \times 10^{-4}$  m

Fuente: Elaboración Propia

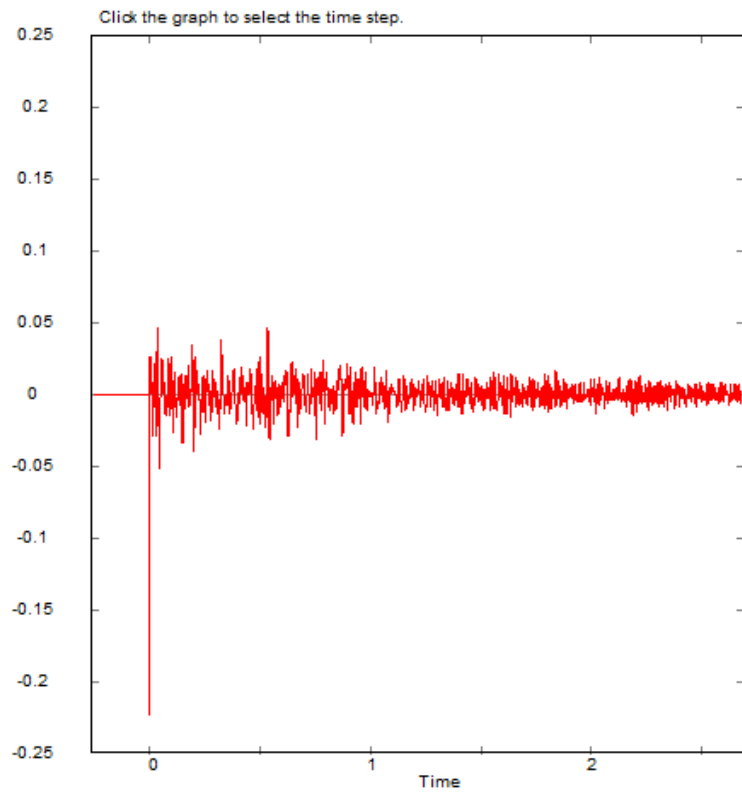
## ESTACION 11: DIRECCIÓN TRANSVERSAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 58) y espectro de respuesta (fig. 59).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 58 – Acelerograma Est. 11 dirección transversal

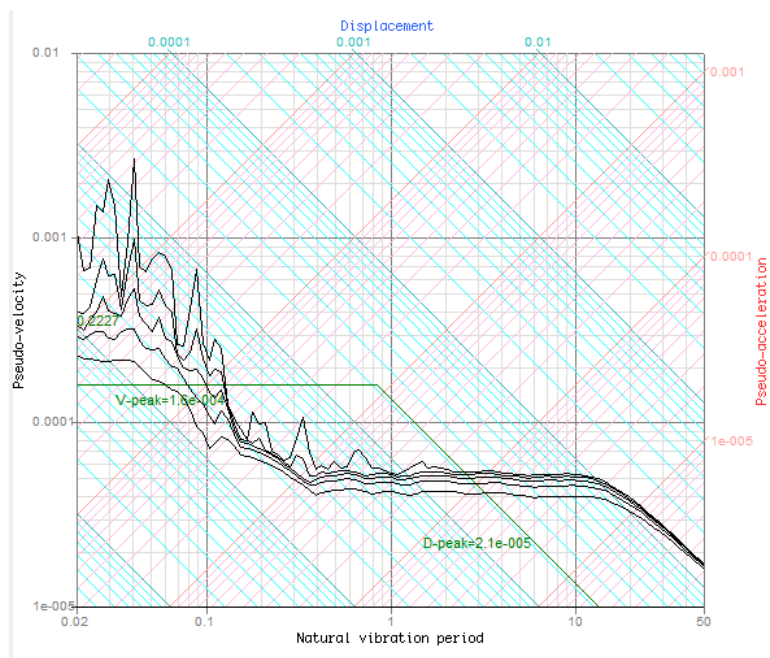
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a=0.2227$ )

Fig. 59 – Espectro de respuesta Est. 11 dirección transversal

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección “X” como en “Y” para la Estación 11 Dirección Transversal (ver figuras 60 y 61).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

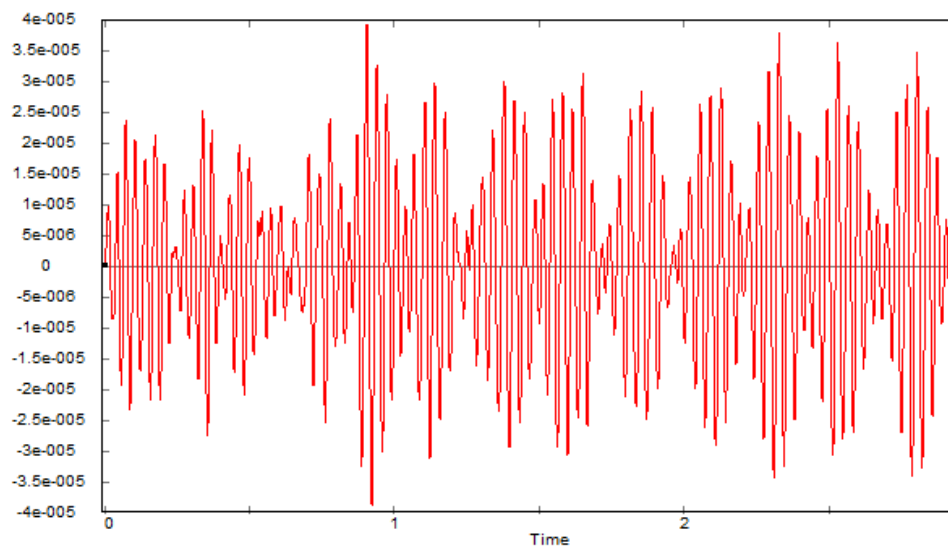


Fig.60 – Desplazamientos en “X” E11 Transversal:  $\Delta X$  máx.=  $1.13 \times 10^{-9}$  m;  $\Delta X$  min=  $|6.75 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

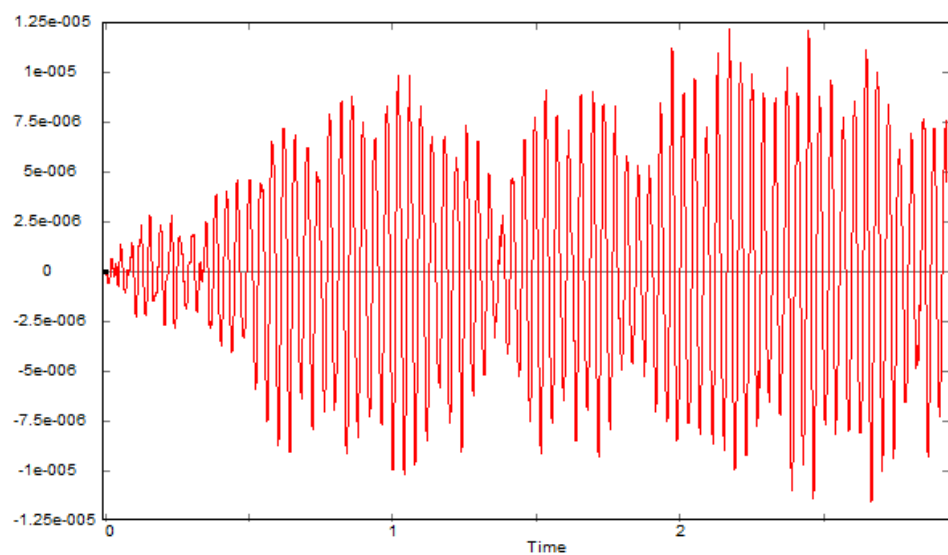


Fig. 61 – Desplazamientos en “Y” E11 Transversal:  $\Delta Y$  máx.=  $1.15 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|1.13 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

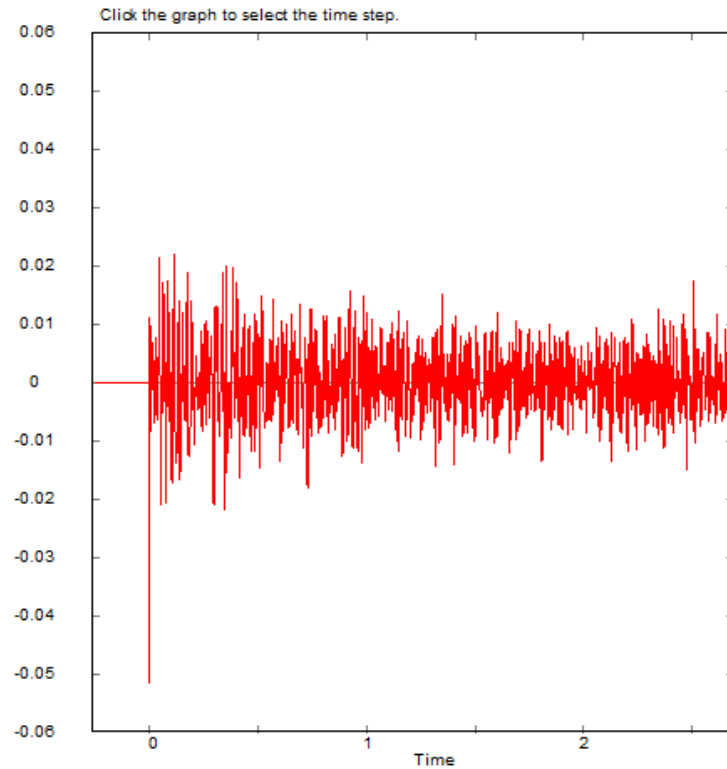
## ESTACIÓN 11: DIRECCIÓN VERTICAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 62) y espectro de respuesta (fig. 63).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 62 – Acelerograma Est. 11 dirección vertical

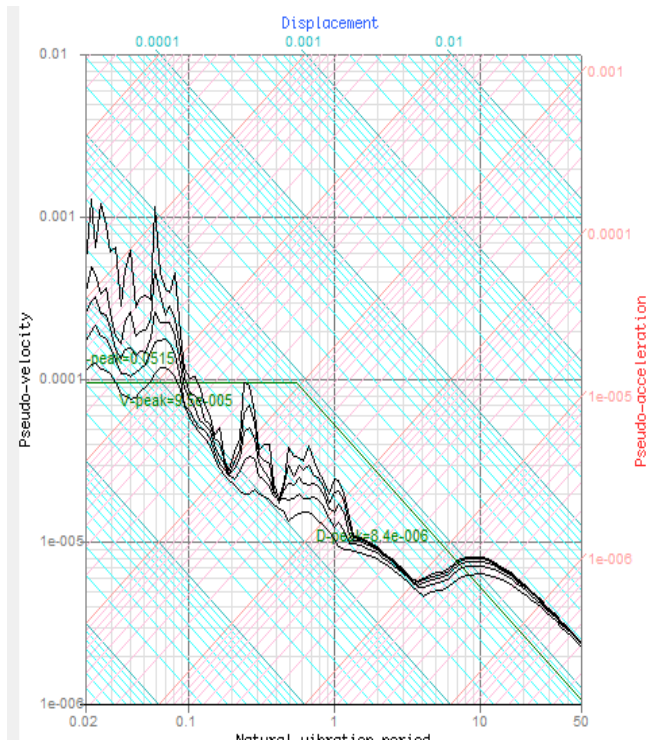
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.0515$ )

Fig. 63 – Espectro de respuesta Est. 11 dirección vertical

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección “X” como en “Y” para la Estación 11 Dirección Vertical (ver figuras 64 y 65).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

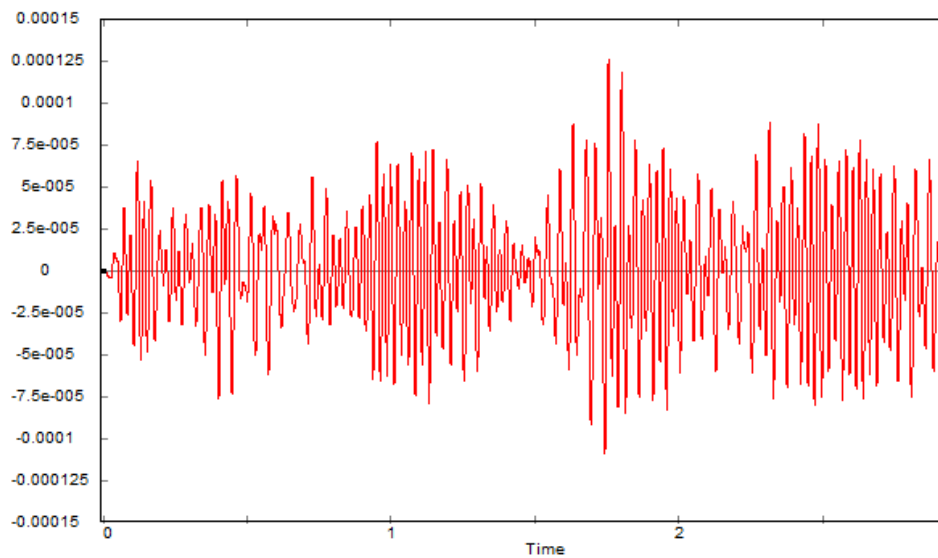


Fig. 64 – Desplazamientos en “X” E11 Vertical:  $\Delta X$  máx.=  $1.24 \times 10^{-4}$  m;  $\Delta X$  min=  $|1.09 \times 10^{-4}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

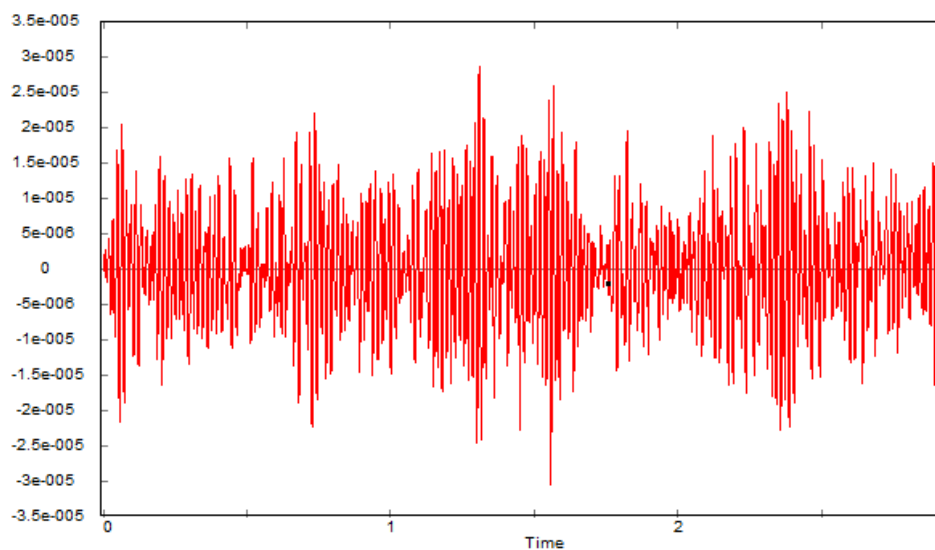


Fig. 65 – Desplazamientos en “Y” E11 Vertical:  $\Delta Y$  máx.=  $2.85 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|3.07 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

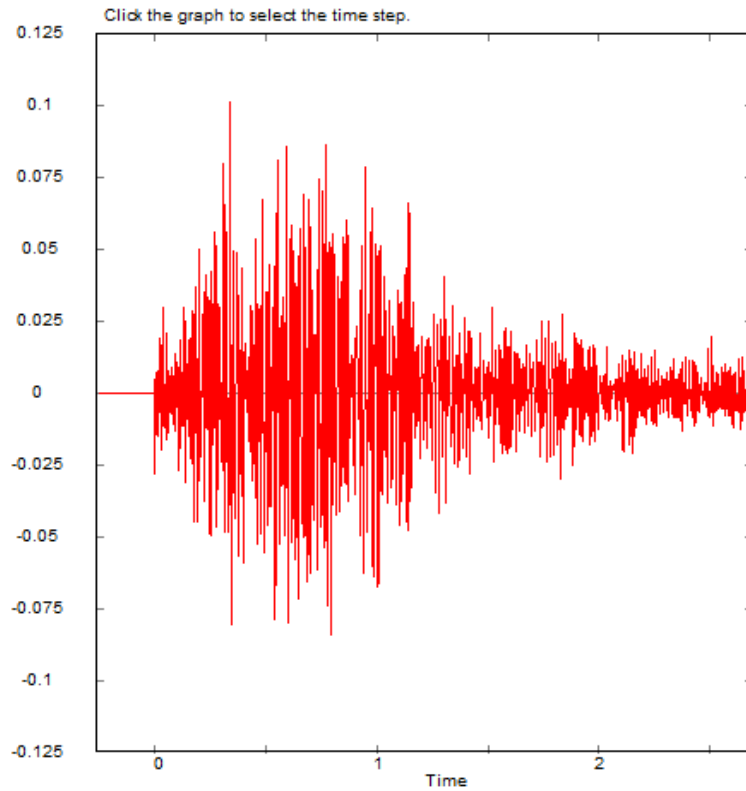
### ESTACIÓN 13: DIRECCIÓN LONGITUDINAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 66) y espectro de respuesta (fig. 67).

#### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 66 – Acelerograma Est. 13 dirección longitudinal

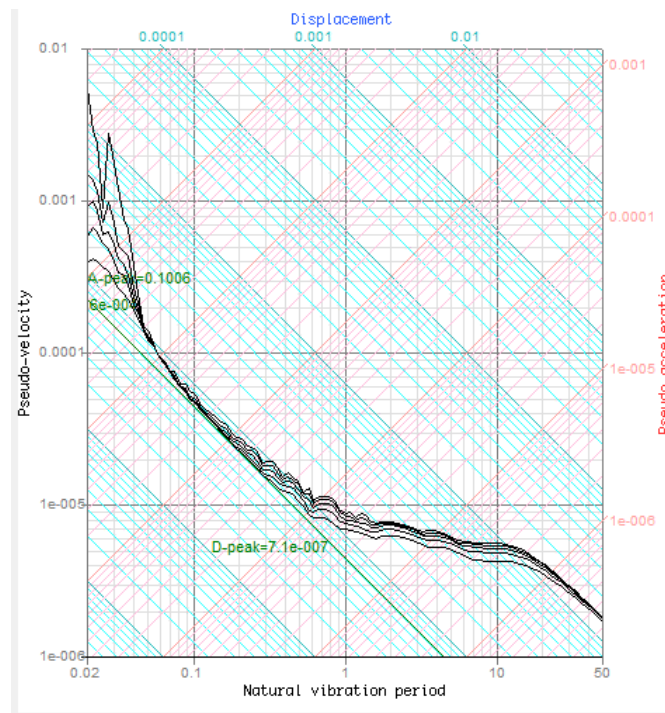
Fuente: Elaboración Propia



#### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.1006$ )

Fig. 67 – Espectro de respuesta Est. 13 dirección longitudinal

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección “X” como en “Y” para la Estación 13 Dirección Longitudinal (ver figuras 68 y 69).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

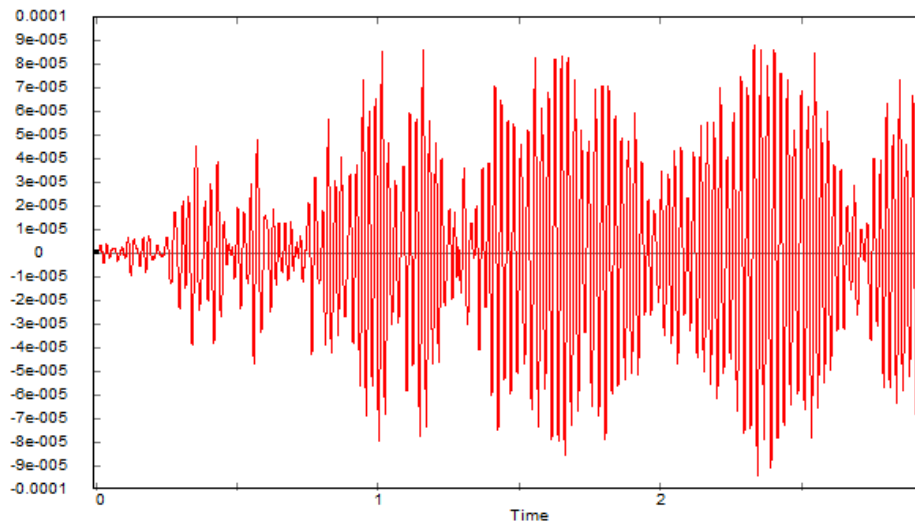


Fig.68 – Desplazamientos en “X” E13 Longitudinal:  $\Delta X$  máx.=  $8.76 \times 10^{-7}$  m;  $\Delta X$  min=  $|9.44 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

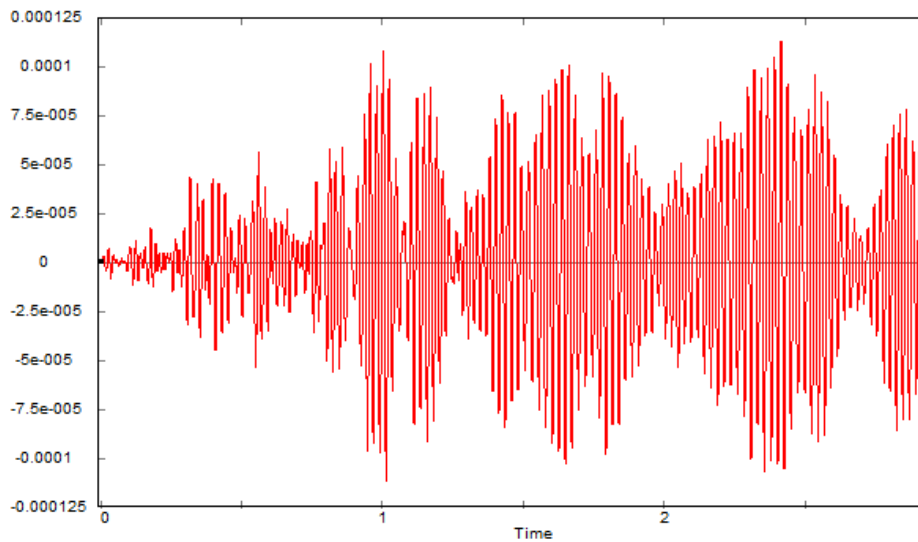


Fig. 69 – Desplazamientos en “Y” E13 Longitudinal:  $\Delta Y$  máx.=  $1.12 \times 10^{-4}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|1.12 \times 10^{-4}|$  m

Fuente: Elaboración Propia



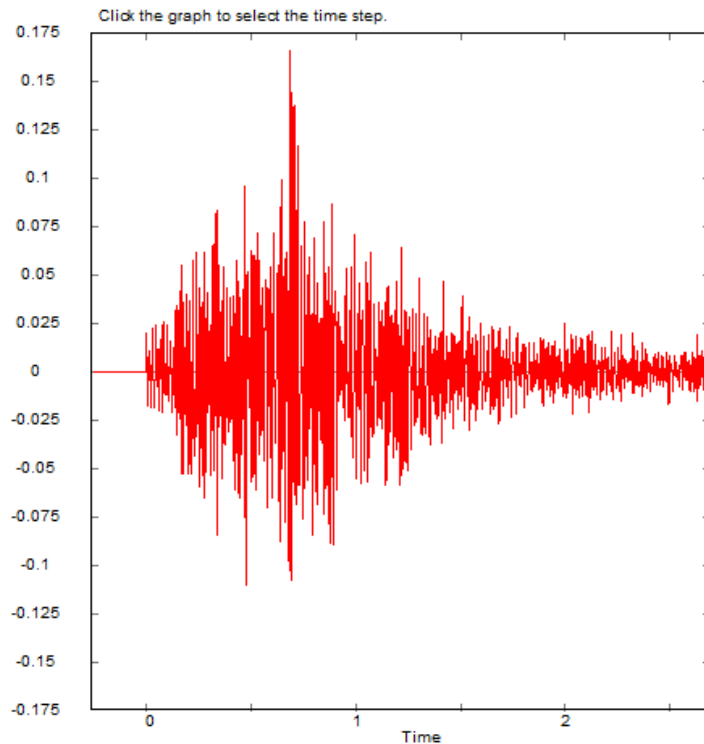
## ESTACIÓN 13: DIRECCIÓN TRANSVERSAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 70) y espectro de respuesta (fig. 71).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 70 – Acelerograma  
Est. 13 dirección  
transversal

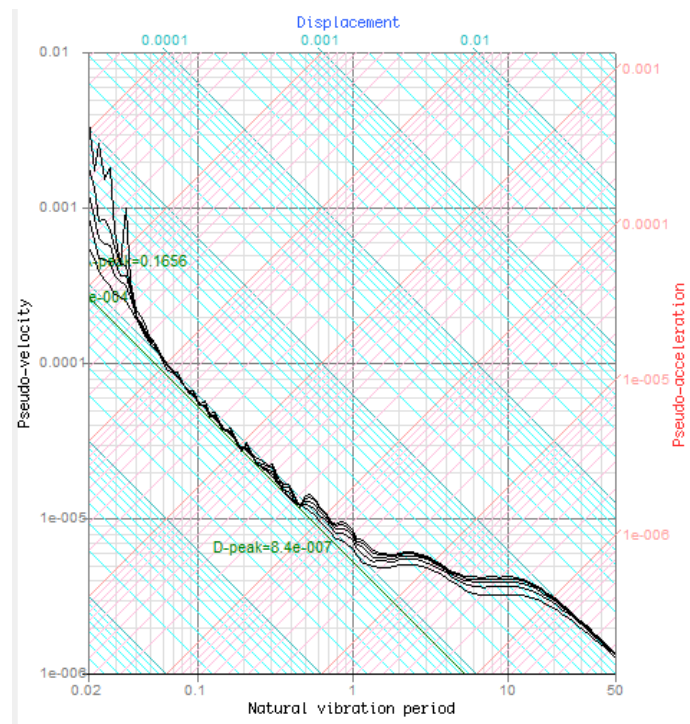
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a =$ 0.1656)

Fig. 71 – Espectro de  
respuesta Est. 13 dirección  
transversal

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección “X” como en “Y” para la Estación 13 Dirección Transversal (ver figuras 72 y 73).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

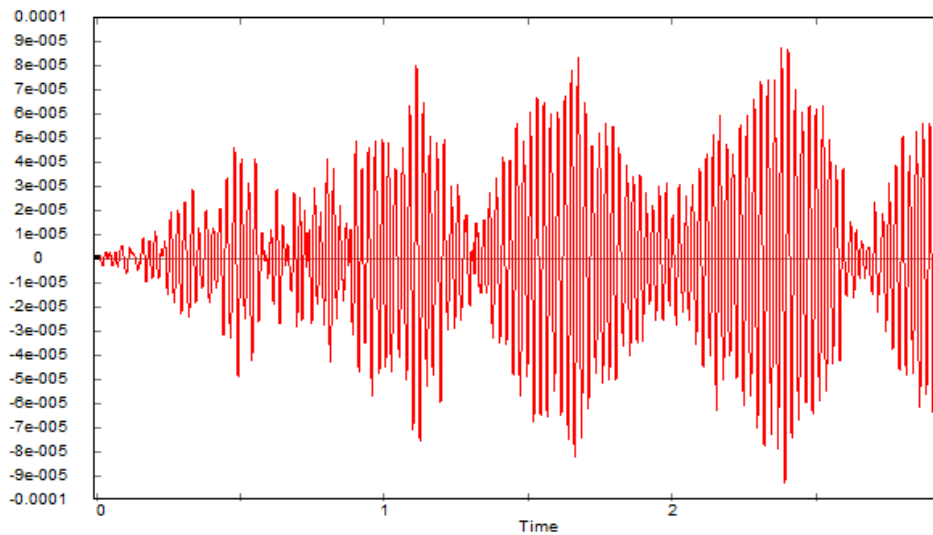


Fig. 72 – Desplazamientos en “X” E13 Transversal:  $\Delta X$  máx.=  $8.67 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $| 9.33 \times 10^{-5} |$

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

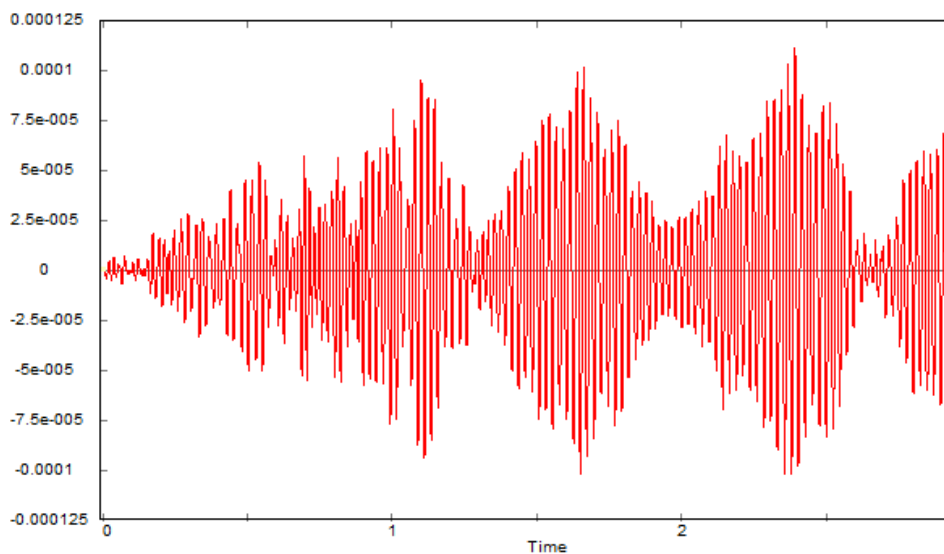


Fig. 73 – Desplazamientos en “Y” E13 Transversal:  $\Delta Y$  máx.=  $1.11 \times 10^{-4}$  m;  $\Delta Y$  min=  $| 1.02 \times 10^{-4} |$  m

Fuente: Elaboración Propia

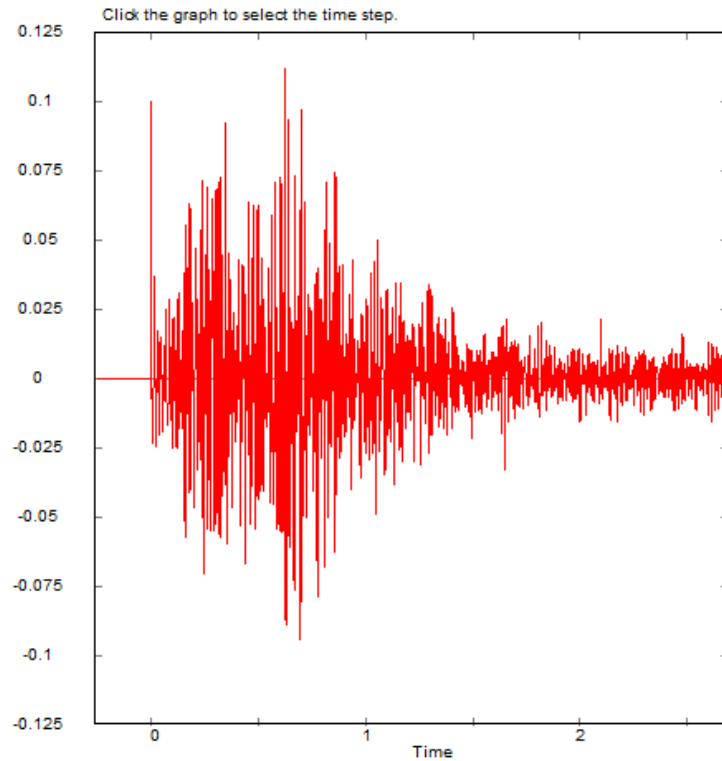
## ESTACIÓN 13: DIRECCIÓN VERTICAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 74) y espectro de respuesta (fig. 75).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 74 – Acelerograma Est. 13 dirección vertical

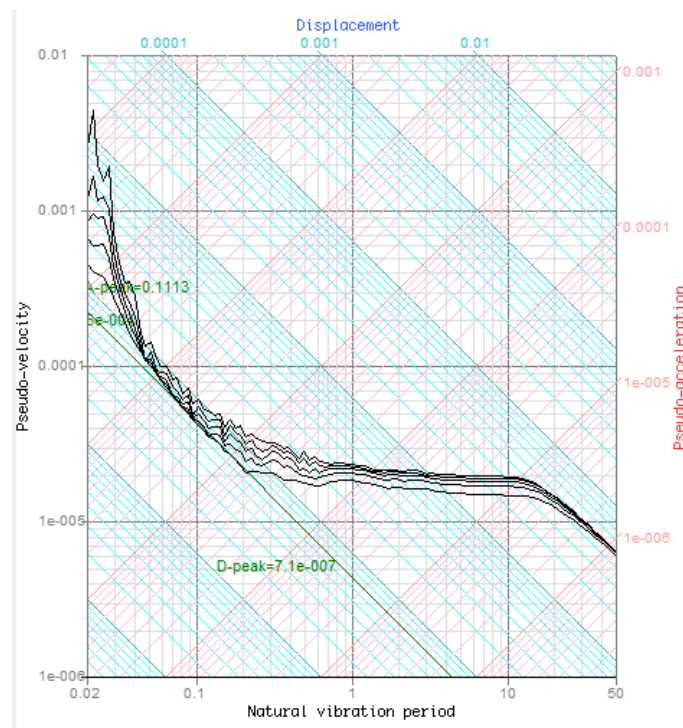
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a=0.1113$ )

Fig. 75 – Espectro de respuesta Est. 13 dirección vertical

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección “X” como en “Y” para la Estación 13 Dirección Vertical (ver figuras 76 y 77).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

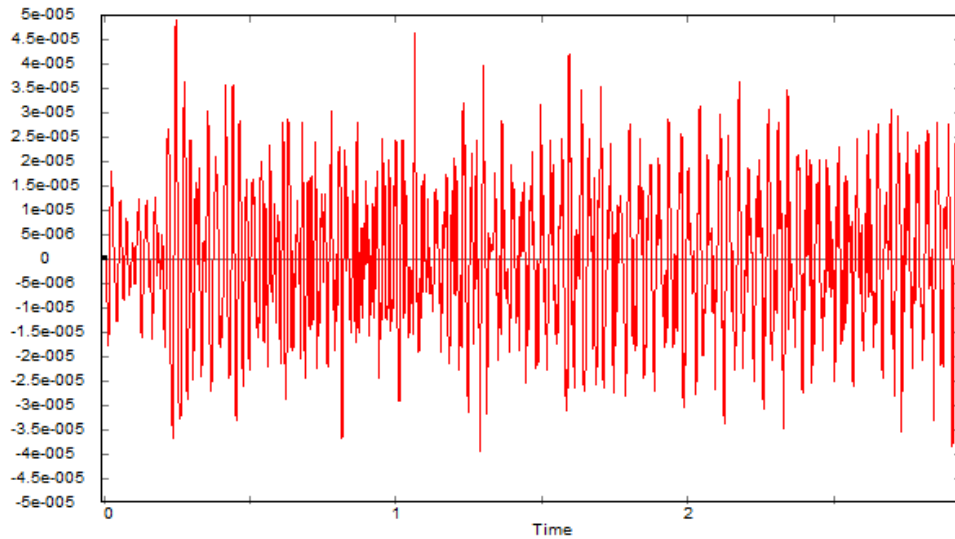


Fig. 76 – Desplazamientos en “X” E13 Vertical:  $\Delta X$  máx.=  $4.37 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $3.55 \times 10^{-5}$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

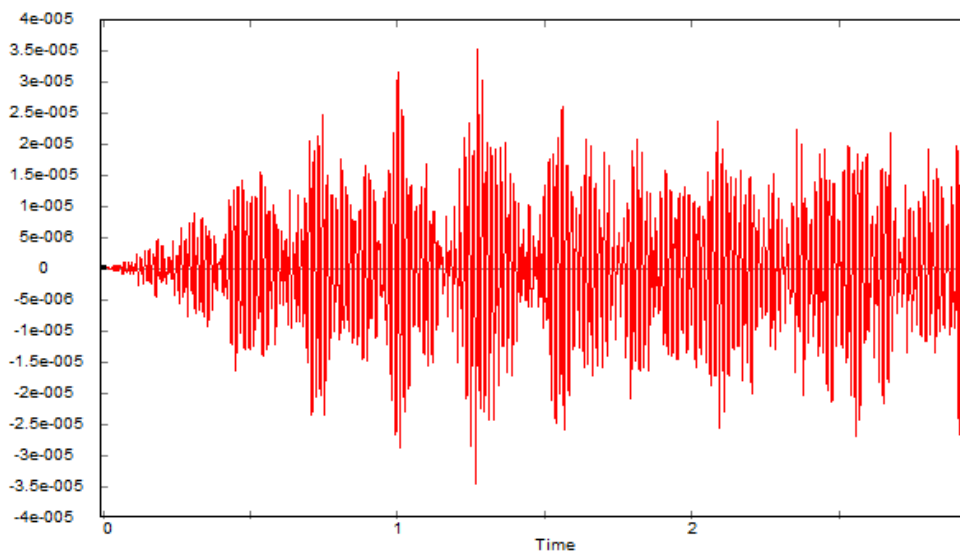


Fig. 77 – Desplazamientos en “Y” E13 Vertical:  $\Delta Y$  máx.=  $1.65 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $1.76 \times 10^{-5}$  m

Fuente: Elaboración Propia

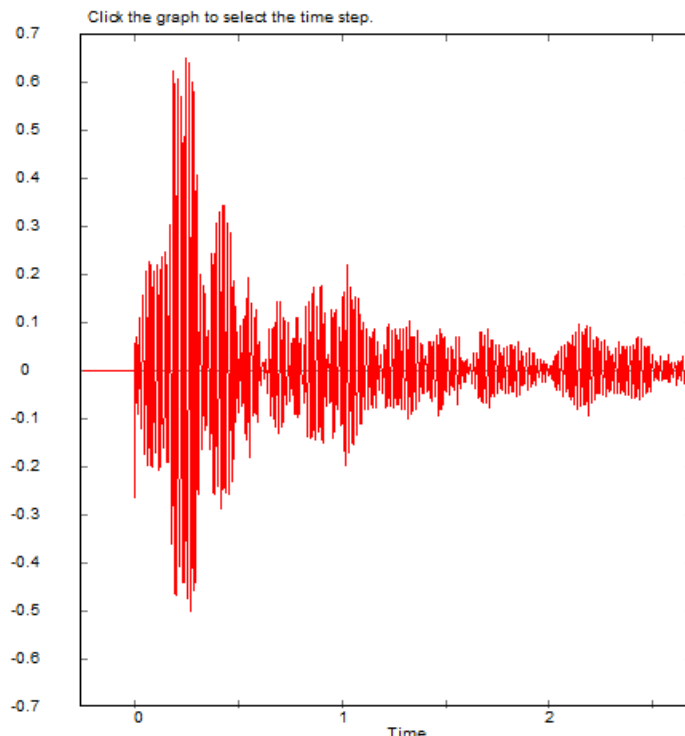
## ESTACIÓN 15: DIRECCIÓN LONGITUDINAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 78) y espectro de respuesta (fig. 79).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 78 – Acelerograma Est. 15 dirección longitudinal

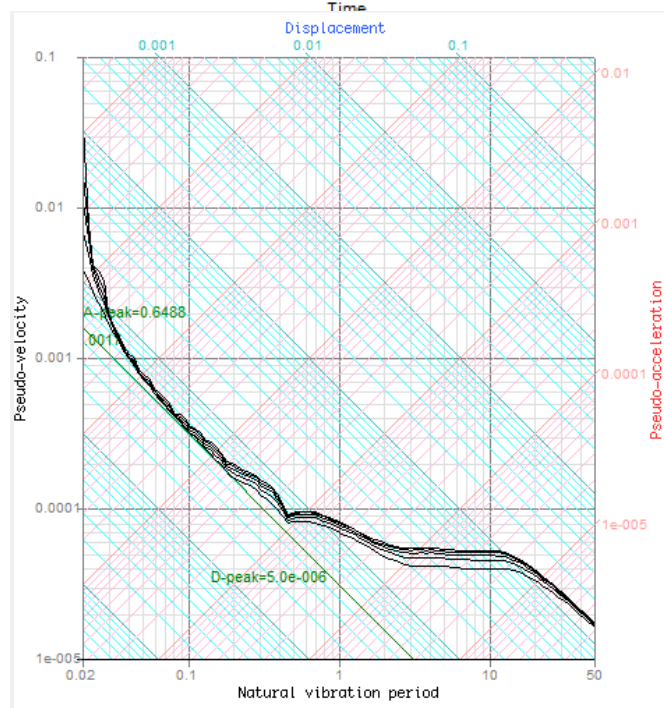
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a =$

Fig. 79 – Espectro de respuesta Est. 15 dirección longitudinal

Fuente: Elaboración Propia  
0.6448)



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección “X” como en “Y” para la Estación 15 Dirección Longitudinal (ver figuras 80 y 81).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

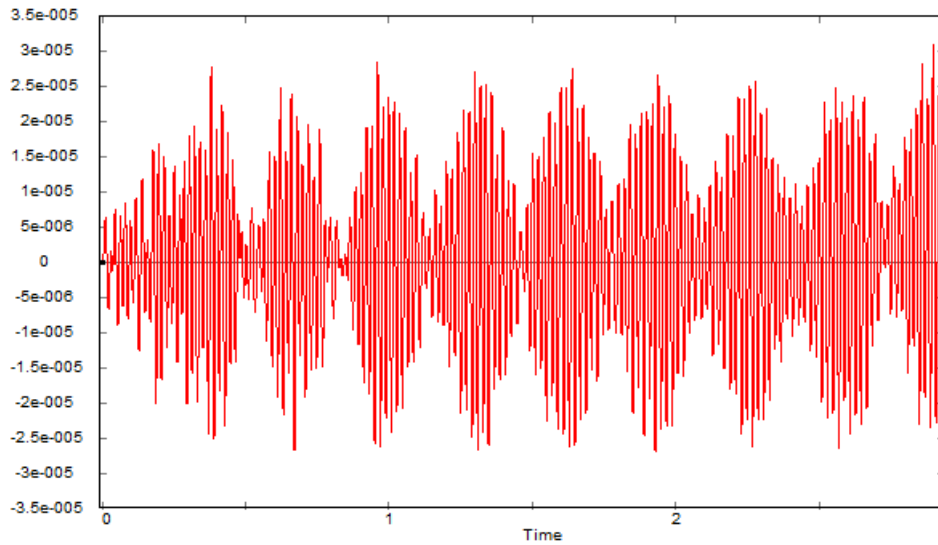


Fig. 80 – Desplazamientos en “X” E15 Longitudinal:  $\Delta X$  máx.=  $3.07 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $|2.69 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

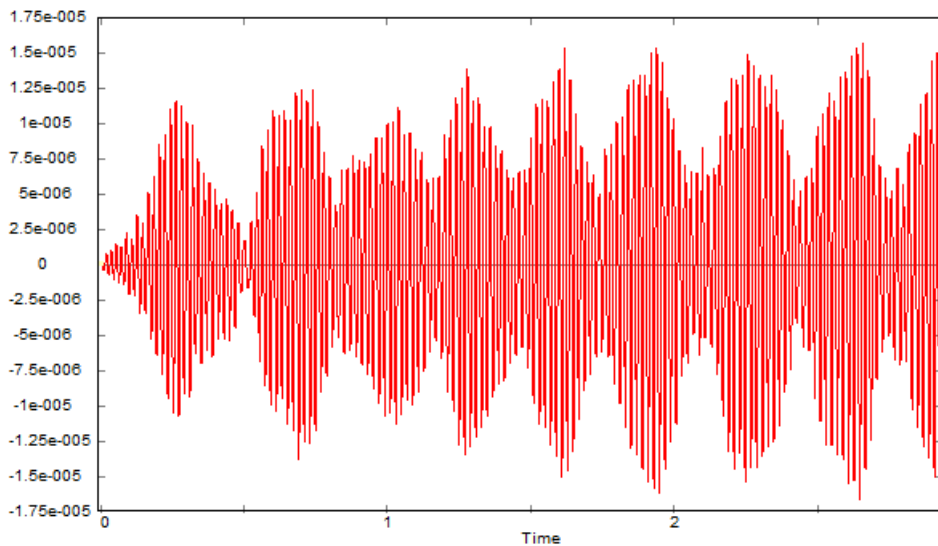


Fig. 81 – Desplazamientos en “Y” E15 Longitudinal:  $\Delta Y$  máx.=  $1.56 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|1.61 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

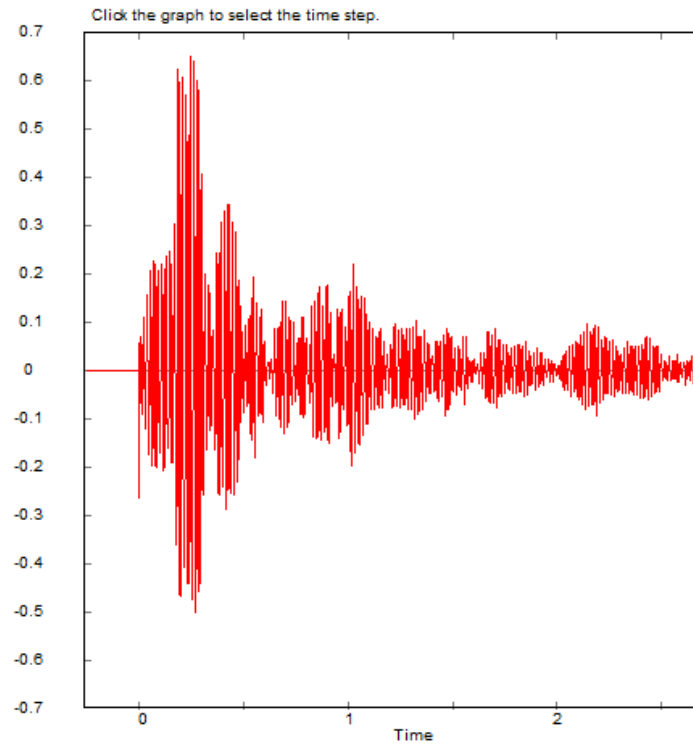
## ESTACIÓN 15: DIRECCIÓN TRANSVERSAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 82) y espectro de respuesta (fig. 83).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 82 – Acelerograma  
Est. 15 dirección  
transversal

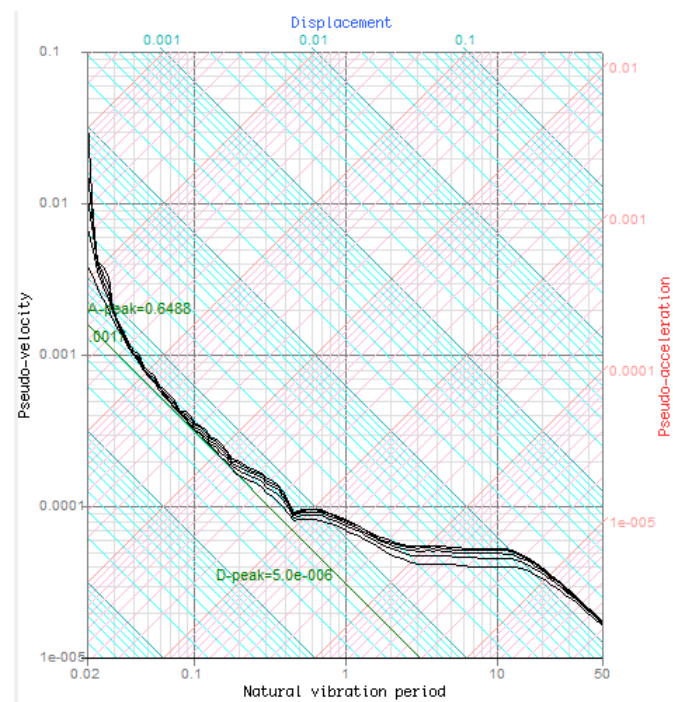
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a=$ 0.6448)

Fig. 83 – Espectro de  
respuesta Est. 15 dirección  
transversal

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección “X” como en “Y” para la Estación 15 Dirección Transversal (ver figuras 84 y 85).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

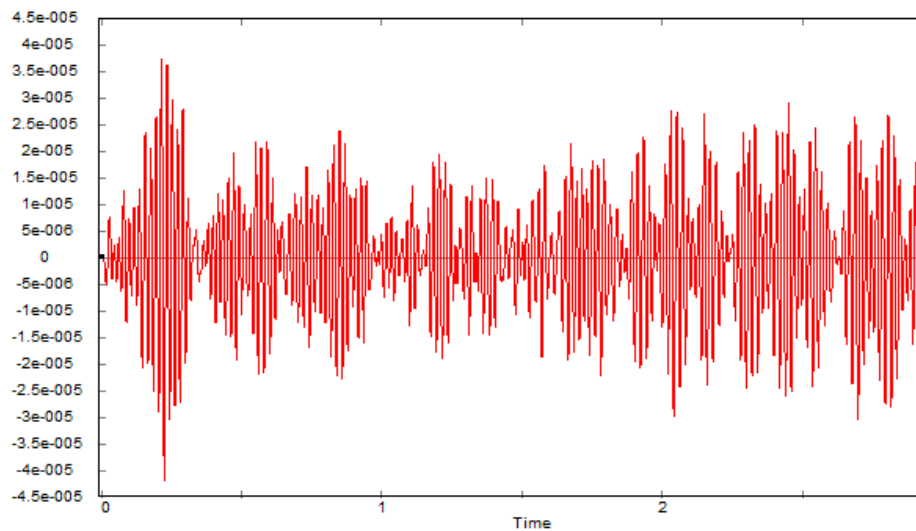


Fig. 84 – Desplazamientos en “X” E15 Transversal:  $\Delta X$  máx.=  $3.72 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $|4.18 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

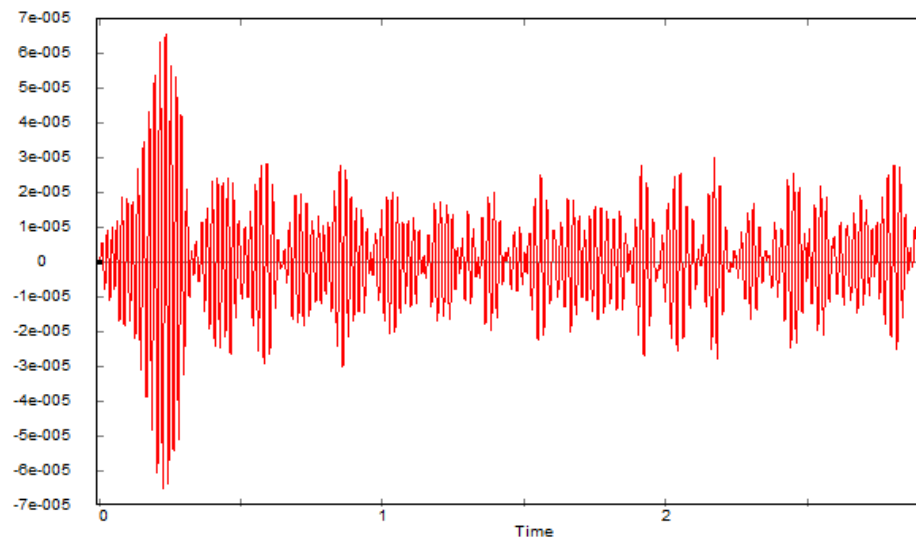


Fig. 85 – Desplazamientos en “Y” E15 Transversal:  $\Delta Y$  máx.=  $6.50 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|6.52 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia



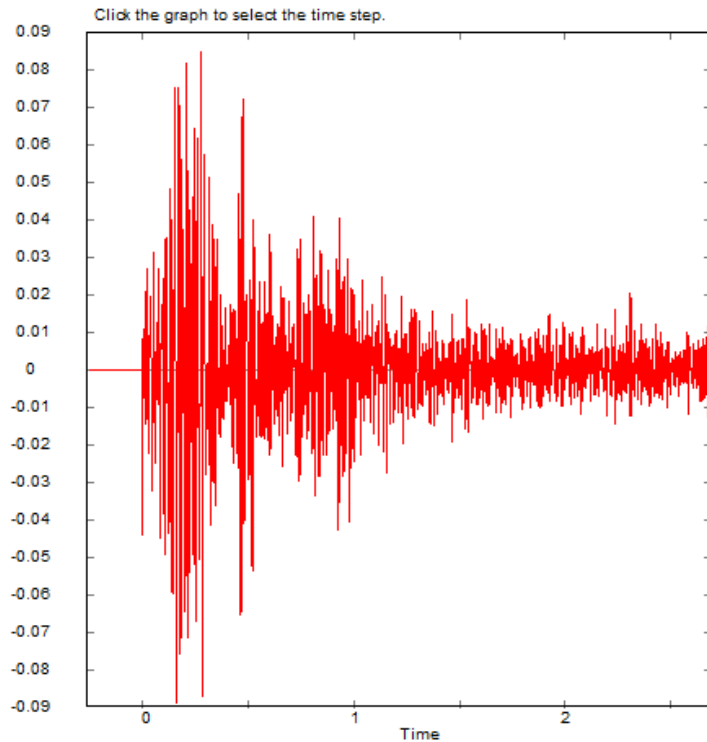
## ESTACIÓN 15: DIRECCIÓN VERTICAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 86) y espectro de respuesta (fig. 87).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 86 – Acelerograma  
Est. 15 dirección vertical

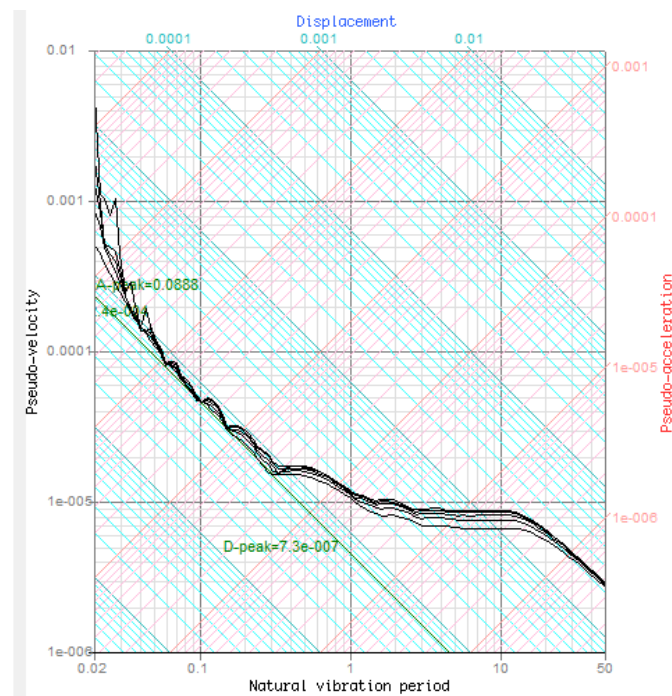
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.0888 \text{ m/s}^2$ )

Fig. 87 – Espectro de respuesta  
Est. 15 dirección vertical

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección “X” como en “Y” para la Estación 15 Dirección Vertical (ver figuras 88 y 89).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

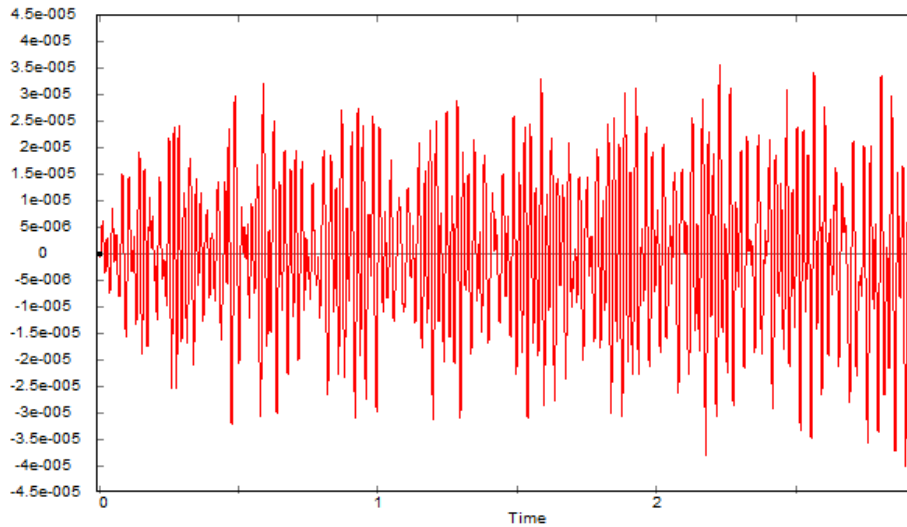


Fig. 88– Desplazamientos en “X” E15 Vertical:  $\Delta X$  máx.=  $3.55 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $| 3.81 \times 10^{-5} |$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y

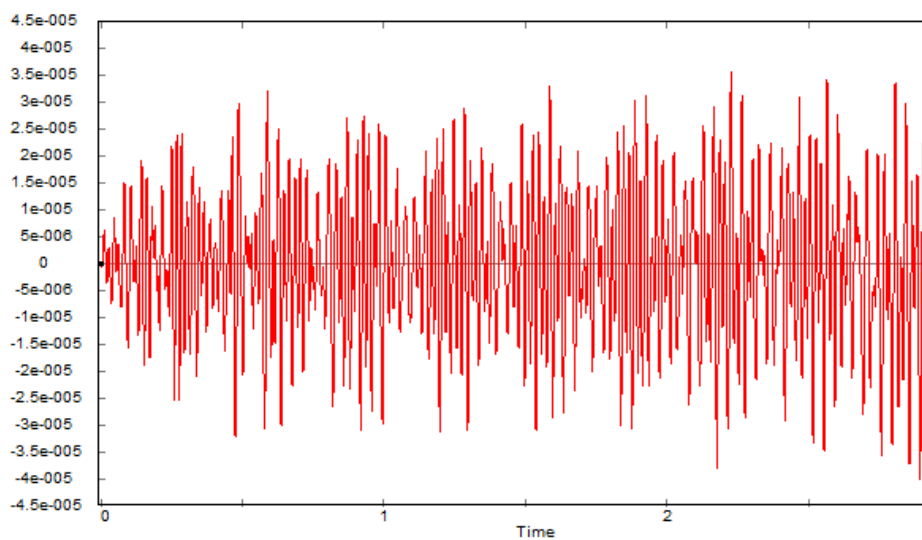


Fig. 89 – Desplazamientos en “X” E15 Vertical:  $\Delta Y$  máx.=  $1.83 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $| 1.98 \times 10^{-5} |$  m

Fuente: Elaboración Propia

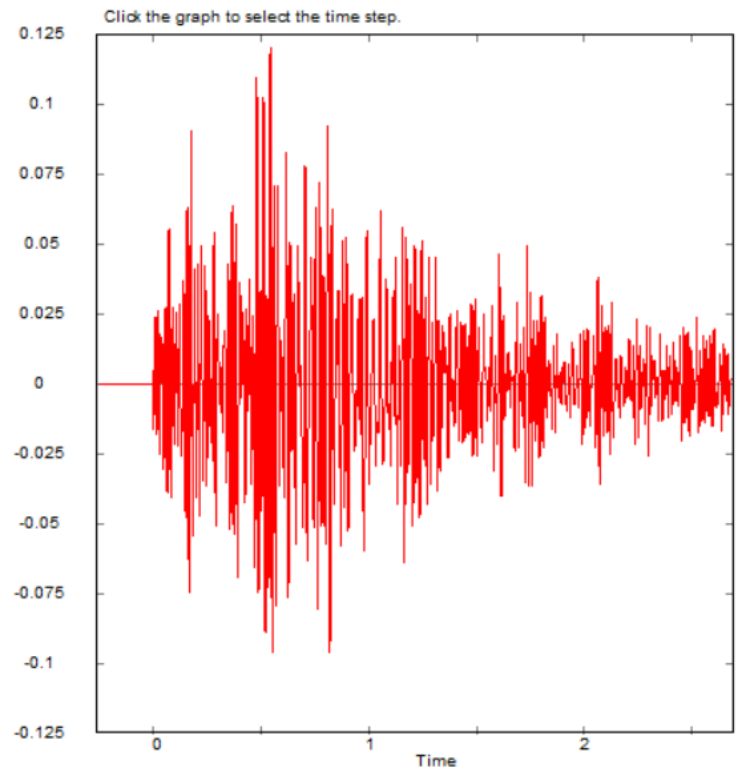
## ESTACIÓN 17: DIRECCIÓN LONGITUDINAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 90) y espectro de respuesta (fig. 91).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 90 – Acelerograma Est. 17 dirección longitudinal

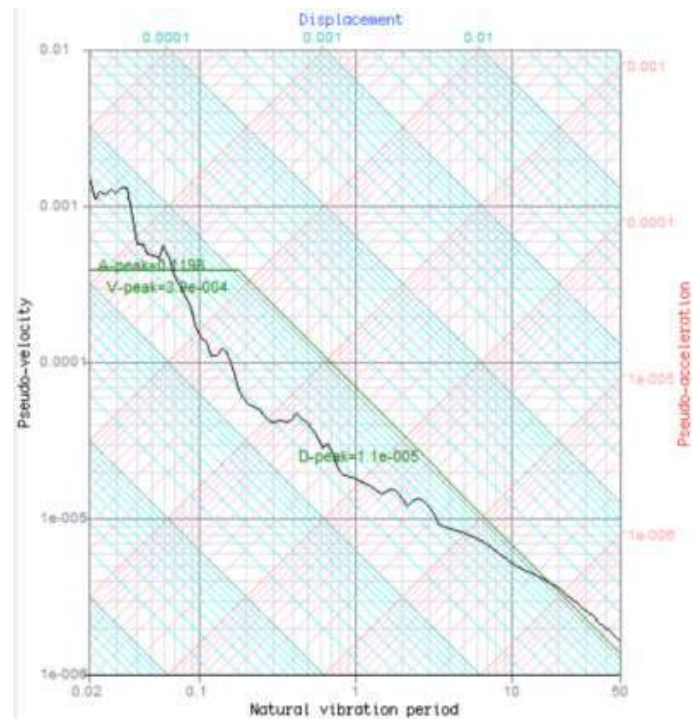
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.1198 \text{ m/s}^2$ )

Fig. 91 – Espectro de respuesta Est. 17 dirección longitudinal

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección “X” como en “Y” para la Estación 17 Dirección Longitudinal (ver figuras 92 y 93).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

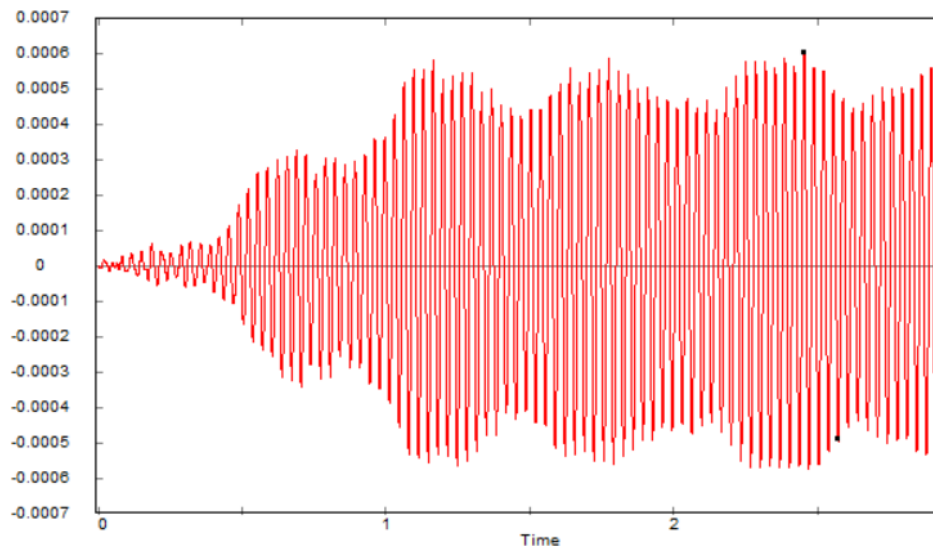


Fig. 92 – Desplazamientos en “X” E17 Longitudinal:  $\Delta X$  máx.=  $6.00 \times 10^{-4}$  m;  $\Delta X$  min=  $| 5.82 \times 10^{-4} |$  m  
Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

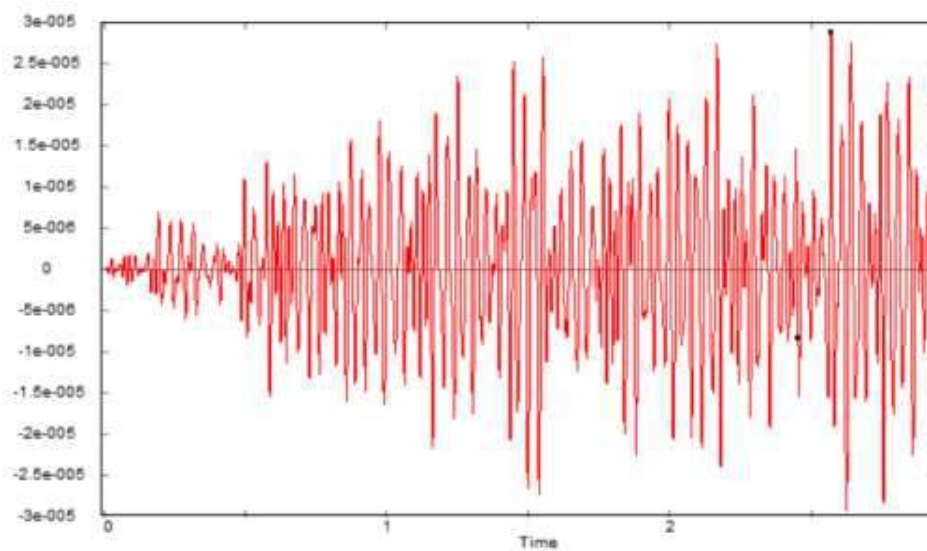


Fig. 93 – Desplazamientos en “Y” E17 Longitudinal:  $\Delta Y$  máx.=  $2.87 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $| 2.94 \times 10^{-5} |$  m  
Fuente: Elaboración Propia

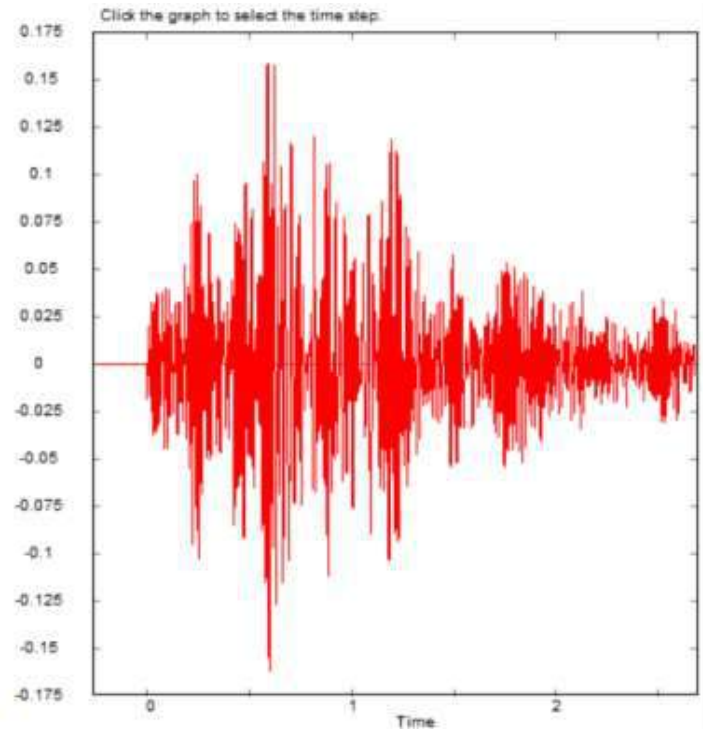
## ESTACION 17: DIRECCION TRANSVERSAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 94) y espectro de respuesta (fig. 95).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 94 – Acelerograma  
Est. 17 dirección  
transversal

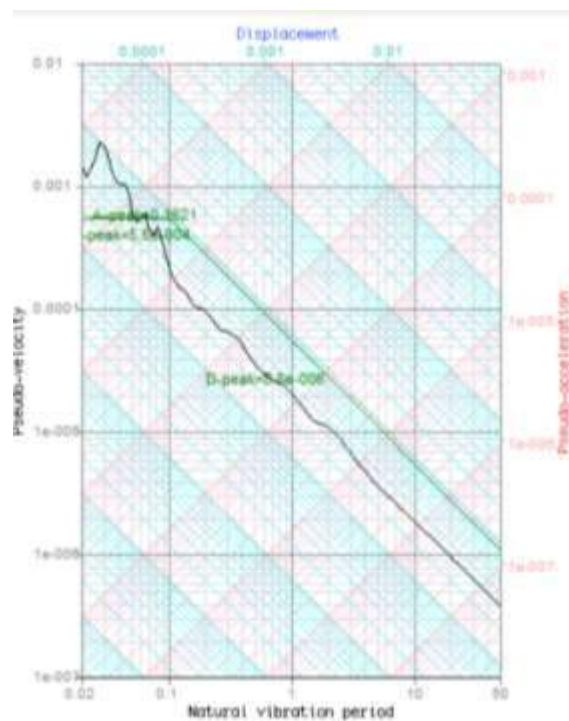
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.1621$ m/s<sup>2</sup>)

Fig. 95 – Espectro de  
respuesta Est. 17 dirección  
transversal

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección “X” como en “Y” para la Estación 17 Dirección Transversal (ver figuras 96 y 97).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

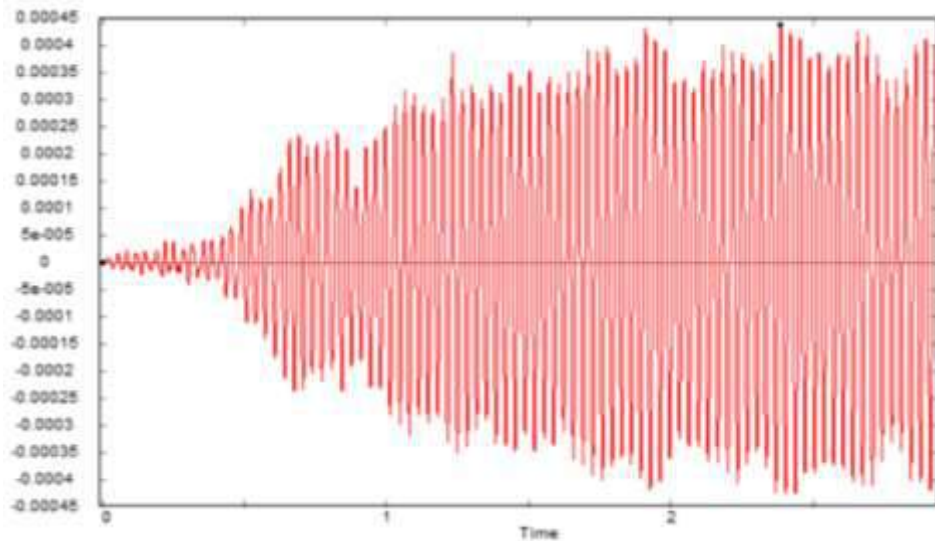


Fig. 96 – Desplazamientos en “X” E17 Transversal:  $\Delta X$  máx.=  $4.37 \times 10^{-4}$  m;  $\Delta X$  min=  $|4.26 \times 10^{-4}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

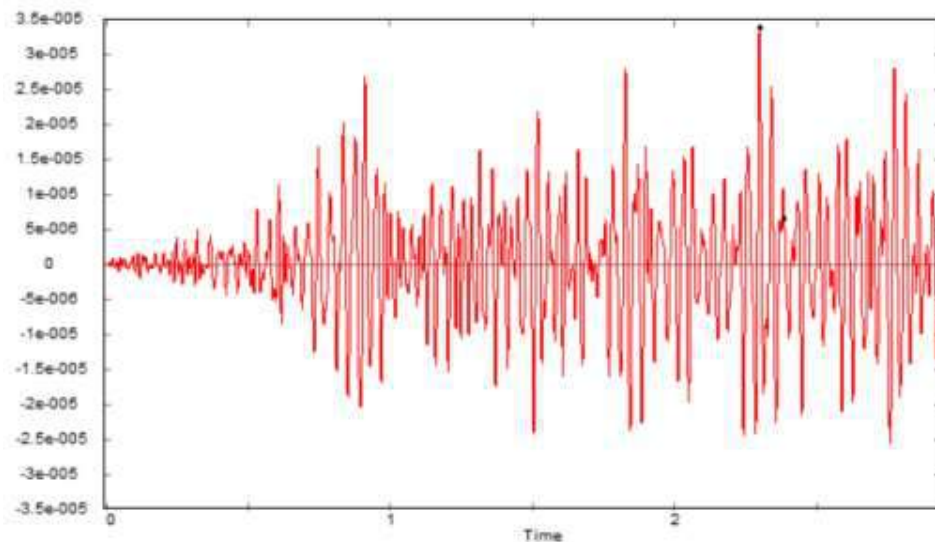


Fig. 97 – Desplazamientos en “Y” E17 Transversal:  $\Delta Y$  máx.=  $3.37 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|2.56 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

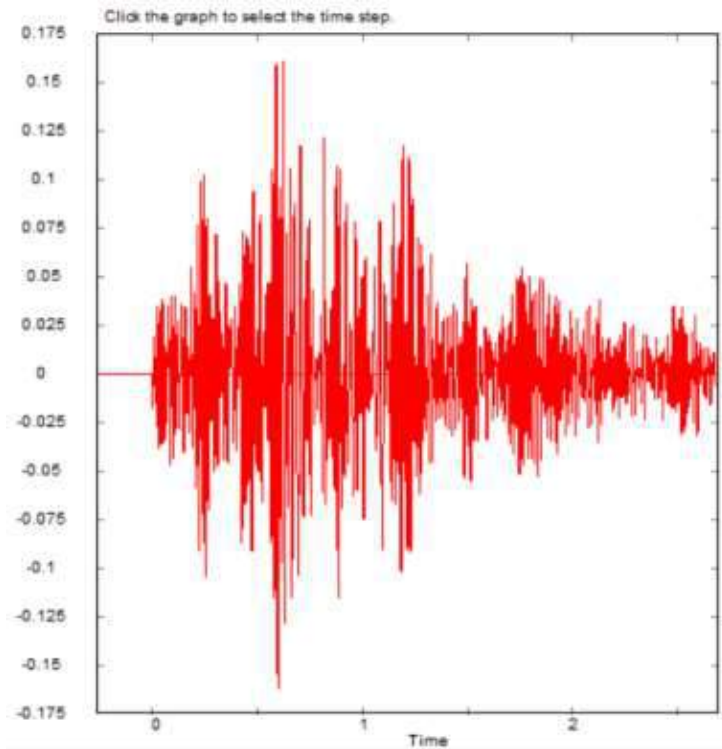
## ESTACIÓN 17: DIRECCIÓN VERTICAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 98) y espectro de respuesta (fig. 99).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 98 – Acelerograma Est. 17 dirección vertical

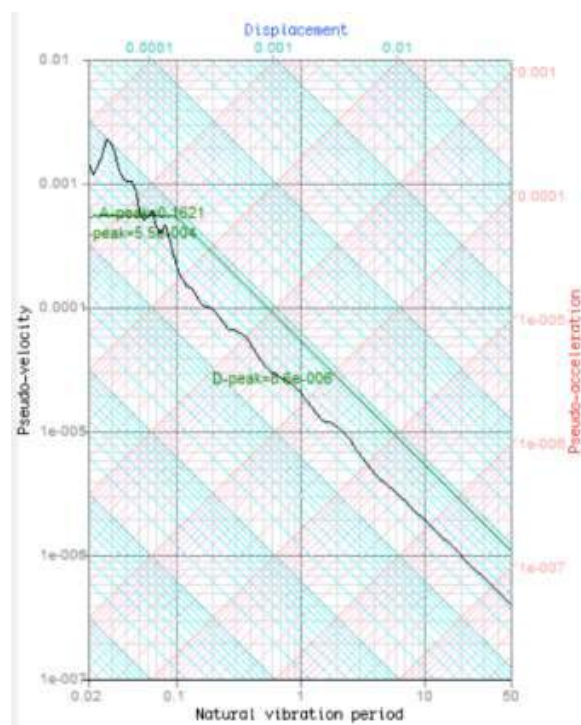
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.1621$ )

Fig. 99 – Espectro de respuesta Est. 17 dirección vertical

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la dirección “X” como en “Y” para la Estación 17 Dirección Vertical (ver figuras 100 y 101).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

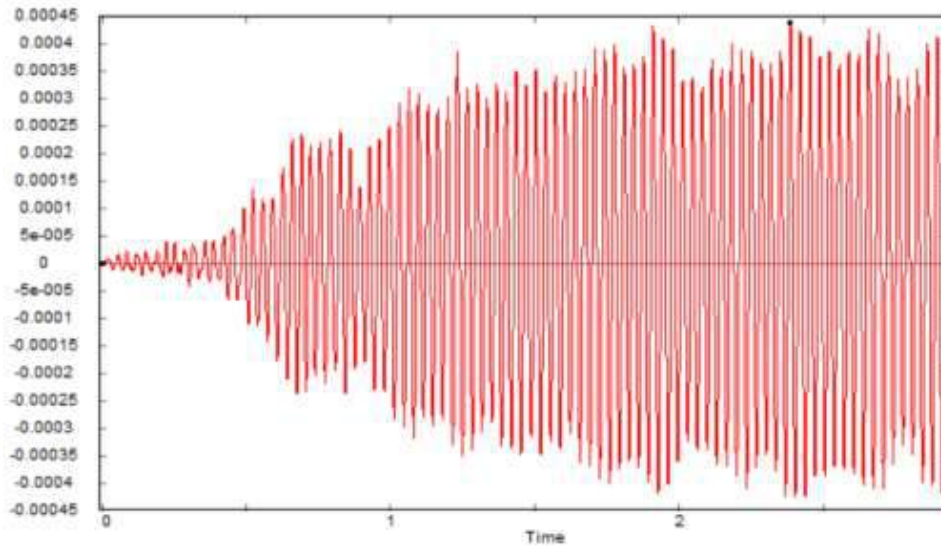


Fig. 100 – Desplazamientos en “X” E17 Vertical:  $\Delta X$  máx.=  $4.38 \times 10^{-4}$  m;  $\Delta X$  min=  $|4.26 \times 10^{-4}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

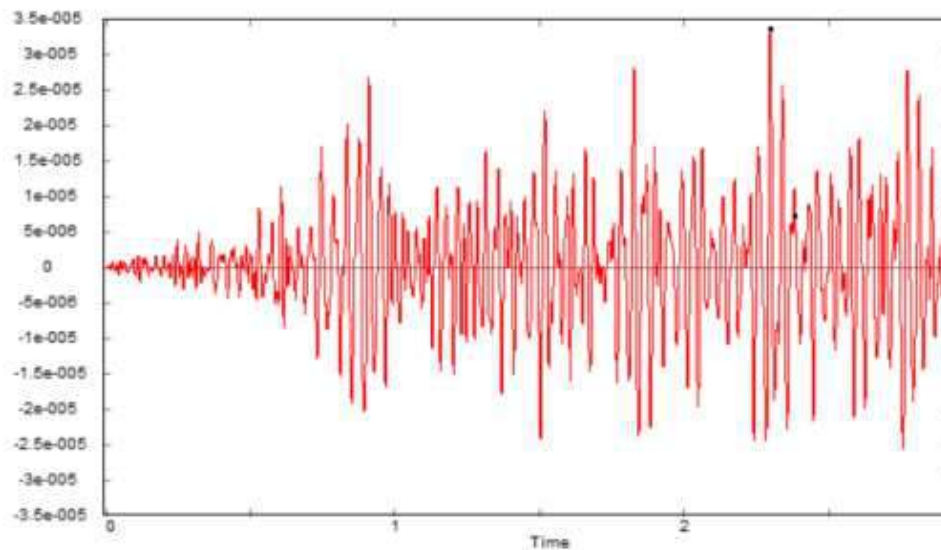


Fig. 101 – Desplazamientos en “Y” E17 Vertical:  $\Delta Y$  máx.=  $3.36 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|2.55 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia



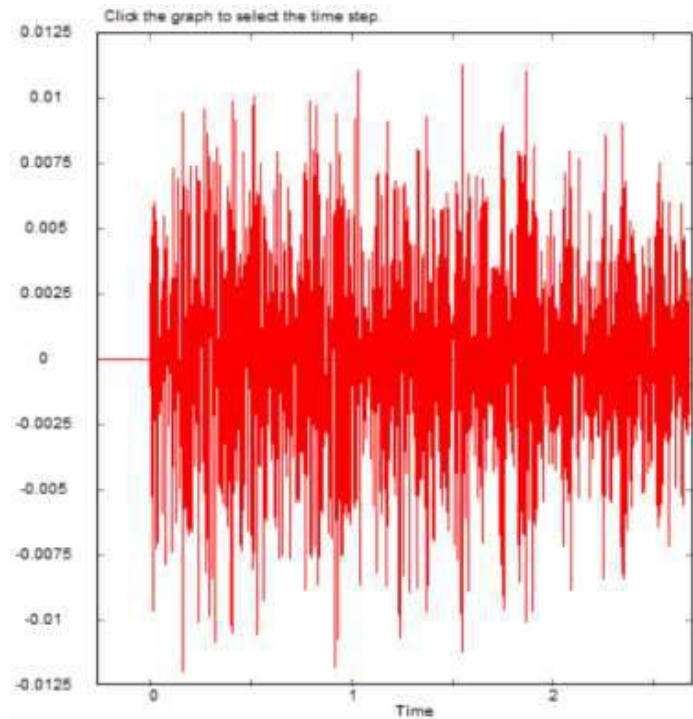
## ESTACIÓN 18: DIRECCIÓN LONGITUDINAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 102) y espectro de respuesta (fig. 103).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 102 – Acelerograma Est. 18 dirección longitudinal

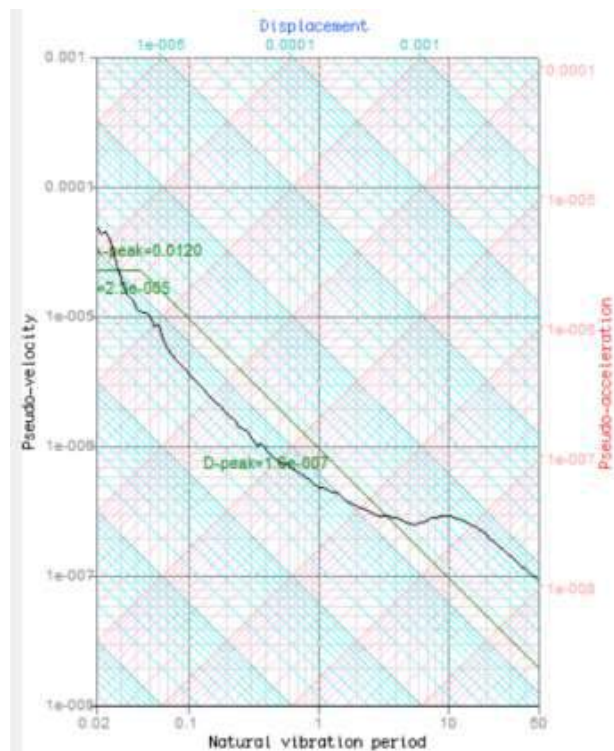
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.0120$ )

Fig. 103 – Espectro de respuesta Est. 18 dirección longitudinal

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la direcciones “X” y “Y” para la Estación 18 Dirección Longitudinal (ver figuras 104 y 105).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

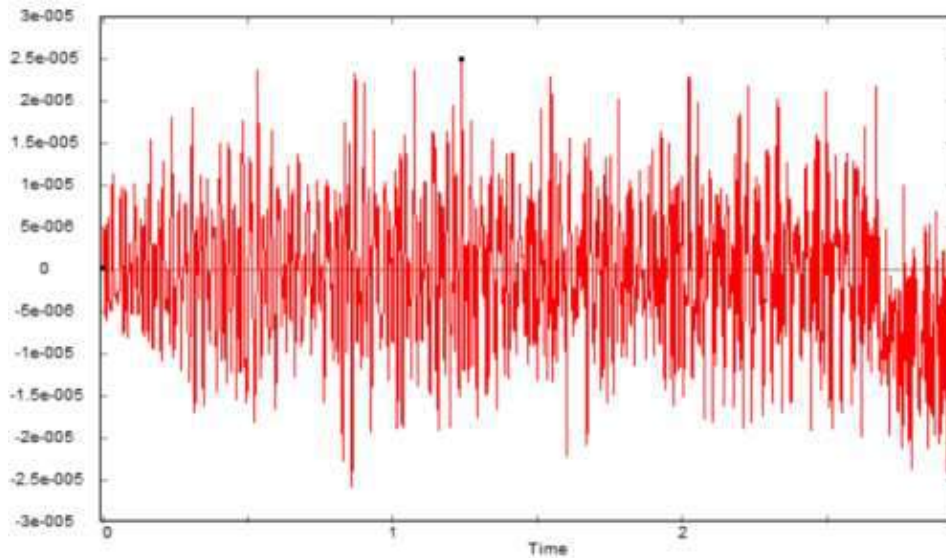


Fig. 104 – Desplazamientos en “X” E18 Longitudinal:  $\Delta X$  máx.=  $2.49 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $|2.59 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

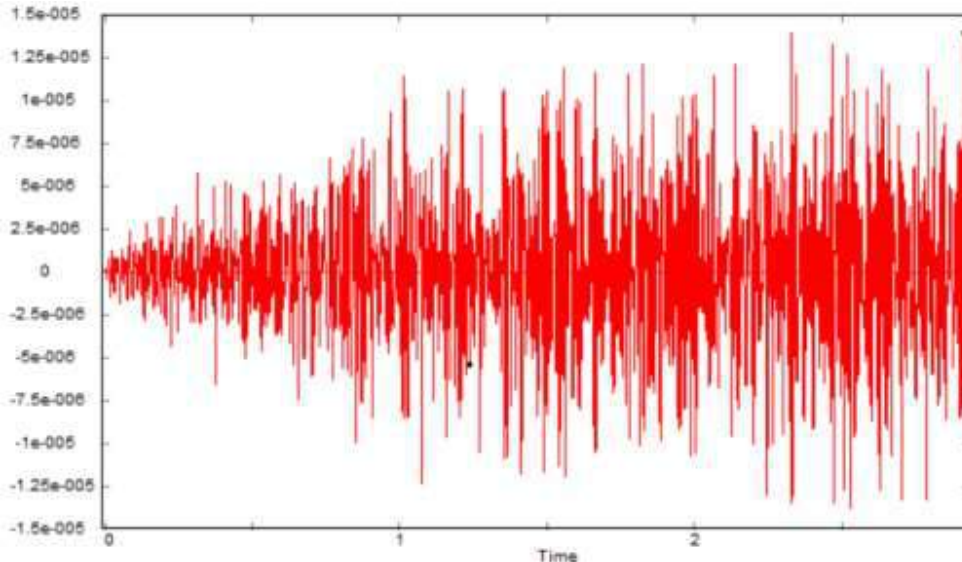


Fig. 105 – Desplazamientos en “Y” E18 Longitudinal:  $\Delta Y$  máx.=  $1.39 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|1.38 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

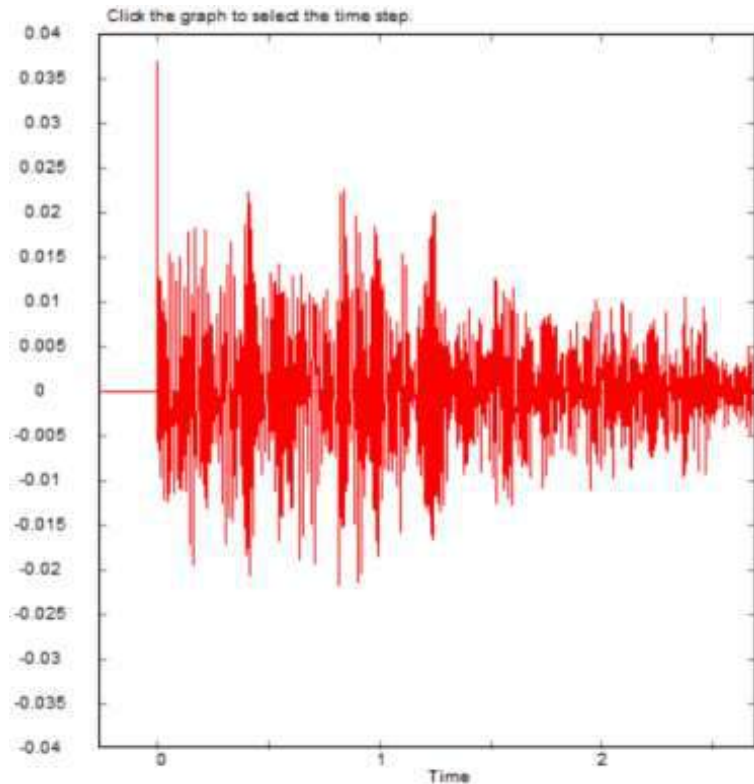
## ESTACIÓN 18: DIRECCIÓN TRANSVERSAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 106) y espectro de respuesta (fig. 107).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 106 – Acelerograma Est. 18 dirección transversal

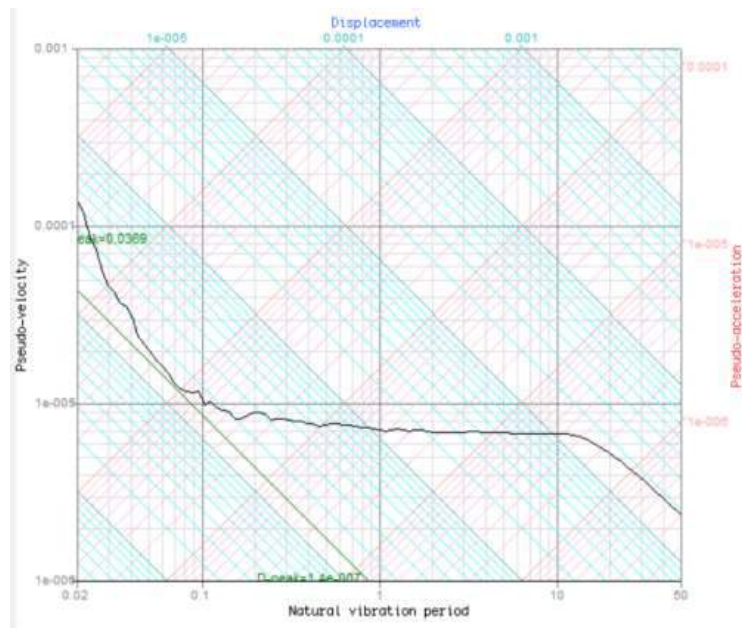
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.0369$ )

Fig. 107 – Espectro de respuesta Est. 18 dirección transversal

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la direcciones “X” y “Y” para la Estación 18 Dirección Transversal (ver figuras 108 y 109).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

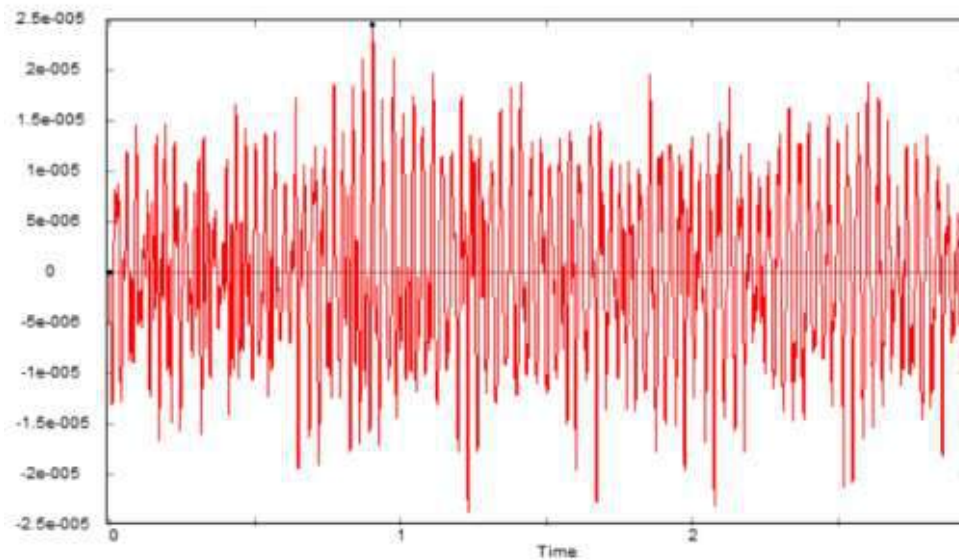


Fig. 108 – Desplazamientos en “X” E18 Transversal:  $\Delta X$  máx.=  $2.45 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $|2.37 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y

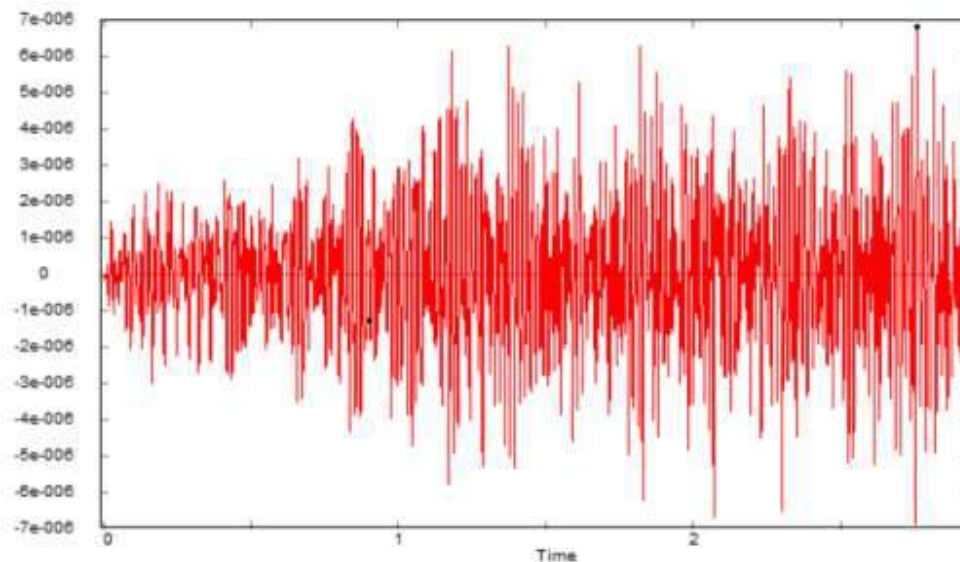


Fig. 109 – Desplazamientos en “Y” E18 Transversal:  $\Delta Y$  máx.=  $6.80 \times 10^{-6}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|6.88 \times 10^{-6}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

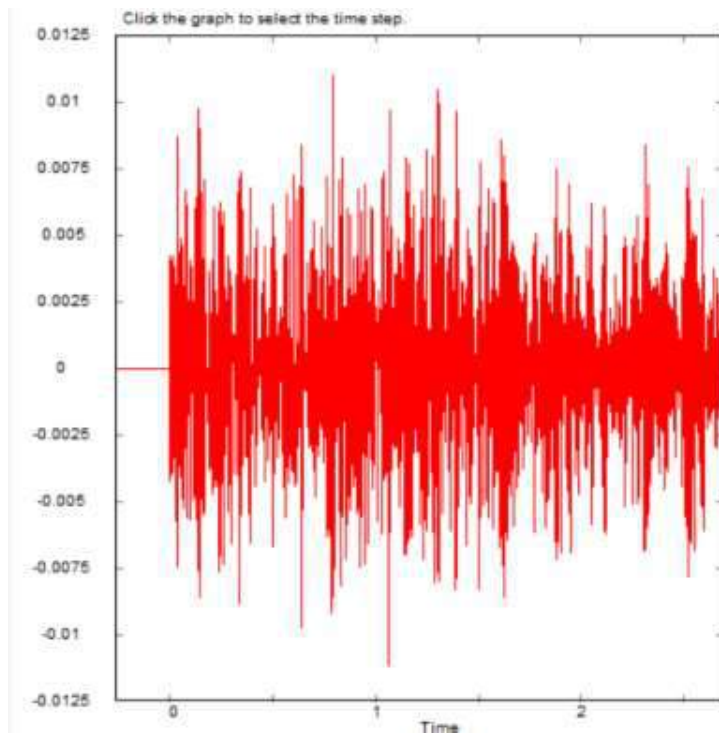
## ESTACIÓN 18: DIRECCIÓN VERTICAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 110) y espectro de respuesta (fig. 111).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 110 – Acelerograma Est. 18 dirección vertical

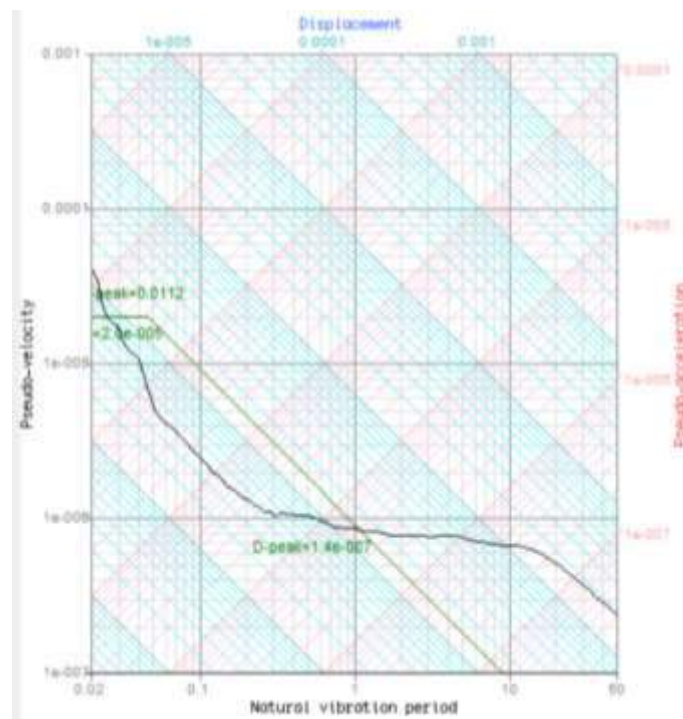
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.0112$ )

Fig. 111 – Espectro de respuesta Est. 18 dirección vertical

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en las direcciones “X” y “Y” para la Estación 18 Dirección Vertical (ver figuras 112 y 113).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

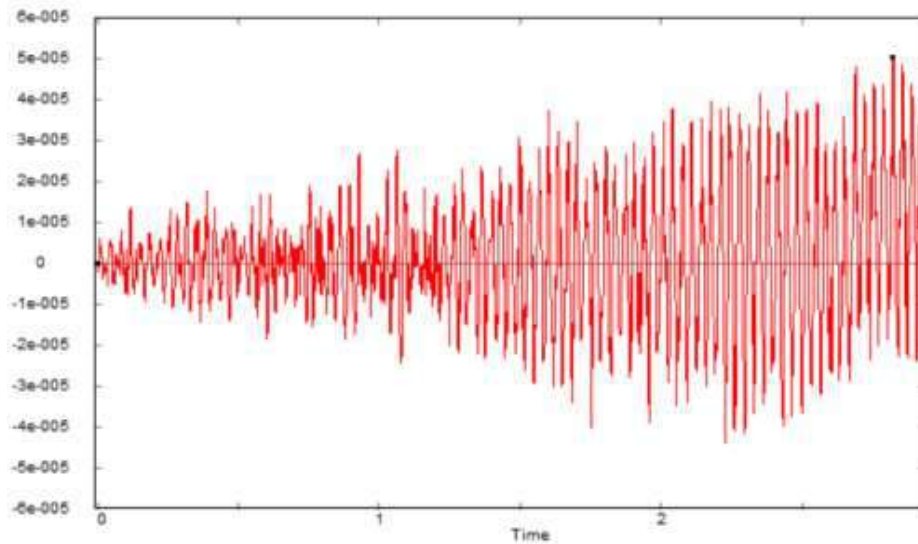


Fig. 112 – Desplazamientos en “X” E18 Vertical:  $\Delta X$  máx.=  $5.01 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $|4.42 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

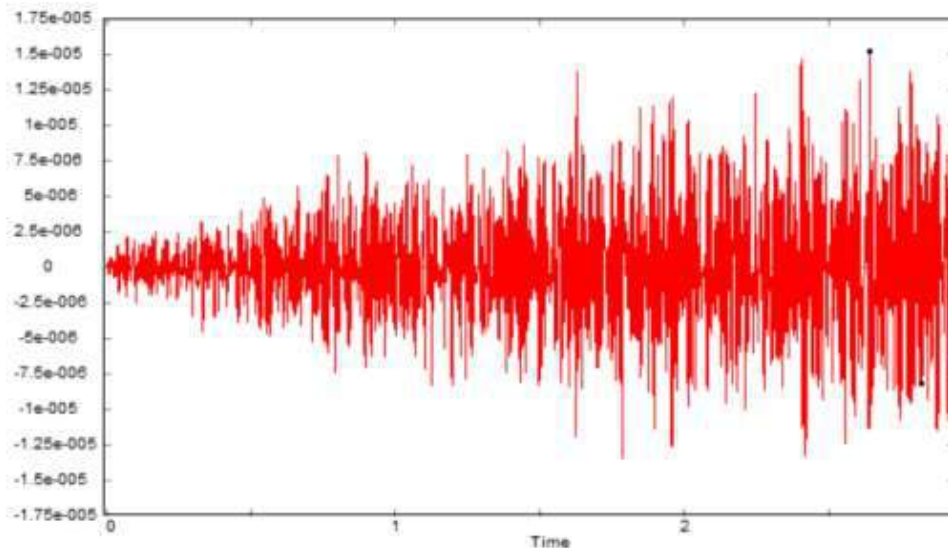


Fig. 113– Desplazamientos en “Y” E18 Vertical:  $\Delta Y$  máx.=  $1.51 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|1.35 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

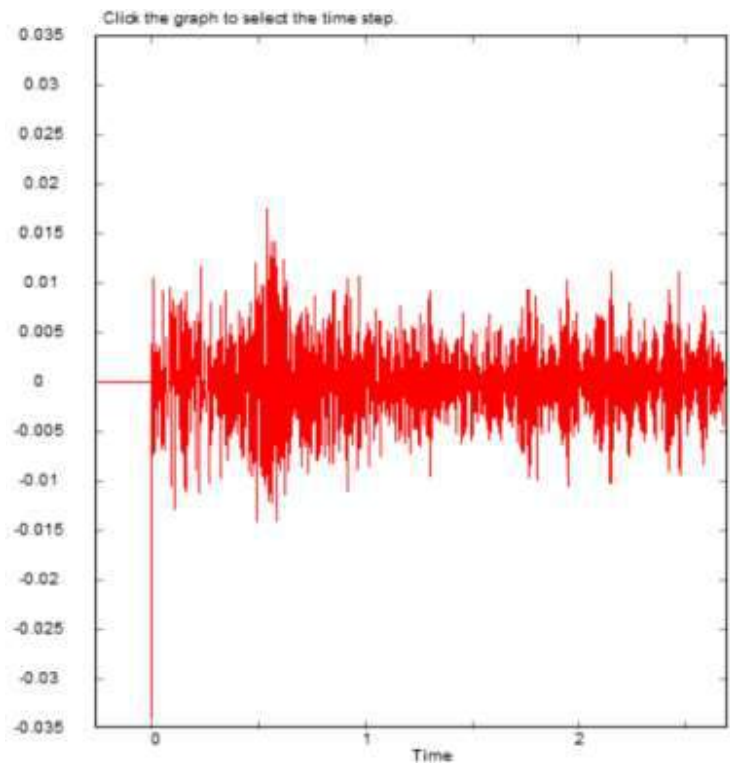
## ESTACIÓN 19: DIRECCIÓN LONGITUDINAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 114) y espectro de respuesta (fig. 115).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 114 – Acelerograma Est. 19 dirección longitudinal

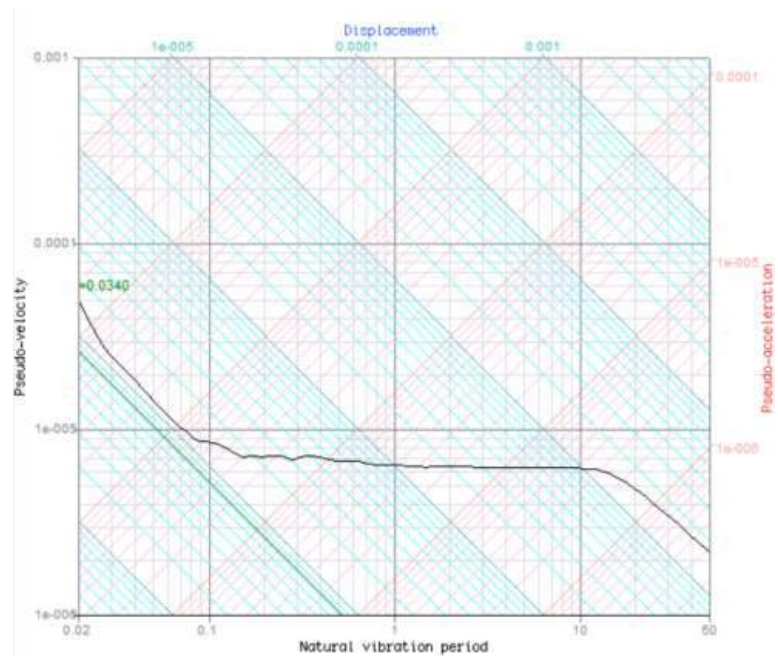
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.0340$ )

Fig. 115– Espectro de respuesta Est. 19 dirección longitudinal

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en las direcciones “X” y “Y” para la Estación 19 Dirección Longitudinal (ver figuras 116 y 117).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

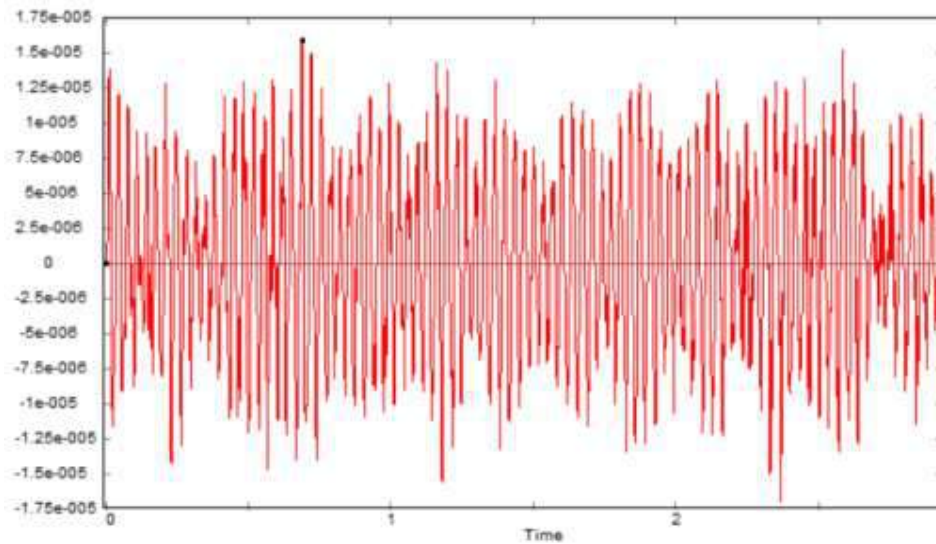


Fig. 116 – Desplazamientos en “X” E19 Longitudinal:  $\Delta X$  máx.=  $1.59 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $1.70 \times 10^{-5}$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

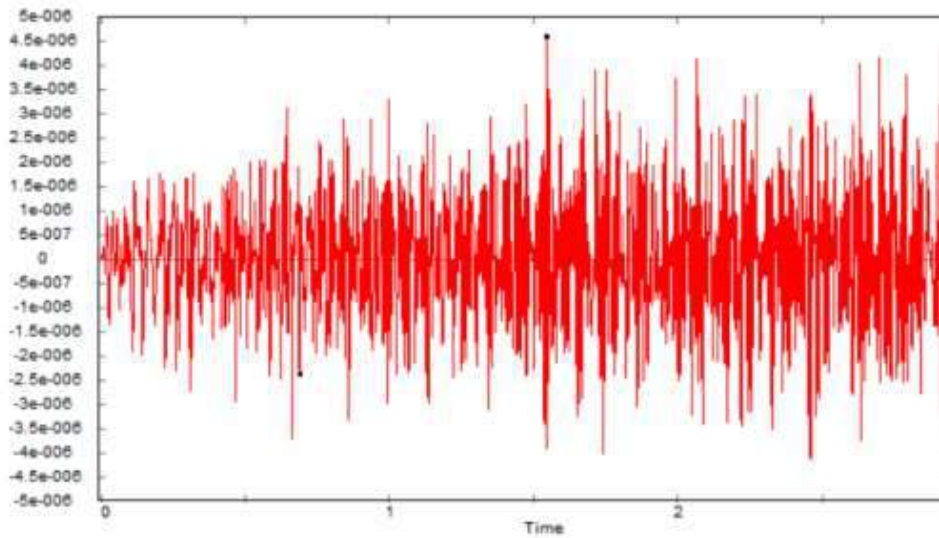


Fig. 117 – Desplazamientos en “Y” E19 Longitudinal:  $\Delta Y$  máx.=  $4.57 \times 10^{-6}$  m;  $\Delta Y$  min=  $4.17 \times 10^{-6}$  m

Fuente: Elaboración Propia



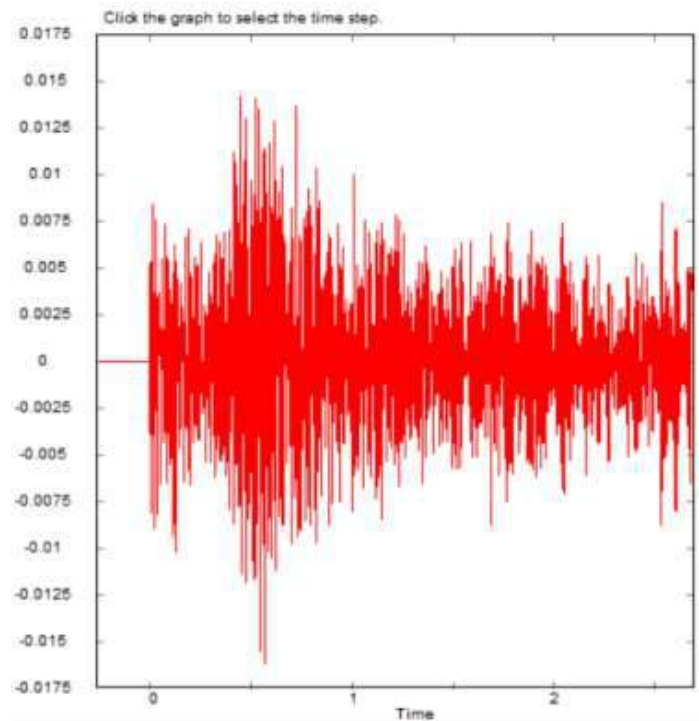
## ESTACIÓN 19: DIRECCIÓN TRANSVERSAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 118) y espectro de respuesta (fig. 119).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 118 – Acelerograma  
Est. 19 dirección  
transversal

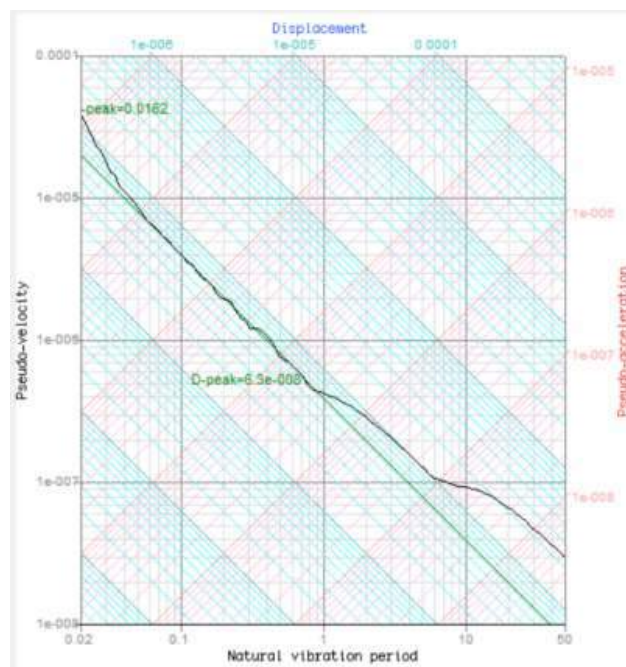
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a =$ 0.0162 m/s<sup>2</sup>)

Fig. 119 – Espectro de  
respuesta Est. 19 dirección  
transversal

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la direcciones “X” y “Y” para la Estación 19 Dirección Transversal (ver figuras 120 y 121).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

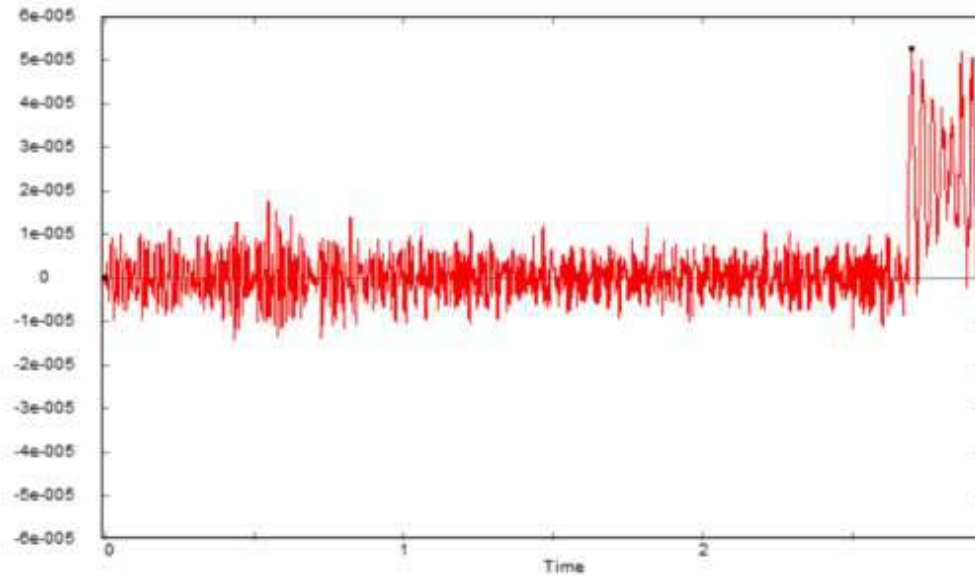


Fig. 120 – Desplazamientos en “X” E19 Transversal:  $\Delta X$  máx.=  $5.25 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $|1.46 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

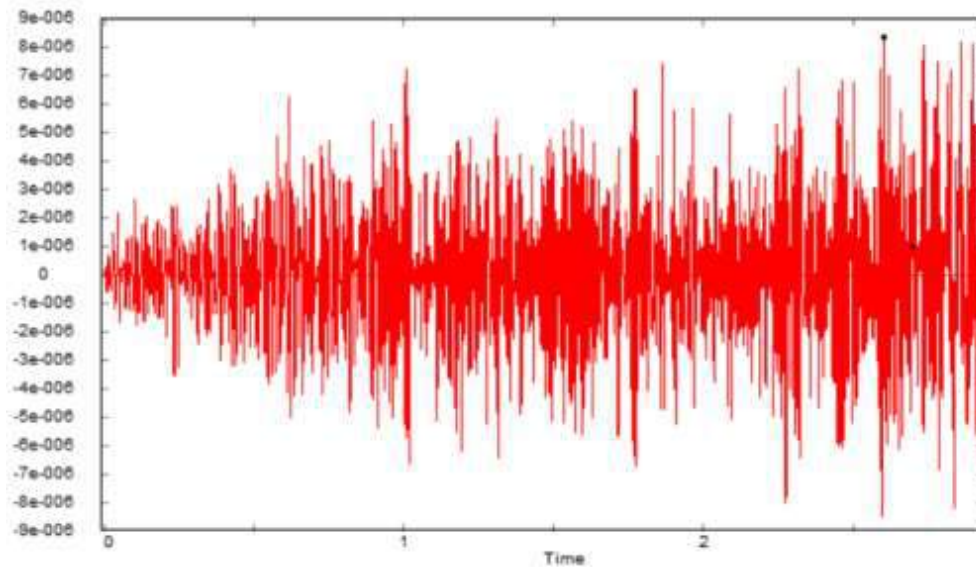


Fig. 121 – Desplazamientos en “Y” E19 Transversal:  $\Delta Y$  máx.=  $8.31 \times 10^{-6}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|8.53 \times 10^{-6}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

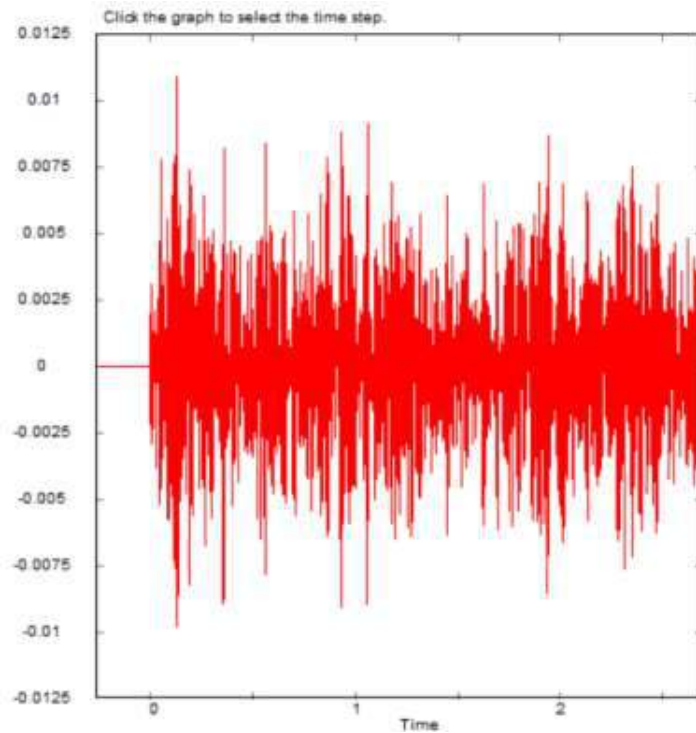
## ESTACIÓN 19: DIRECCIÓN VERTICAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 122) y espectro de respuesta (fig. 123).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 122 – Acelerograma Est. 19 dirección vertical

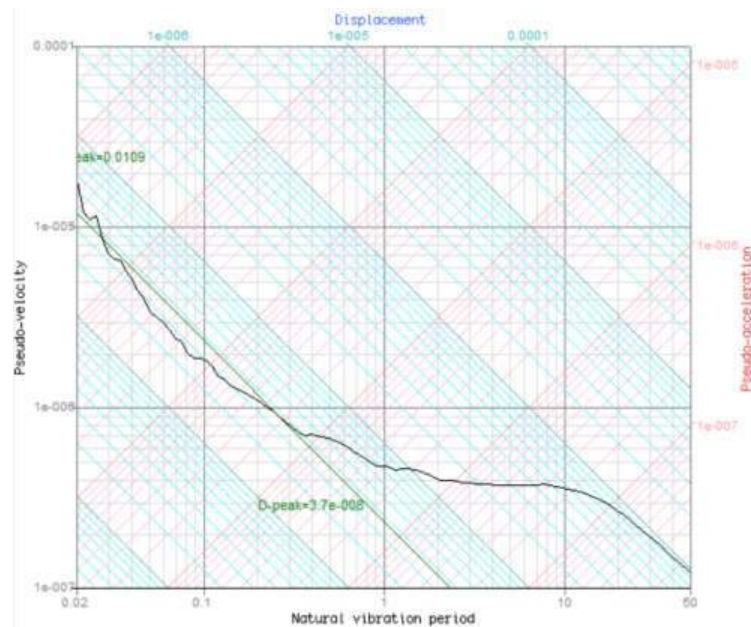
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.0109 \text{ m/s}^2$ )

Fig. 123 – Espectro de respuesta Est. 19 dirección vertical

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en las direcciones “X” y “Y” para la Estación 19 Dirección Vertical (ver figuras 124 y 125).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

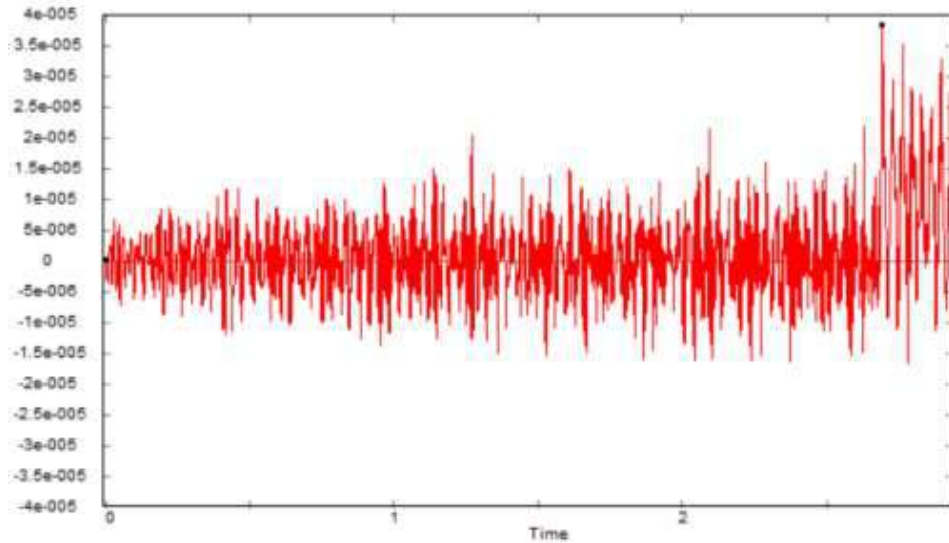


Fig. 124 – Desplazamientos en “X” E19 Vertical:  $\Delta X$  máx.=  $3.82 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $|1.66 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

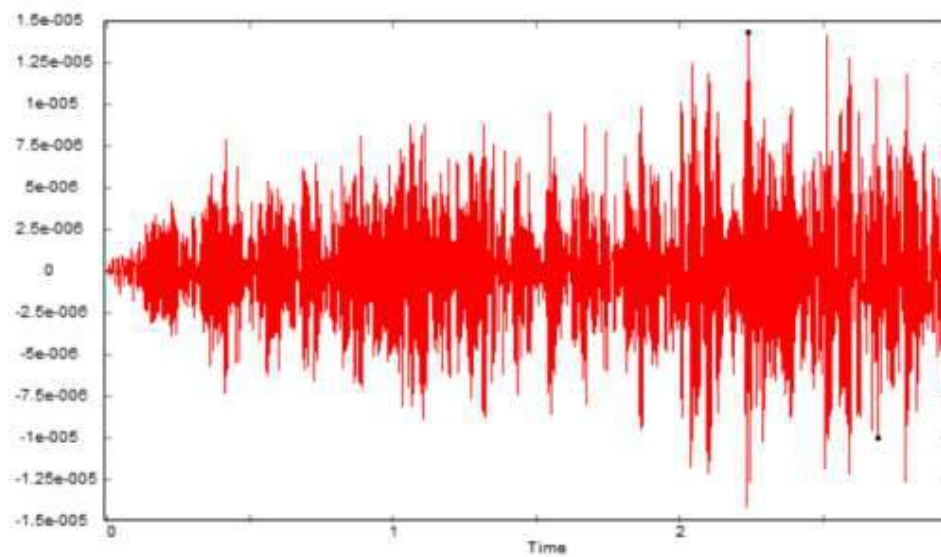


Fig. 125 – Desplazamientos en “Y” E19 Vertical:  $\Delta Y$  máx.=  $1.43 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|1.42 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

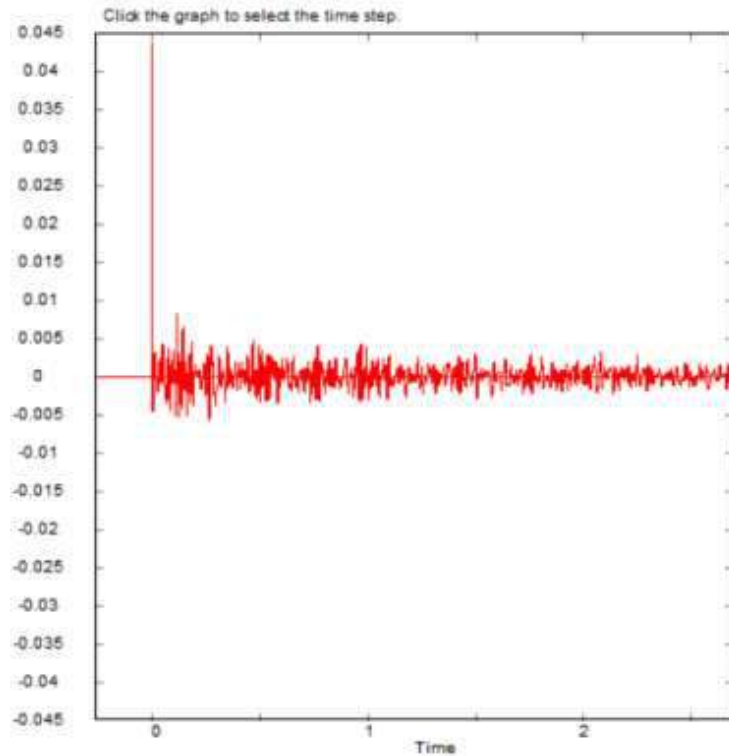
## ESTACIÓN 20: DIRECCIÓN LONGITUDINAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 126) y espectro de respuesta (fig. 127).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 126 – Acelerograma Est. 20 dirección longitudinal

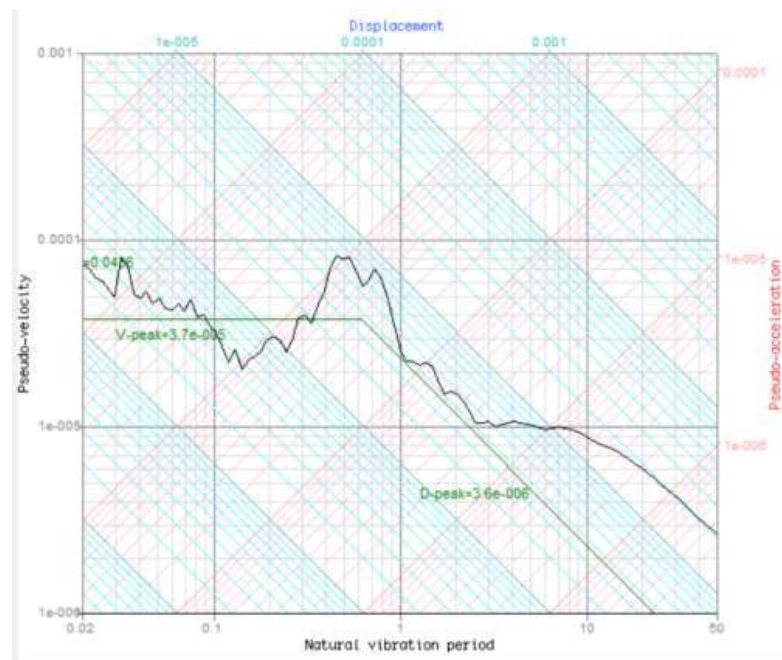
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.0436$ )

Fig. 127 – Espectro de respuesta Est. 20 dirección longitudinal

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en las direcciones “X” y “Y” para la Estación 20 Dirección Longitudinal (ver figuras 128 y 129).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

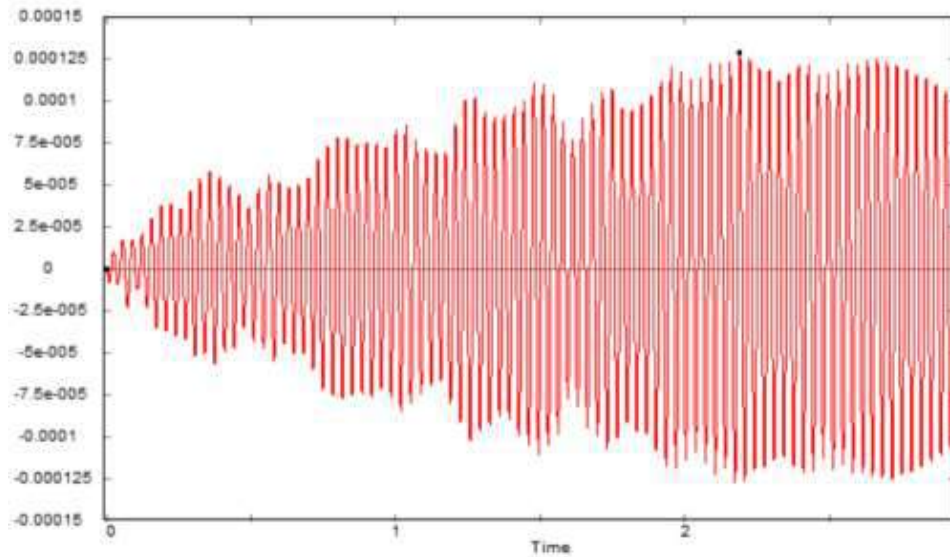


Fig. 128 – Desplazamientos en “X” E20 Longitudinal:  $\Delta X$  máx.=  $1.28 \times 10^{-4}$  m;  $\Delta X$  min=  $|1.27 \times 10^{-4}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

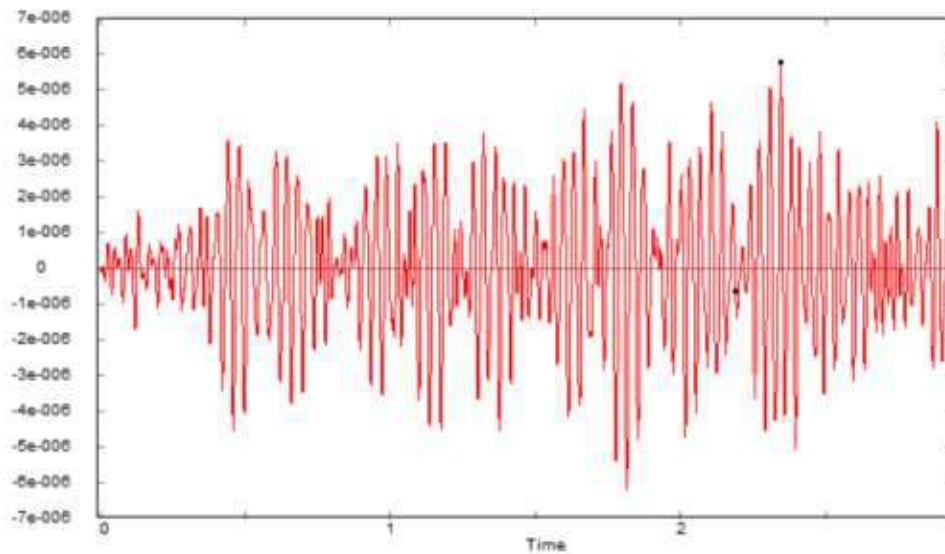


Fig. 129 – Desplazamientos en “Y” E20 Longitudinal:  $\Delta Y$  máx.=  $5.76 \times 10^{-6}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|6.22 \times 10^{-6}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

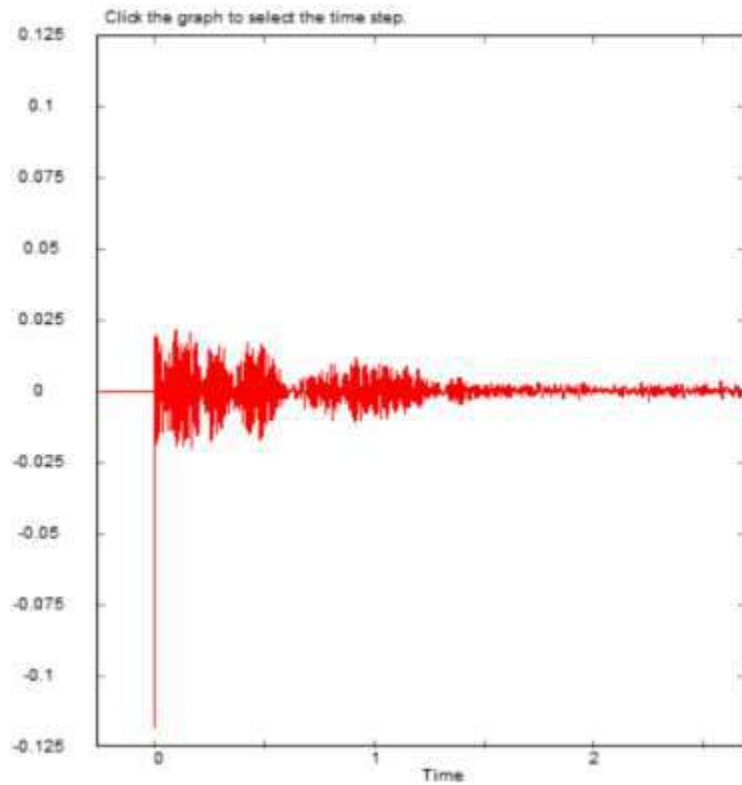
## ESTACIÓN 20: DIRECCIÓN TRANSVERSAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 130) y espectro de respuesta (fig. 131).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 130 – Acelerograma  
Est. 20 dirección  
transversal

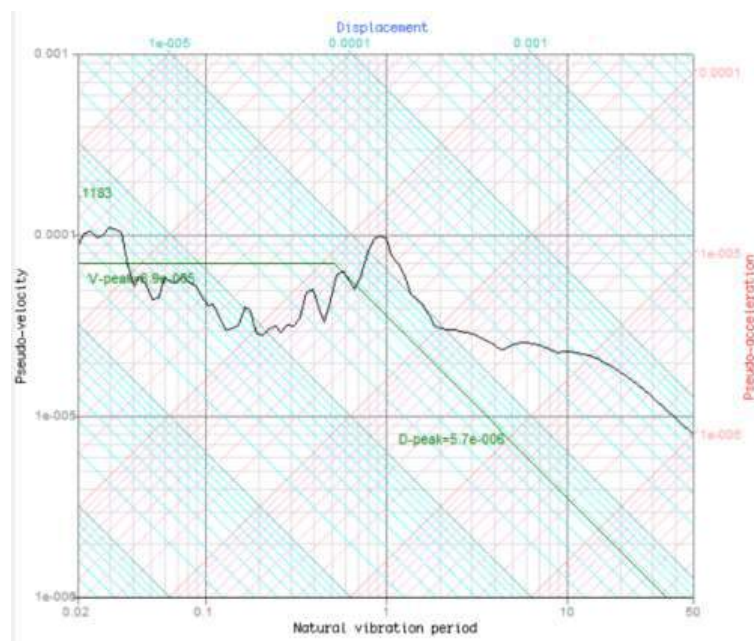
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a =$ 0.1183 m/s<sup>2</sup>)

Fig. 131 – Espectro de  
respuesta Est. 20 dirección  
transversal

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en las direcciones “X” y “Y” para la Estación 20 Dirección Transversal (ver figuras 132 y 133).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

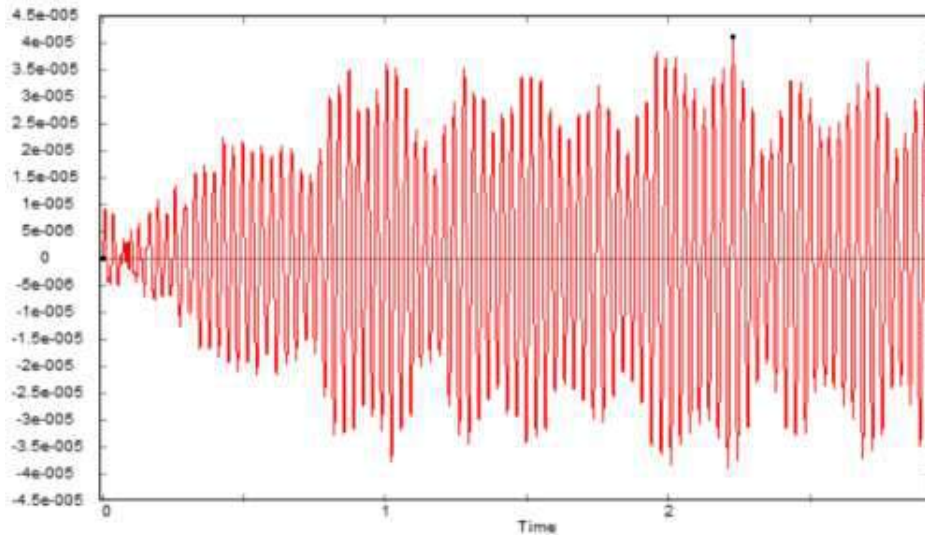


Fig. 132 – Desplazamientos en “X” E20 Transversal:  $\Delta X$  máx.=  $4.10 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $|3.90 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

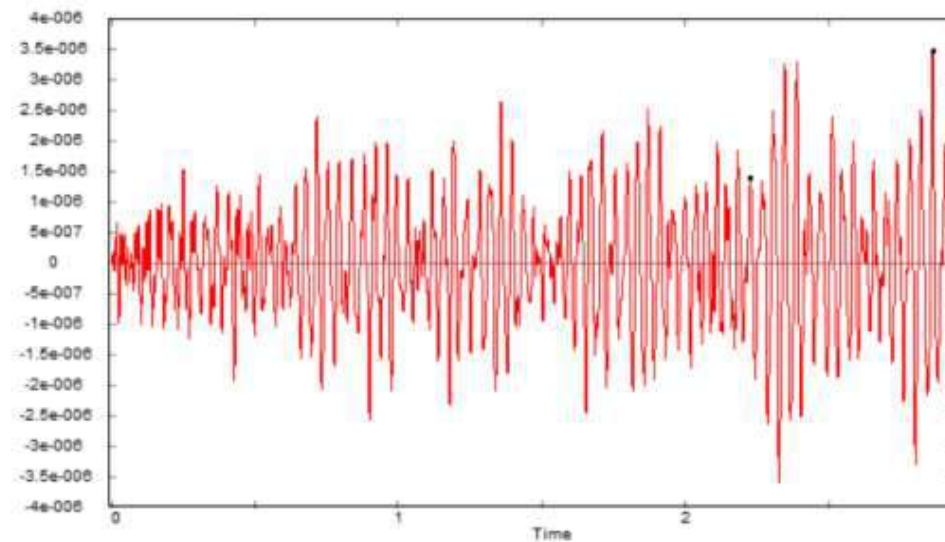


Fig. 133 – Desplazamientos en “Y” E20 Transversal:  $\Delta Y$  máx.=  $3.47 \times 10^{-6}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|3.58 \times 10^{-6}|$  m

Fuente: Elaboración Propia



## ESTACIÓN 20: DIRECCIÓN VERTICAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 134) y espectro de respuesta (fig. 135).

### 1) ACELEROGRAMA

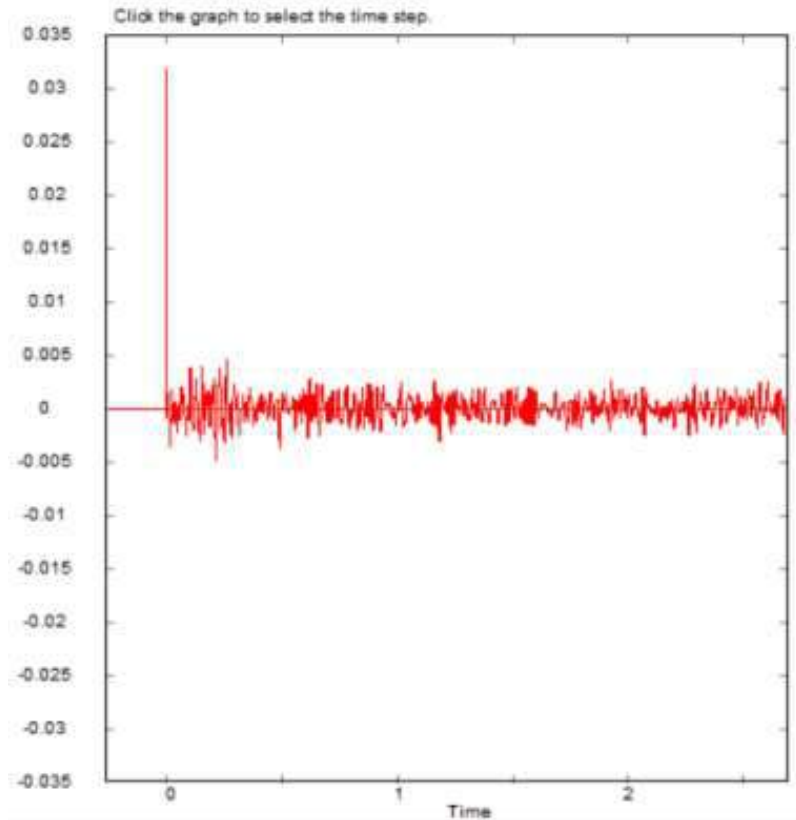


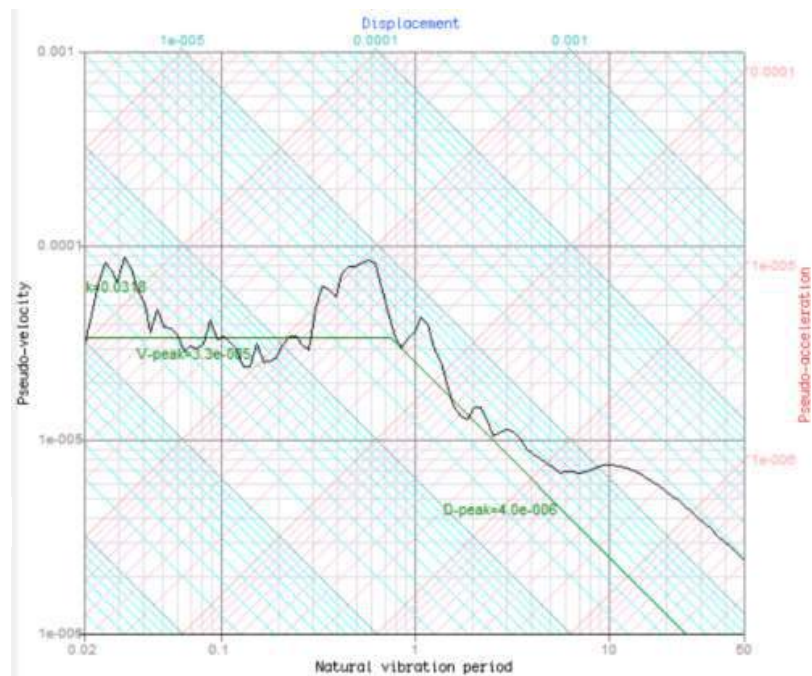
Fig. 134 – Acelerograma Est. 20 dirección vertical

Fuente: Elaboración Propia

### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.0318$ )

Fig. 135 – Espectro de respuesta Est. 20 dirección vertical

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la direcciones “X” y “Y” para la Estación 20 Dirección Vertical (ver figuras 136 y 137).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

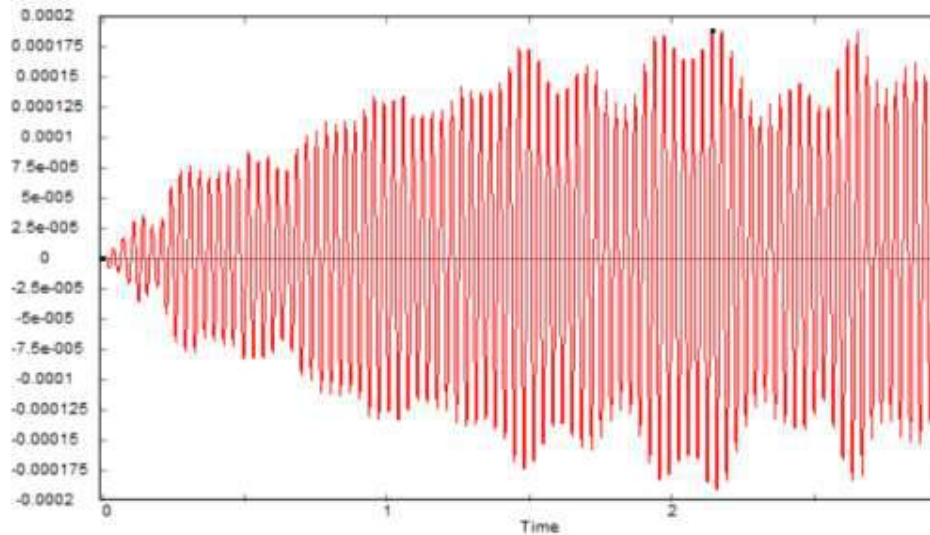


Fig. 136 – Desplazamientos en “X” E20 Vertical:  $\Delta X$  máx.=  $1.87 \times 10^{-4}$  m;  $\Delta X$  min=  $|1.91 \times 10^{-4}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

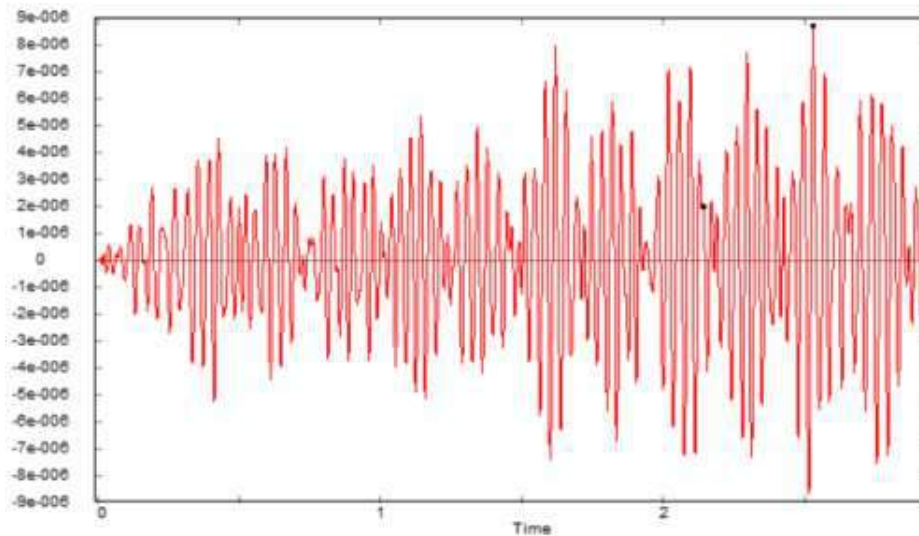


Fig. 137 – Desplazamientos en “Y” E20 Vertical:  $\Delta Y$  máx.=  $8.68 \times 10^{-6}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|8.70 \times 10^{-6}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

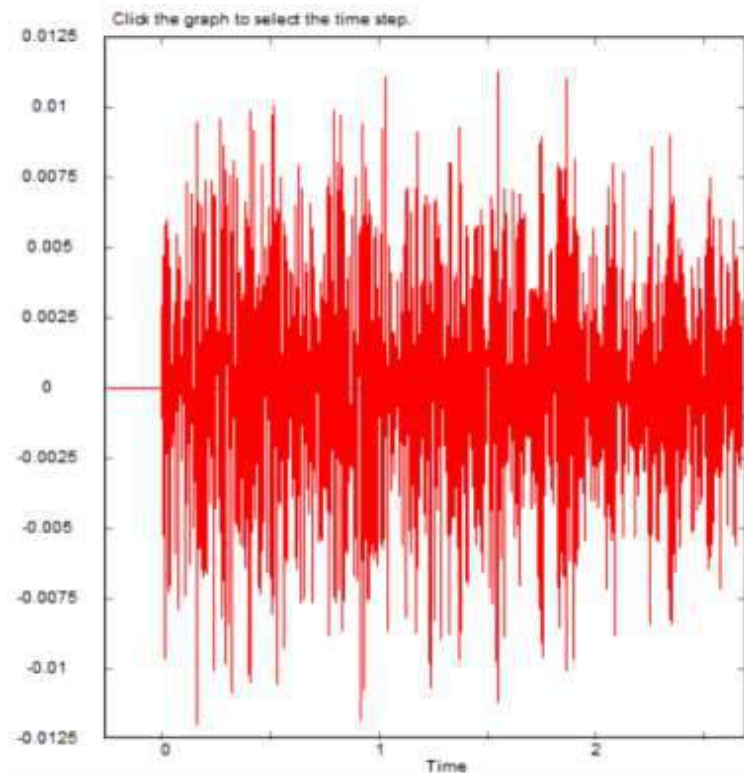
## ESTACIÓN 21: DIRECCIÓN LONGITUDINAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 138) y espectro de respuesta (fig. 139).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 138 – Acelerograma  
Est. 21 dirección  
longitudinal

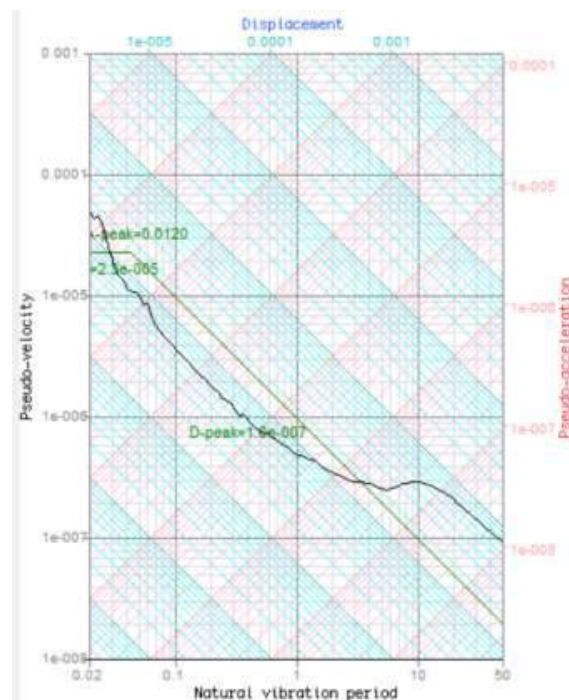
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.0120$ )

Fig. 139 – Espectro de  
respuesta Est. 21 dirección  
longitudinal

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la direcciones “X” y “Y” para la Estación 21 Dirección Longitudinal (ver figuras 140 y 141).

#### 3.1. DIRECCION X-X:

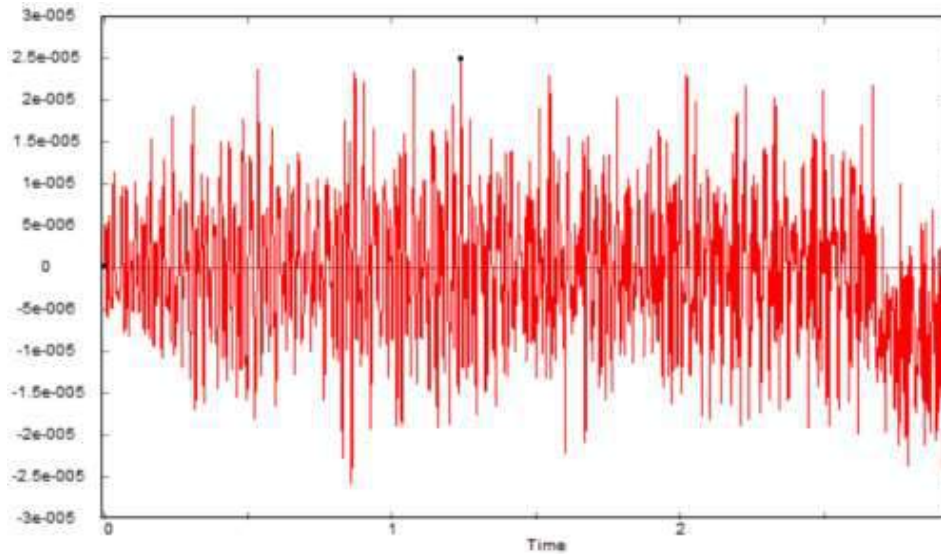


Fig. 140 – Desplazamientos en “X” E21 Longitudinal:  $\Delta X$  máx.=  $2.49 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $2.59 \times 10^{-5}$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCION Y-Y:

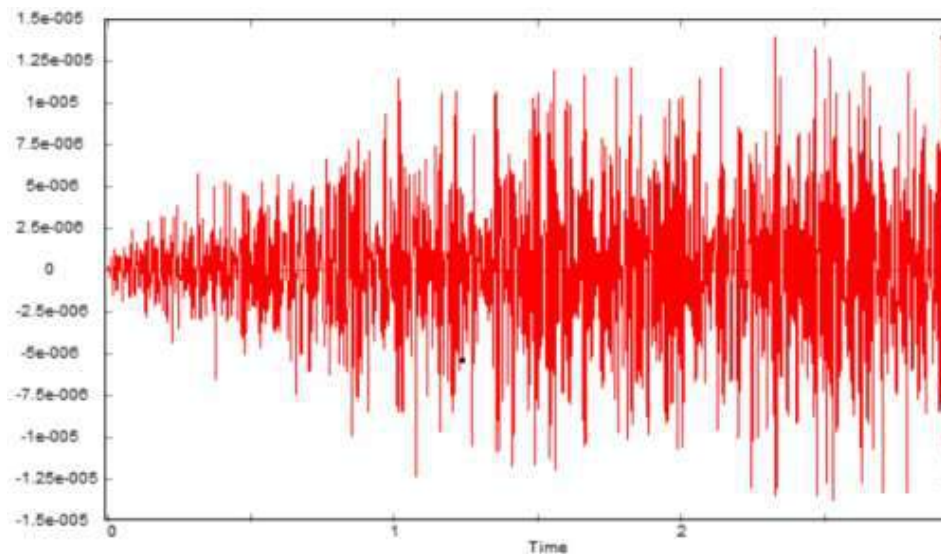


Fig. 141 – Desplazamientos en “Y” E21 Longitudinal:  $\Delta Y$  máx.=  $1.39 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $1.38 \times 10^{-5}$  m

Fuente: Elaboración Propia

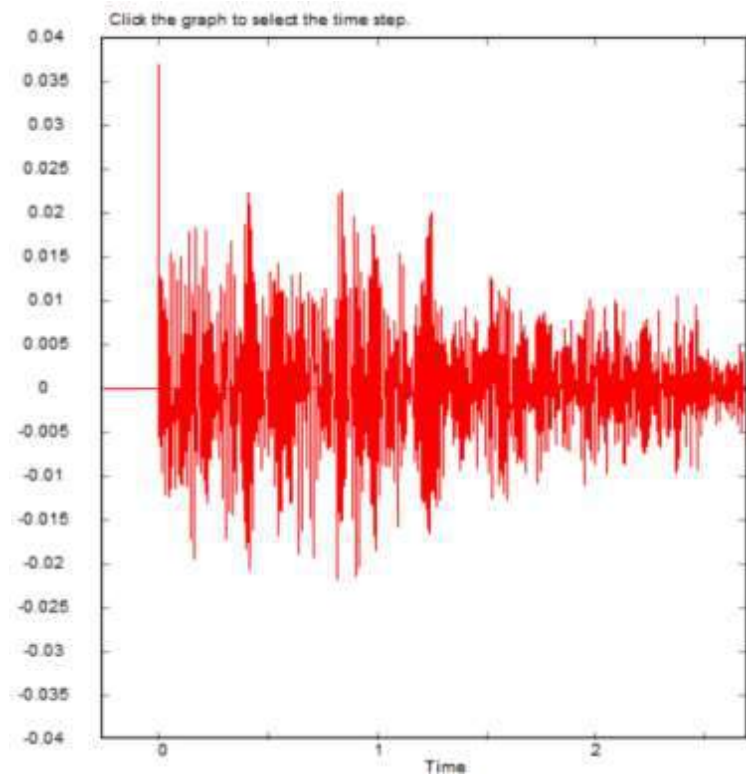
## ESTACIÓN 21: DIRECCIÓN TRANSVERSAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 142) y espectro de respuesta (fig. 143).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 142 – Acelerograma  
Est. 21 dirección  
transversal

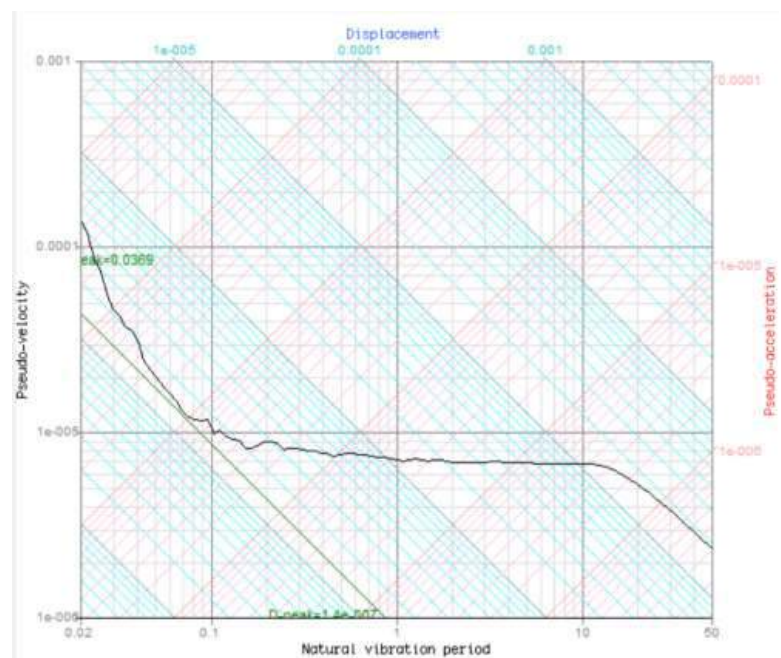
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.0369$ )

Fig. 143 – Espectro de  
respuesta Est. 21 dirección  
transversal

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la direcciones “X” y “Y” para la Estación 21 Dirección Transversal (ver figuras 144 y 145).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

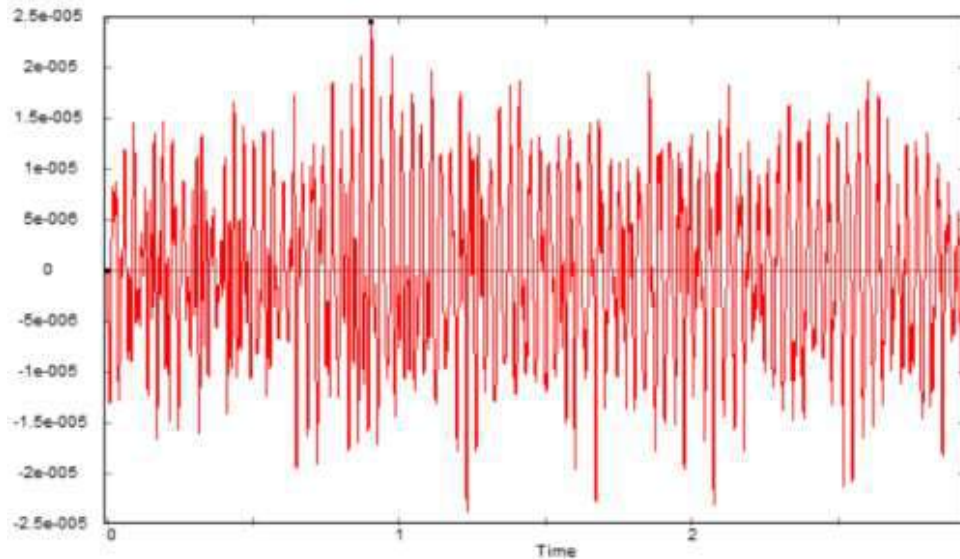


Fig. 144 – Desplazamientos en “X” E21 Transversal:  $\Delta X$  máx.=  $2.45 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $|2.37 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

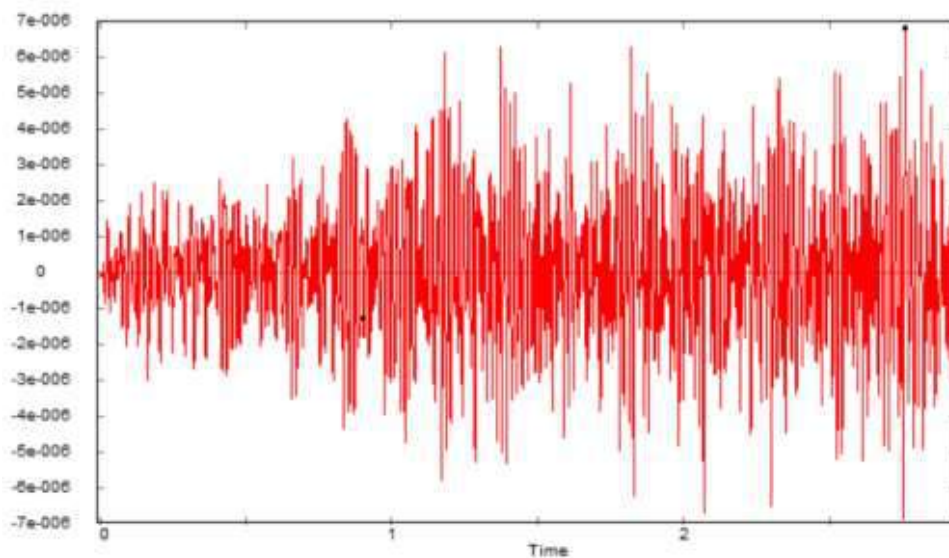


Fig. 145– Desplazamientos en “Y” E21 Transversal:  $\Delta Y$  máx.=  $6.80 \times 10^{-6}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|6.88 \times 10^{-6}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

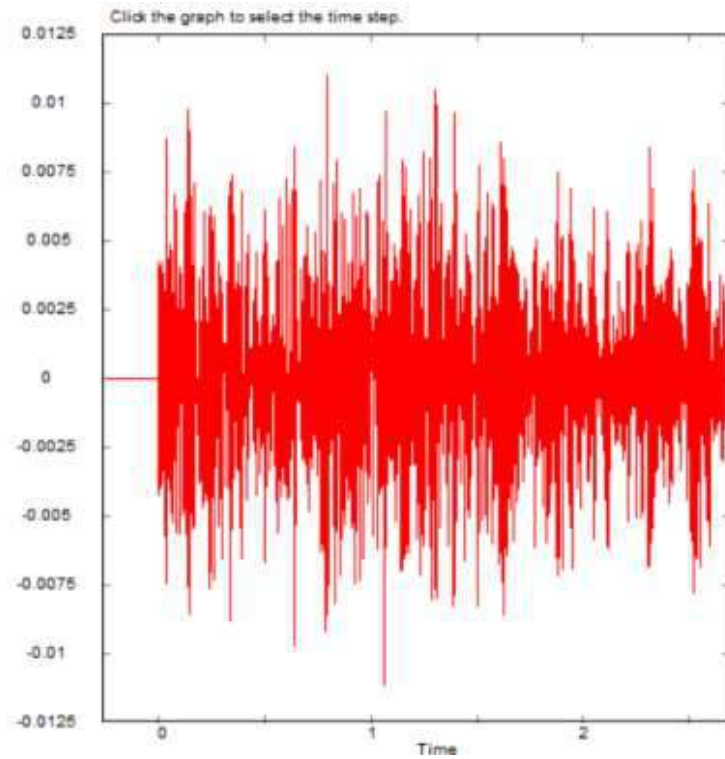
## ESTACIÓN 21: DIRECCIÓN VERTICAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 146) y espectro de respuesta (fig. 147).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 146 – Acelerograma Est. 21 dirección vertical

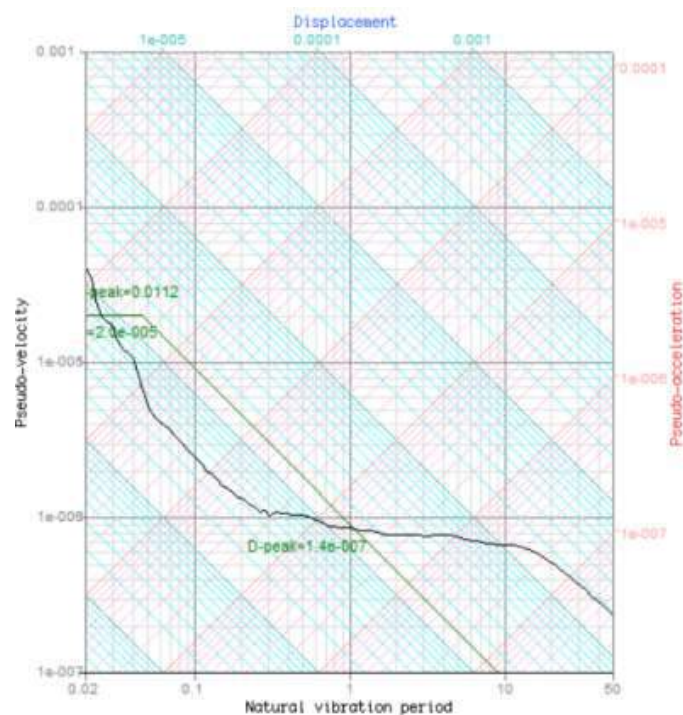
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.0112 \text{ m/s}^2$ )

Fig. 147 – Espectro de respuesta Est. 21 dirección vertical

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en las direcciones “X” y “Y” para la Estación 21 Dirección Vertical (ver figuras 148 y 149).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

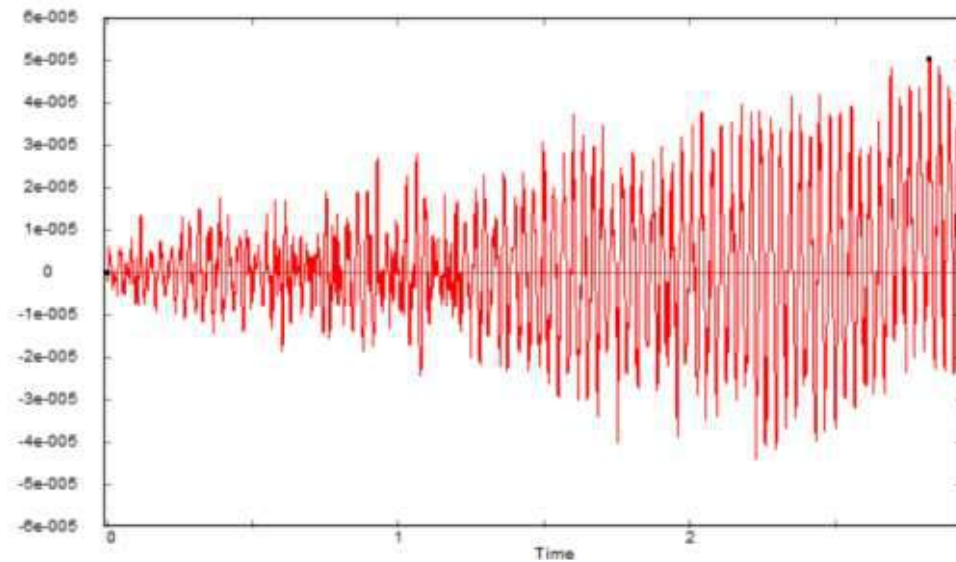


Fig. 148 – Desplazamientos en “X” E21 Vertical:  $\Delta X$  máx.=  $5.01 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta X$  min=  $|4.42 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

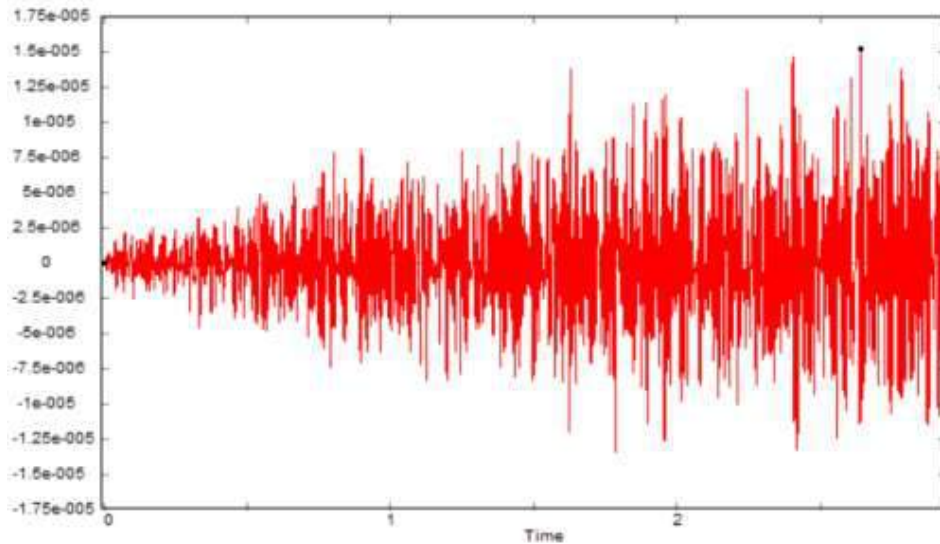


Fig. 149 – Desplazamientos en “Y” E21 Vertical:  $\Delta Y$  máx.=  $1.51 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|1.35 \times 10^{-6}|$  m

Fuente: Elaboración Propia



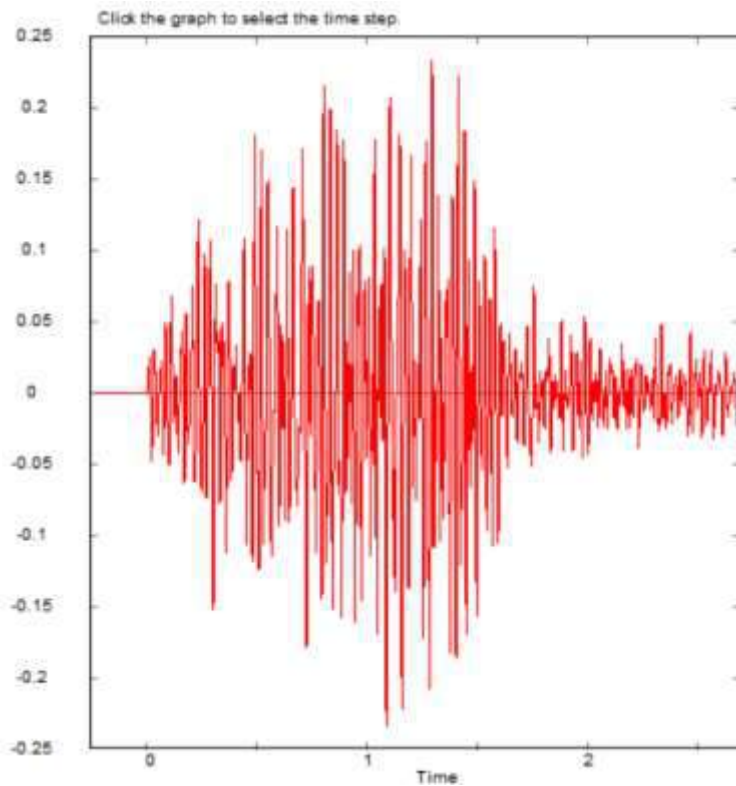
## ESTACIÓN 28: DIRECCIÓN LONGITUDINAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 150) y espectro de respuesta (fig. 151).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 150 – Acelerograma  
Est. 28 dirección  
longitudinal

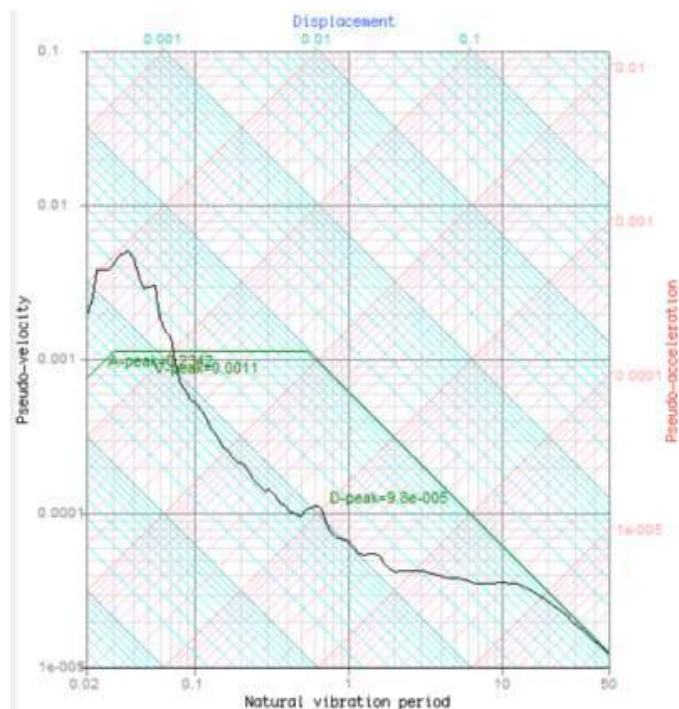
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.2342$ m/s<sup>2</sup>)

Fig. 151 – Espectro de  
respuesta Est. 28 dirección  
longitudinal

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la direcciones “X” y “Y” para la Estación 28 Dirección Longitudinal (ver figuras 152 y 153).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

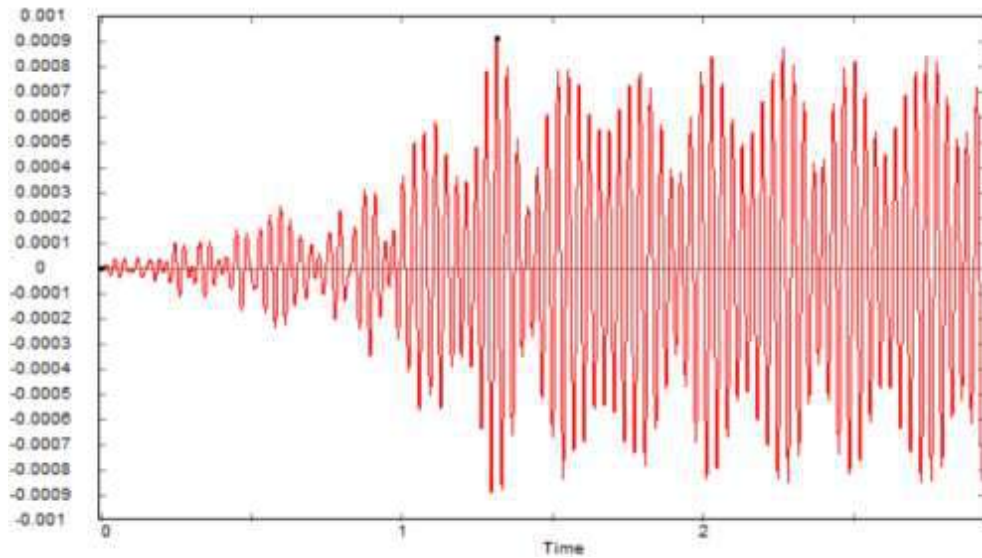


Fig. 152 – Desplazamientos en “X” E28 Longitudinal:  $\Delta X$  máx.=  $9.08 \times 10^{-4}$  m;  $\Delta X$  min=  $|8.91 \times 10^{-4}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

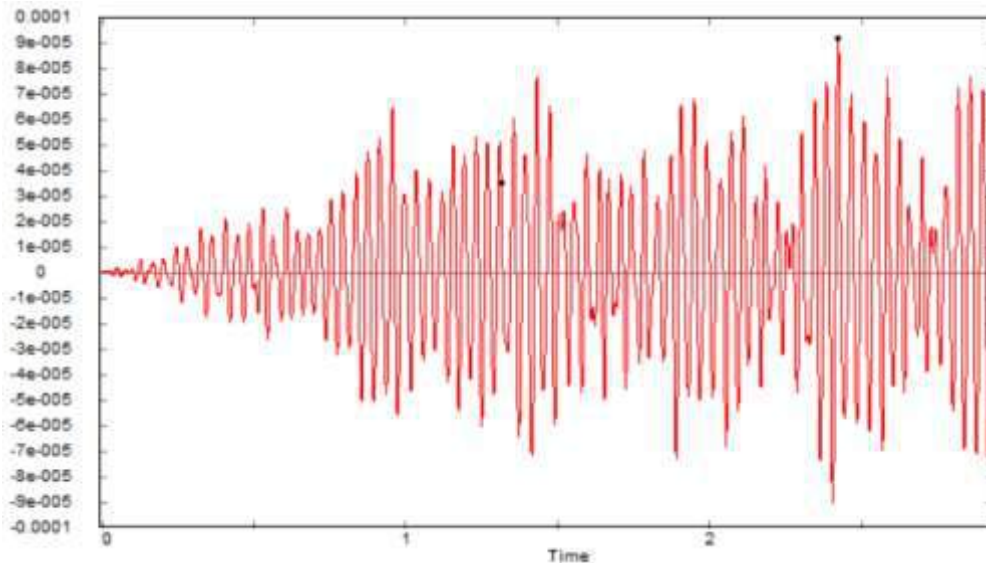


Fig. 153 – Desplazamientos en “Y” E28 Longitudinal:  $\Delta Y$  máx.=  $9.19 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|9.02 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

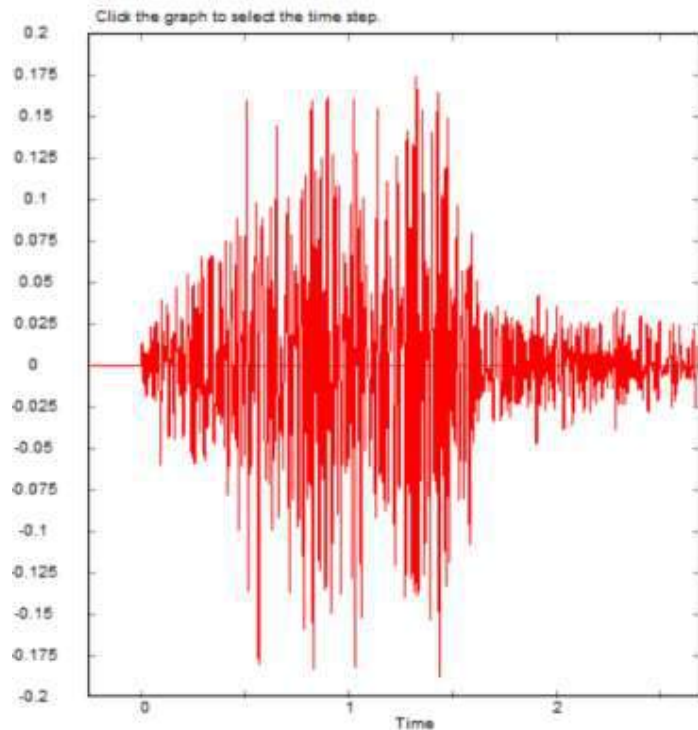
## ESTACIÓN 28: DIRECCIÓN TRANSVERSAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 154) y espectro de respuesta (fig. 155).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 154 – Acelerograma  
Est. 28 dirección  
transversal

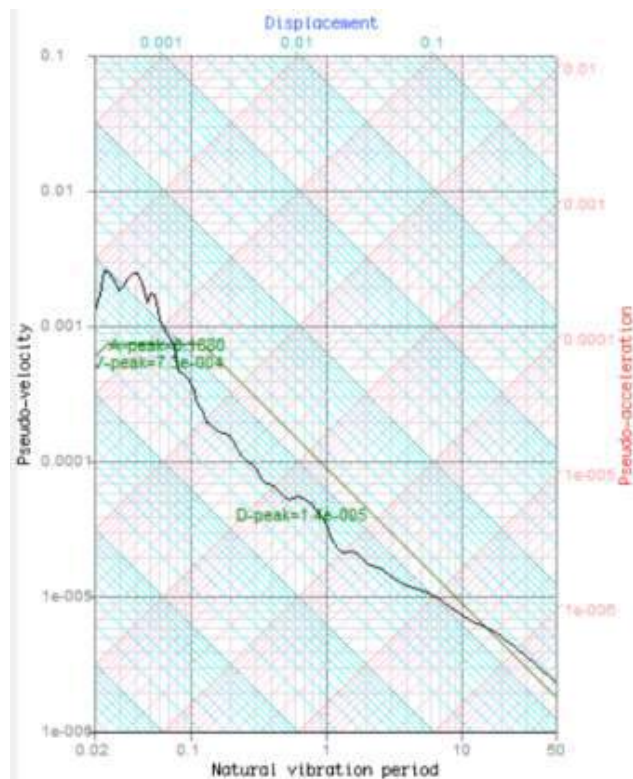
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.1680$ m/s<sup>2</sup>)

Fig. 155 – Espectro de  
respuesta Est. 28 dirección  
transversal

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la direcciones “X” y “Y” para la Estación 28 Dirección Longitudinal (ver figuras 156 y 157).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

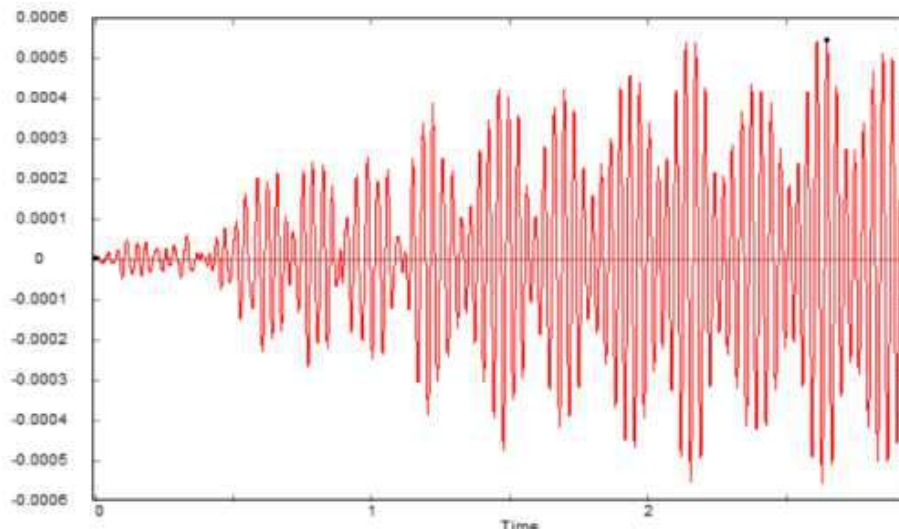


Fig. 156 – Desplazamientos en “X” E28 Transversal:  $\Delta X$  máx.=  $5.45 \times 10^{-4}$  m;  $\Delta X$  min=  $|5.55 \times 10^{-4}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

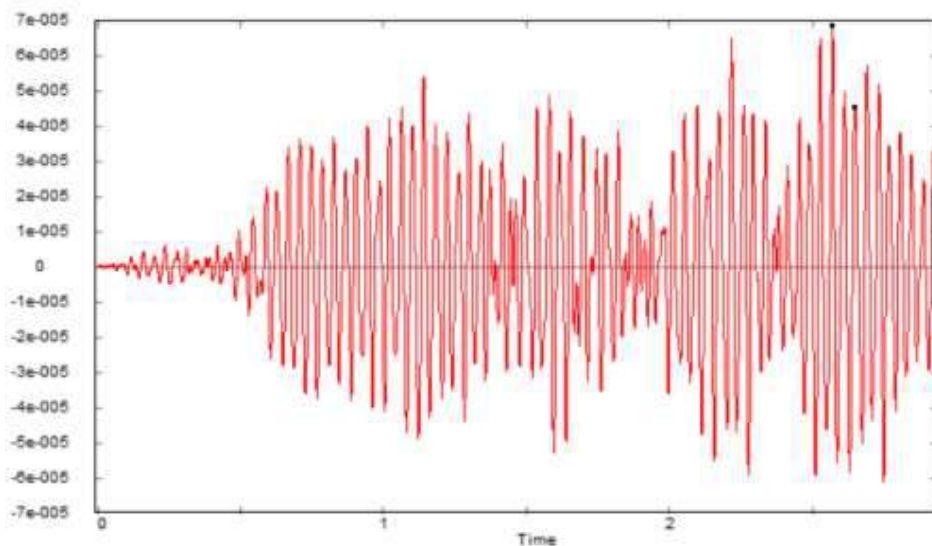


Fig. 157– Desplazamientos en “Y” E28 Transversal:  $\Delta Y$  máx.=  $6.83 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|6.13 \times 10^{-5}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

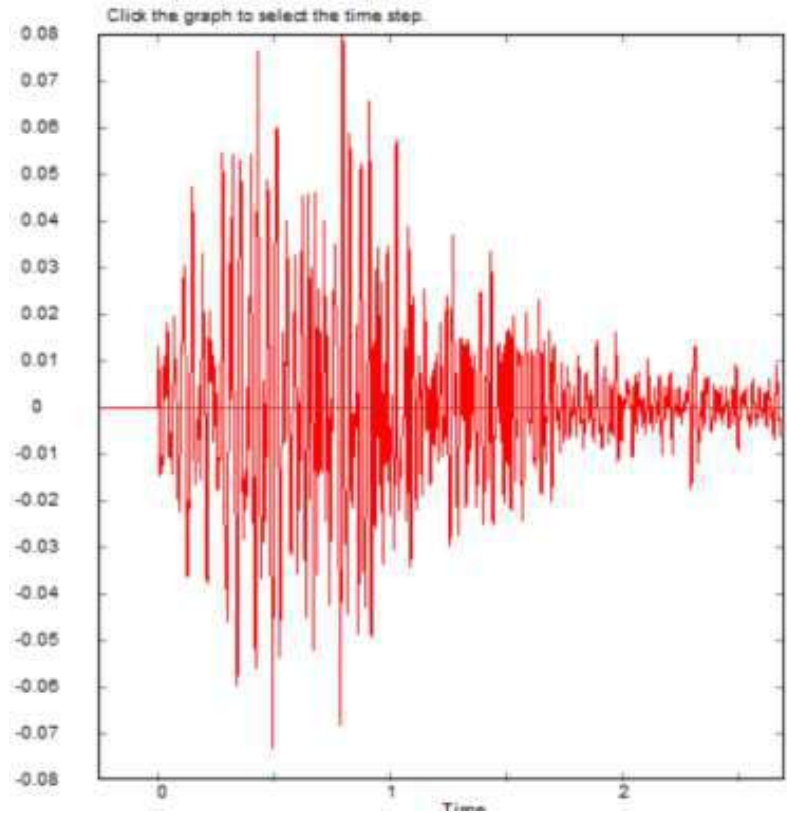
## ESTACIÓN 28: DIRECCIÓN VERTICAL

En esta dirección, el software VISUAL FEA generó el siguiente acelerograma (fig. 158) y espectro de respuesta (fig. 159).

### 1) ACELEROGRAMA

Fig. 158 – Acelerograma Est. 28 dirección vertical

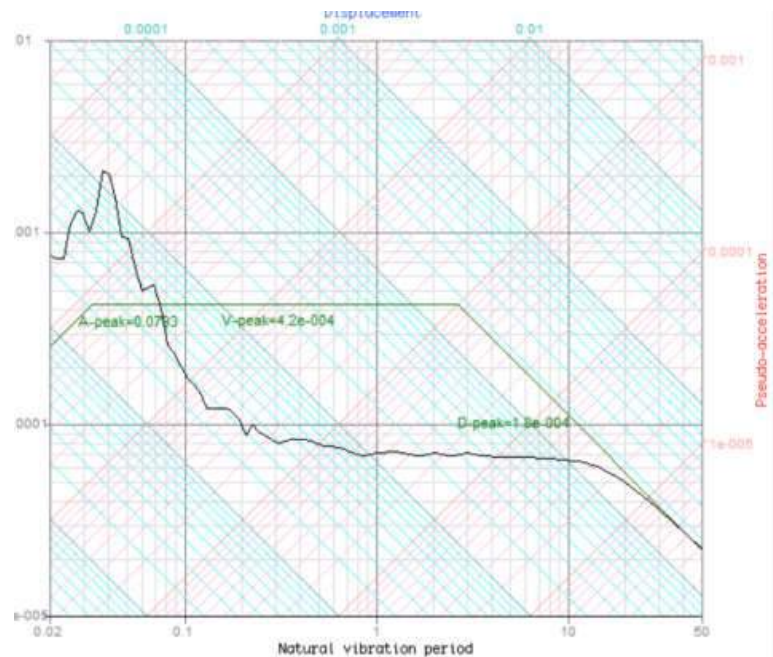
Fuente: Elaboración Propia



### 2) ESPECTRO DE RESPUESTA: ( $S_a = 0.0793 \text{ m/s}^2$ )

Fig. 159 – Espectro de respuesta Est. 28 dirección vertical

Fuente: Elaboración Propia



### 3) DESPLAZAMIENTOS TIEMPO-HISTORIA

Seguidamente se obtienen los desplazamientos máximos en la direcciones “X” y “Y” para la Estación 28 Dirección Vertical (ver figuras 160 y 161).

#### 3.1. DIRECCIÓN X-X:

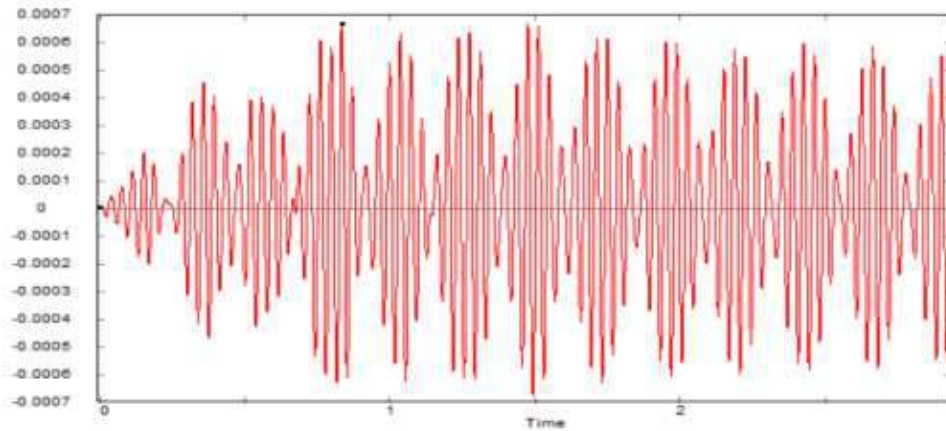


Fig. 160 – Desplazamientos en “X” E28 Vertical:  $\Delta X$  máx.=  $6.68 \times 10^{-4}$  m;  $\Delta X$  min=  $|6.77 \times 10^{-4}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.2. DIRECCIÓN Y-Y:

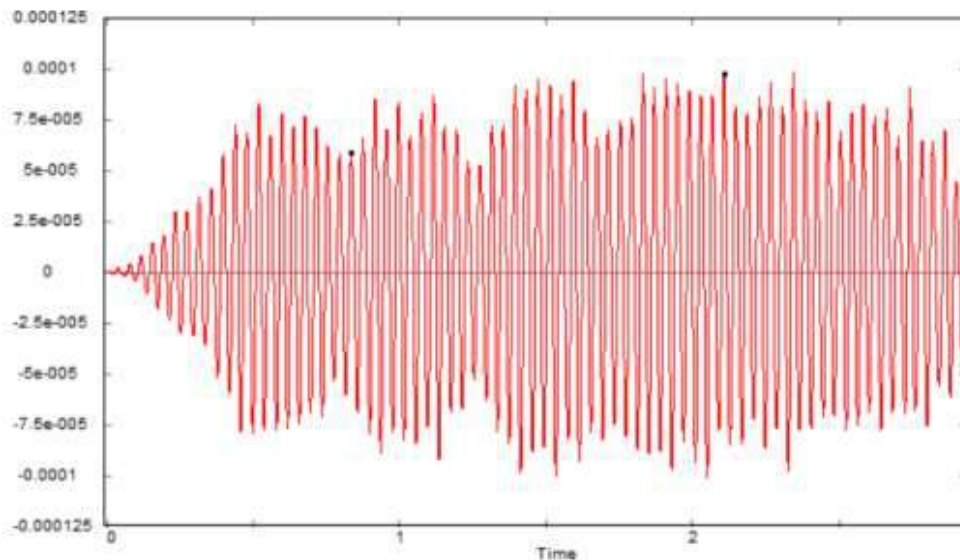


Fig. 161– Desplazamientos en “Y” E28 Vertical:  $\Delta Y$  máx.=  $9.68 \times 10^{-5}$  m;  $\Delta Y$  min=  $|1.01 \times 10^{-4}|$  m

Fuente: Elaboración Propia

### 8.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

A continuación en las tablas de la N° 01 a la N° 12 se aprecia la comparación de los resultados obtenidos del software VISUAL FEA, luego de haber realizado el análisis tiempo-historia, con la Norma de Diseño Sismorresistente E-030.

UBICACIÓN: VIRGEN DE LOURDES

**TABLA N° 01**

DESPLAZAMIENTO XX (m)		DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL			
VIRGEN DE LOURDES		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN XX	MÁXIMO	COMENTARIO
EST 7	LONGITUDINAL	2.86E-04	1.29E-03	5.00E-03	Ok!
EST 7	TRANSVERSAL	6.62E-05	2.98E-04	5.00E-03	Ok!
EST 7	VERTICAL	4.48E-04	2.01E-03	5.00E-03	Ok!
DESPLAZAMIENTO YY (m)		DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL			
VIRGEN DE LOURDES		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN YY	MÁXIMO	COMENTARIO
EST 7	LONGITUDINAL	1.73E-05	7.79E-05	5.00E-03	Ok!
EST 7	TRANSVERSAL	4.34E-05	1.95E-04	5.00E-03	Ok!
EST 7	VERTICAL	3.21E-05	1.45E-04	5.00E-03	Ok!

**TABLA N° 02**

DESPLAZAMIENTO XX (m)		DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL			
VIRGEN DE		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN XX	MÁXIMO	COMENTARIO

LOURDES						
EST 9	LONGITUDINAL		8.54E-05	3.84E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 9	TRANSVERSAL		3.46E-05	1.56E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 9	VERTICAL		3.99E-05	1.80E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
<b>DESPLAZAMIENTO YY (m)</b>			<b>DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL</b>			
VIRGEN DE LOURDES						
		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN YY	MÁXIMO	COMENTARIO	
EST 9	LONGITUDINAL	7.56E-05	3.40E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>	
EST 9	TRANSVERSAL	8.94E-06	4.02E-05	5.00E-03	<i>Ok!</i>	
EST 9	VERTICAL	2.09E-05	9.40E-05	5.00E-03	<i>Ok!</i>	

**TABLA Nº 03**

VIRGEN DE LOURDES						
<b>DESPLAZAMIENTO XX (m)</b>			<b>DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL</b>			
		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN XX	MÁXIMO	COMENTARIO	
EST 10	LONGITUDINAL	7.33E-05	3.30E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>	
EST 10	TRANSVERSAL	6.62E-05	2.98E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>	
EST 10	VERTICAL	1.15E-04	5.16E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>	
<b>DESPLAZAMIENTO YY (m)</b>			<b>DISTORSION MAXIMA ESPECTRAL</b>			
VIRGEN DE LOURDES						
		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN YY	MÁXIMO	COMENTARIO	
EST 10	LONGITUDINAL	1.94E-05	8.74E-05	5.00E-03	<i>Ok!</i>	
EST 10	TRANSVERSAL	6.61E-05	2.97E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>	
EST 10	VERTICAL	2.29E-05	1.03E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>	



**TABLA Nº 04**

<b>DESPLAZAMIENTO XX (m)</b>		<b>DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL</b>			
		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN XX	MÁXIMO	COMENTARIO
VIRGEN DE LOURDES					
EST 11	LONGITUDINAL	2.23E-04	1.00E-03	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 11	TRANSVERSAL	1.13E-09	5.08E-09	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 11	VERTICAL	1.24E-04	5.60E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
<b>DESPLAZAMIENTO YY (m)</b>		<b>DISTORSION MAXIMA ESPECTRAL</b>			
		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN YY	MÁXIMO	COMENTARIO
VIRGEN DE LOURDES					
EST 11	LONGITUDINAL	1.73E-04	7.79E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 11	TRANSVERSAL	1.15E-05	5.16E-05	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 11	VERTICAL	2.85E-05	1.28E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>

**TABLA Nº 05**

<b>DESPLAZAMIENTO XX (m)</b>		<b>DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL</b>			
		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN XX	MÁXIMO	COMENTARIO
VIRGEN DE LOURDES					
EST 13	LONGITUDINAL	8.76E-07	3.94E-06	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 13	TRANSVERSAL	8.67E-05	3.90E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 13	VERTICAL	4.37E-05	1.96E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
<b>DESPLAZAMIENTO YY (m)</b>		<b>DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL</b>			

VIRGEN DE LOURDES		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN YY	MÁXIMO	COMENTARIO
EST 13	LONGITUDINAL	1.12E-04	5.06E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 13	TRANSVERSAL	1.11E-04	4.98E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 13	VERTICAL	1.65E-05	7.44E-05	5.00E-03	<i>Ok!</i>

**TABLA Nº 06**

DESPLAZAMIENTO XX (m)		DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL			
VIRGEN DE LOURDES		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN XX	MÁXIMO	COMENTARIO
EST 15	LONGITUDINAL	3.07E-05	1.38E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 15	TRANSVERSAL	3.72E-05	1.67E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
DESPLAZAMIENTO YY (m)		DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL			
VIRGEN DE LOURDES		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN YY	MÁXIMO	COMENTARIO
EST 15	LONGITUDINAL	1.56E-05	7.02E-05	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 15	TRANSVERSAL	6.50E-05	2.93E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>

**TABLA Nº 07**

DESPLAZAMIENTO XX (m)		DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL			
VIRGEN DE LOURDES		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN XX	MÁXIMO	COMENTARIO
EST 17	LONGITUDINAL	6.00E-04	2.70E-03	5.00E-03	<i>Ok!</i>

EST 17	TRANSVERSAL	4.37E-04	1.97E-03	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 17	VERTICAL	4.38E-04	1.97E-03	5.00E-03	<i>Ok!</i>
<b>DESPLAZAMIENTO YY (m)</b>			<b>DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL</b>		
VIRGEN DE LOURDES		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN YY	MÁXIMO	COMENTARIO
EST 17	LONGITUDINAL	2.87E-05	1.29E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 17	TRANSVERSAL	3.37E-05	1.51E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 17	VERTICAL	3.36E-05	1.51E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>

**TABLA Nº 08**

<b>DESPLAZAMIENTO XX (m)</b>			<b>DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL</b>		
VIRGEN DE LOURDES		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN XX	MÁXIMO	COMENTARIO
EST 18	LONGITUDINAL	2.49E-05	1.12E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 18	TRANSVERSAL	2.45E-05	1.10E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 18	VERTICAL	5.01E-05	2.25E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
<b>DESPLAZAMIENTO YY (m)</b>			<b>DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL</b>		
VIRGEN DE LOURDES		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN YY	MÁXIMO	COMENTARIO
EST 18	LONGITUDINAL	1.39E-05	6.26E-05	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 18	TRANSVERSAL	6.80E-06	3.06E-05	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 18	VERTICAL	1.51E-05	6.80E-05	5.00E-03	<i>Ok!</i>

**TABLA Nº 09**

<b>DESPLAZAMIENTO XX (m)</b>			<b>DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL</b>		
VIRGEN DE LOURDES		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN XX	MÁXIMO	COMENTARIO
EST 19	LONGITUDINAL	1.59E-05	7.14E-05	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 19	TRANSVERSAL	5.25E-05	2.36E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 19	VERTICAL	3.82E-05	1.72E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
<b>DESPLAZAMIENTO YY (m)</b>			<b>DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL</b>		
VIRGEN DE LOURDES		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN YY	MÁXIMO	COMENTARIO
EST 19	LONGITUDINAL	4.57E-06	2.06E-05	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 19	TRANSVERSAL	8.31E-06	3.74E-05	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 19	VERTICAL	1.43E-05	6.44E-05	5.00E-03	<i>Ok!</i>

**TABLA Nº 10**

<b>DESPLAZAMIENTO XX (m)</b>			<b>DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL</b>		
VIRGEN DE LOURDES		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN XX	MÁXIMO	COMENTARIO
EST 20	LONGITUDINAL	1.28E-04	5.77E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 20	TRANSVERSAL	4.10E-05	1.84E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
EST 20	VERTICAL	1.87E-04	8.44E-04	5.00E-03	<i>Ok!</i>
<b>DESPLAZAMIENTO YY (m)</b>			<b>DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL</b>		
VIRGEN DE		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN YY	MÁXIMO	COMENTARIO

LOURDES						
EST 20	LONGITUDINAL		5.76E-06	2.59E-05	5.00E-03	Ok!
EST 20	TRANSVERSAL		3.47E-06	1.56E-05	5.00E-03	Ok!
EST 20	VERTICAL		8.68E-06	3.91E-05	5.00E-03	Ok!

**TABLA Nº 11**

DESPLAZAMIENTO XX (m)			DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL			
VIRGEN DE LOURDES						
		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN XX	MÁXIMO	COMENTARIO	
EST 21	LONGITUDINAL	2.49E-05	1.12E-04	5.00E-03	Ok!	
EST 21	TRANSVERSAL	2.45E-05	1.10E-04	5.00E-03	Ok!	
EST 21	VERTICAL	5.01E-05	2.25E-04	5.00E-03	Ok!	
DESPLAZAMIENTO YY (m)			DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL			
VIRGEN DE LOURDES						
		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN YY	MÁXIMO	COMENTARIO	
EST 21	LONGITUDINAL	1.39E-05	6.26E-05	5.00E-03	Ok!	
EST 21	TRANSVERSAL	6.80E-06	3.06E-05	5.00E-03	Ok!	
EST 21	VERTICAL	1.51E-05	6.80E-05	5.00E-03	Ok!	

**TABLA Nº 12**

DESPLAZAMIENTO XX (m)			DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL			
VIRGEN DE LOURDES						
		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN XX	MÁXIMO	COMENTARIO	
EST 28	LONGITUDINAL	9.08E-04	4.09E-03	5.00E-03	Ok!	

EST 28	TRANSVERSAL	5.45E-04	2.45E-03	5.00E-03	Ok!
EST 28	VERTICAL	6.68E-04	3.00E-03	5.00E-03	Ok!
<b>DESPLAZAMIENTO YY (m)</b>			<b>DISTORSIÓN MÁXIMA ESPECTRAL</b>		
VIRGEN DE LOURDES		TIEMPO - HISTORIA	DISTORSIÓN YY	MÁXIMO	COMENTARIO
EST 28	LONGITUDINAL	9.19E-05	4.14E-04	5.00E-03	Ok!
EST 28	TRANSVERSAL	6.83E-05	3.07E-04	5.00E-03	Ok!
EST 28	VERTICAL	9.68E-05	4.36E-04	5.00E-03	Ok!

Como interpretación de los resultados tenemos:

Que los desplazamientos generados por efectos de la voladura se encuentran dentro de lo permitido por la norma E-030 de Diseño Sismoresistente.

## **8.2. ANÁLISIS DEL GRÁFICO DE ACELERACIÓN ESPECTRAL VS PERÍODO DE TODAS LAS ESTACIONES CONSIDERADAS EN EL MONITOREO VIBRATORIO**

En las tablas que se muestra a continuación (Tablas de la N° 13 a la N° 30) se ha realizado un consolidado de los espectros que genera la grafica  $S_a$  (aceleración) vs T (tiempo) para las tres direcciones de análisis (longitudinal, transversal y vertical) para generar una línea de tendencia.

Tabla 13: Estación 07, 09 y 10 en sentido Longitudinal

7MO REPORTE UNACEM (19-06-13)			9NO REPORTE UNACEM (13-07-13)			10MO REPORTE UNACEM (03-08-13)		
#	LONGITUDINAL (m/s)		#	LONGITUDINAL (m/s)		#	LONGITUDINAL (m/s)	
	TIEMPO (s)	ACELERACION (m/s <sup>2</sup> )		TIEMPO (s)	ACELERACION (m/s <sup>2</sup> )		TIEMPO (s)	ACELERACION (m/s <sup>2</sup> )
1	0.02	2.93E-01	1	0.02	7.97E-02	1	0.02	4.14E-02
2	0.0216	3.21E-01	2	0.0216	8.03E-02	2	0.0216	3.76E-02
3	0.0234	3.26E-01	3	0.0234	5.35E-02	3	0.0234	3.49E-02
4	0.0253	2.27E-01	4	0.0253	6.41E-02	4	0.0253	3.87E-02
5	0.0273	1.62E-01	5	0.0273	7.57E-02	5	0.0273	3.11E-02
6	0.0296	1.46E-01	6	0.0296	7.82E-02	6	0.0296	2.99E-02
7	0.032	1.92E-01	7	0.032	7.11E-02	7	0.032	2.84E-02
8	0.0346	1.91E-01	8	0.0346	5.96E-02	8	0.0346	2.69E-02
9	0.0374	2.17E-01	9	0.0374	4.76E-02	9	0.0374	2.25E-02
10	0.0404	1.94E-01	10	0.0404	4.01E-02	10	0.0404	2.00E-02
11	0.0437	1.55E-01	11	0.0437	4.09E-02	11	0.0437	1.98E-02
12	0.0473	1.36E-01	12	0.0473	3.75E-02	12	0.0473	1.97E-02
13	0.0511	1.63E-01	13	0.0511	3.46E-02	13	0.0511	1.91E-02
14	0.0553	1.67E-01	14	0.0553	3.33E-02	14	0.0553	2.09E-02
15	0.0598	2.27E-01	15	0.0598	3.25E-02	15	0.0598	1.94E-02
16	0.0647	2.12E-01	16	0.0647	3.22E-02	16	0.0647	1.80E-02
17	0.0699	1.69E-01	17	0.0699	3.15E-02	17	0.0699	1.80E-02
18	0.0756	1.33E-01	18	0.0756	3.09E-02	18	0.0756	1.81E-02
19	0.0818	1.26E-01	19	0.0818	3.05E-02	19	0.0818	1.81E-02
20	0.0884	1.25E-01	20	0.0884	3.03E-02	20	0.0884	1.82E-02
21	0.0956	1.25E-01	21	0.0956	2.99E-02	21	0.0956	1.82E-02
22	0.1034	1.25E-01	22	0.1034	2.98E-02	22	0.1034	1.83E-02
23	0.1118	1.25E-01	23	0.1118	2.95E-02	23	0.1118	1.83E-02
24	0.1209	1.25E-01	24	0.1209	2.94E-02	24	0.1209	1.83E-02
25	0.1308	1.25E-01	25	0.1308	2.94E-02	25	0.1308	1.83E-02
26	0.1414	1.25E-01	26	0.1414	2.92E-02	26	0.1414	1.84E-02
27	0.1529	1.25E-01	27	0.1529	2.90E-02	27	0.1529	1.84E-02
28	0.1654	1.25E-01	28	0.1654	2.90E-02	28	0.1654	1.84E-02
29	0.1788	1.25E-01	29	0.1788	2.90E-02	29	0.1788	1.84E-02
30	0.1934	1.25E-01	30	0.1934	2.89E-02	30	0.1934	1.84E-02
31	0.2091	1.25E-01	31	0.2091	2.88E-02	31	0.2091	1.84E-02
32	0.2261	1.25E-01	32	0.2261	2.87E-02	32	0.2261	1.84E-02
33	0.2446	1.25E-01	33	0.2446	2.87E-02	33	0.2446	1.85E-02
34	0.2645	1.25E-01	34	0.2645	2.88E-02	34	0.2645	1.85E-02
35	0.286	1.25E-01	35	0.286	2.88E-02	35	0.286	1.85E-02
36	0.3092	1.25E-01	36	0.3092	2.87E-02	36	0.3092	1.85E-02
37	0.3344	1.25E-01	37	0.3344	2.86E-02	37	0.3344	1.85E-02
38	0.3616	1.25E-01	38	0.3616	2.86E-02	38	0.3616	1.85E-02
39	0.3911	1.25E-01	39	0.3911	2.86E-02	39	0.3911	1.85E-02
40	0.4229	1.25E-01	40	0.4229	2.85E-02	40	0.4229	1.85E-02
41	0.4573	1.25E-01	41	0.4573	2.86E-02	41	0.4573	1.85E-02
42	0.4945	1.25E-01	42	0.4945	2.86E-02	42	0.4945	1.85E-02
43	0.5348	1.25E-01	43	0.5348	2.86E-02	43	0.5348	1.85E-02
44	0.5783	1.25E-01	44	0.5783	2.86E-02	44	0.5783	1.85E-02
45	0.6254	1.25E-01	45	0.6254	2.86E-02	45	0.6254	1.85E-02
46	0.6762	1.25E-01	46	0.6762	2.86E-02	46	0.6762	1.85E-02
47	0.7313	1.25E-01	47	0.7313	2.86E-02	47	0.7313	1.85E-02
48	0.7908	1.25E-01	48	0.7908	2.86E-02	48	0.7908	1.85E-02
49	0.8551	1.25E-01	49	0.8551	2.85E-02	49	0.8551	1.85E-02
50	0.9247	1.25E-01	50	0.9247	2.85E-02	50	0.9247	1.85E-02
51	1	1.25E-01	51	1	2.85E-02	51	1	1.85E-02
52	1.0814	1.25E-01	52	1.0814	2.85E-02	52	1.0814	1.85E-02
53	1.1694	1.25E-01	53	1.1694	2.85E-02	53	1.1694	1.85E-02
54	1.2646	1.25E-01	54	1.2646	2.85E-02	54	1.2646	1.85E-02
55	1.3675	1.25E-01	55	1.3675	2.85E-02	55	1.3675	1.85E-02
56	1.4788	1.25E-01	56	1.4788	2.85E-02	56	1.4788	1.85E-02
57	1.5991	1.25E-01	57	1.5991	2.85E-02	57	1.5991	1.85E-02
58	1.7292	1.25E-01	58	1.7292	2.85E-02	58	1.7292	1.85E-02
59	1.87	1.25E-01	59	1.87	2.85E-02	59	1.87	1.85E-02
60	2.0222	1.25E-01	60	2.0222	2.85E-02	60	2.0222	1.85E-02
61	2.1867	1.25E-01	61	2.1867	2.85E-02	61	2.1867	1.85E-02
62	2.3647	1.25E-01	62	2.3647	2.85E-02	62	2.3647	1.85E-02
63	2.5571	1.25E-01	63	2.5571	2.85E-02	63	2.5571	1.85E-02
64	2.7652	1.25E-01	64	2.7652	2.85E-02	64	2.7652	1.85E-02
65	2.9903	1.25E-01	65	2.9903	2.85E-02	65	2.9903	1.85E-02
66	3.2336	1.25E-01	66	3.2336	2.85E-02	66	3.2336	1.85E-02
67	3.4968	1.25E-01	67	3.4968	2.85E-02	67	3.4968	1.85E-02
68	3.7814	1.25E-01	68	3.7814	2.85E-02	68	3.7814	1.85E-02
69	4.0891	1.25E-01	69	4.0891	2.85E-02	69	4.0891	1.85E-02
70	4.4219	1.25E-01	70	4.4219	2.85E-02	70	4.4219	1.85E-02
71	4.7818	1.25E-01	71	4.7818	2.85E-02	71	4.7818	1.85E-02
72	5.1709	1.25E-01	72	5.1709	2.85E-02	72	5.1709	1.85E-02
73	5.5917	1.25E-01	73	5.5917	2.85E-02	73	5.5917	1.85E-02
74	6.0468	1.25E-01	74	6.0468	2.85E-02	74	6.0468	1.85E-02
75	6.5389	1.25E-01	75	6.5389	2.85E-02	75	6.5389	1.85E-02
76	7.0711	1.25E-01	76	7.0711	2.85E-02	76	7.0711	1.85E-02
77	7.6465	1.25E-01	77	7.6465	2.85E-02	77	7.6465	1.85E-02
78	8.2688	1.25E-01	78	8.2688	2.85E-02	78	8.2688	1.85E-02
79	8.9418	1.25E-01	79	8.9418	2.85E-02	79	8.9418	1.85E-02
80	9.6695	1.25E-01	80	9.6695	2.85E-02	80	9.6695	1.85E-02
81	10.4564	1.25E-01	81	10.4564	2.85E-02	81	10.4564	1.85E-02
82	11.3074	1.25E-01	82	11.3074	2.85E-02	82	11.3074	1.85E-02
83	12.2276	1.25E-01	83	12.2276	2.85E-02	83	12.2276	1.85E-02
84	13.2227	1.25E-01	84	13.2227	2.85E-02	84	13.2227	1.85E-02
85	14.2988	1.25E-01	85	14.2988	2.85E-02	85	14.2988	1.85E-02
86	15.4625	1.25E-01	86	15.4625	2.85E-02	86	15.4625	1.85E-02
87	16.7209	1.25E-01	87	16.7209	2.85E-02	87	16.7209	1.85E-02
88	18.0816	1.25E-01	88	18.0816	2.85E-02	88	18.0816	1.85E-02
89	19.5532	1.25E-01	89	19.5532	2.85E-02	89	19.5532	1.85E-02
90	21.1445	1.25E-01	90	21.1445	2.85E-02	90	21.1445	1.85E-02
91	22.8653	1.25E-01	91	22.8653	2.85E-02	91	22.8653	1.85E-02
92	24.7261	1.25E-01	92	24.7261	2.85E-02	92	24.7261	1.85E-02
93	26.7384	1.25E-01	93	26.7384	2.85E-02	93	26.7384	1.86E-02
94	28.9144	1.25E-01	94	28.9144	2.85E-02	94	28.9144	1.86E-02
95	31.2675	1.25E-01	95	31.2675	2.85E-02	95	31.2675	1.86E-02
96	33.8122	1.25E-01	96	33.8122	2.85E-02	96	33.8122	1.86E-02
97	36.5639	1.25E-01	97	36.5639	2.85E-02	97	36.5639	1.86E-02
98	39.5396	1.25E-01	98	39.5396	2.85E-02	98	39.5396	1.86E-02
99	42.7574	1.25E-01	99	42.7574	2.85E-02	99	42.7574	1.86E-02
100	50	1.25E-01	100	50	2.85E-02	100	50	1.86E-02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Estación 11, 13 y 15 en sentido Longitudinal

11VO REPORTE UNACEM (27-09-13)			13VO REPORTE UNACEM (26-10-13)			15VO REPORTE UNACEM (30-11-13)		
LONGITUDINAL (m/s)			LONGITUDINAL (m/s)			LONGITUDINAL (m/s)		
#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (m/s <sup>2</sup> )
1	0.02	1.34E-01	1	0.02	3.11E-01	1	0.02	3.86E+00
2	0.0216	1.32E-01	2	0.0216	3.22E-01	2	0.0216	2.32E+00
3	0.0234	1.31E-01	3	0.0234	2.71E-01	3	0.0234	1.60E+00
4	0.0253	1.26E-01	4	0.0253	2.02E-01	4	0.0253	1.31E+00
5	0.0273	1.25E-01	5	0.0273	2.11E-01	5	0.0273	1.18E+00
6	0.0296	1.18E-01	6	0.0296	1.83E-01	6	0.0296	1.03E+00
7	0.032	9.68E-02	7	0.032	1.54E-01	7	0.032	9.29E-01
8	0.0346	8.71E-02	8	0.0346	1.49E-01	8	0.0346	8.65E-01
9	0.0374	1.04E-01	9	0.0374	1.33E-01	9	0.0374	8.25E-01
10	0.0404	1.22E-01	10	0.0404	1.27E-01	10	0.0404	7.94E-01
11	0.0437	9.64E-02	11	0.0437	1.24E-01	11	0.0437	7.71E-01
12	0.0473	7.28E-02	12	0.0473	1.18E-01	12	0.0473	7.46E-01
13	0.0511	7.28E-02	13	0.0511	1.13E-01	13	0.0511	7.32E-01
14	0.0553	8.45E-02	14	0.0553	1.10E-01	14	0.0553	7.16E-01
15	0.0598	7.86E-02	15	0.0598	1.09E-01	15	0.0598	7.04E-01
16	0.0647	6.62E-02	16	0.0647	1.07E-01	16	0.0647	6.98E-01
17	0.0699	5.76E-02	17	0.0699	1.06E-01	17	0.0699	6.88E-01
18	0.0756	5.13E-02	18	0.0756	1.05E-01	18	0.0756	6.80E-01
19	0.0818	5.16E-02	19	0.0818	1.04E-01	19	0.0818	6.77E-01
20	0.0884	5.18E-02	20	0.0884	1.04E-01	20	0.0884	6.74E-01
21	0.0956	5.20E-02	21	0.0956	1.03E-01	21	0.0956	6.69E-01
22	0.1034	5.20E-02	22	0.1034	1.03E-01	22	0.1034	6.64E-01
23	0.1118	5.20E-02	23	0.1118	1.02E-01	23	0.1118	6.61E-01
24	0.1209	5.20E-02	24	0.1209	1.02E-01	24	0.1209	6.60E-01
25	0.1308	5.19E-02	25	0.1308	1.02E-01	25	0.1308	6.59E-01
26	0.1414	5.18E-02	26	0.1414	1.01E-01	26	0.1414	6.58E-01
27	0.1529	5.16E-02	27	0.1529	1.01E-01	27	0.1529	6.56E-01
28	0.1654	5.15E-02	28	0.1654	1.01E-01	28	0.1654	6.54E-01
29	0.1788	5.14E-02	29	0.1788	1.01E-01	29	0.1788	6.52E-01
30	0.1934	5.13E-02	30	0.1934	1.01E-01	30	0.1934	6.51E-01
31	0.2091	5.12E-02	31	0.2091	1.01E-01	31	0.2091	6.50E-01
32	0.2261	5.11E-02	32	0.2261	1.01E-01	32	0.2261	6.50E-01
33	0.2446	5.10E-02	33	0.2446	1.01E-01	33	0.2446	6.50E-01
34	0.2645	5.10E-02	34	0.2645	1.01E-01	34	0.2645	6.50E-01
35	0.286	5.09E-02	35	0.286	1.01E-01	35	0.286	6.50E-01
36	0.3092	5.08E-02	36	0.3092	1.01E-01	36	0.3092	6.50E-01
37	0.3344	5.08E-02	37	0.3344	1.01E-01	37	0.3344	6.50E-01
38	0.3616	5.08E-02	38	0.3616	1.01E-01	38	0.3616	6.49E-01
39	0.3911	5.07E-02	39	0.3911	1.01E-01	39	0.3911	6.49E-01
40	0.4229	5.07E-02	40	0.4229	1.01E-01	40	0.4229	6.49E-01
41	0.4573	5.07E-02	41	0.4573	1.01E-01	41	0.4573	6.48E-01
42	0.4945	5.06E-02	42	0.4945	1.01E-01	42	0.4945	6.48E-01
43	0.5348	5.06E-02	43	0.5348	1.01E-01	43	0.5348	6.48E-01
44	0.5783	5.06E-02	44	0.5783	1.00E-01	44	0.5783	6.48E-01
45	0.6254	5.06E-02	45	0.6254	1.00E-01	45	0.6254	6.48E-01
46	0.6762	5.06E-02	46	0.6762	1.00E-01	46	0.6762	6.47E-01
47	0.7313	5.05E-02	47	0.7313	1.00E-01	47	0.7313	6.47E-01
48	0.7908	5.05E-02	48	0.7908	1.00E-01	48	0.7908	6.47E-01
49	0.8551	5.05E-02	49	0.8551	1.00E-01	49	0.8551	6.47E-01
50	0.9247	5.05E-02	50	0.9247	1.00E-01	50	0.9247	6.47E-01
51	1	5.05E-02	51	1	1.00E-01	51	1	6.47E-01
52	1.0814	5.05E-02	52	1.0814	1.00E-01	52	1.0814	6.47E-01
53	1.1694	5.05E-02	53	1.1694	1.00E-01	53	1.1694	6.47E-01
54	1.2646	5.05E-02	54	1.2646	1.00E-01	54	1.2646	6.47E-01
55	1.3675	5.05E-02	55	1.3675	1.00E-01	55	1.3675	6.47E-01
56	1.4788	5.05E-02	56	1.4788	1.00E-01	56	1.4788	6.47E-01
57	1.5991	5.05E-02	57	1.5991	1.00E-01	57	1.5991	6.47E-01
58	1.7292	5.05E-02	58	1.7292	1.00E-01	58	1.7292	6.47E-01
59	1.87	5.05E-02	59	1.87	1.00E-01	59	1.87	6.47E-01
60	2.0222	5.05E-02	60	2.0222	1.00E-01	60	2.0222	6.47E-01
61	2.1867	5.05E-02	61	2.1867	1.00E-01	61	2.1867	6.47E-01
62	2.3647	5.05E-02	62	2.3647	1.00E-01	62	2.3647	6.47E-01
63	2.5571	5.05E-02	63	2.5571	1.00E-01	63	2.5571	6.47E-01
64	2.7652	5.05E-02	64	2.7652	1.00E-01	64	2.7652	6.47E-01
65	2.9903	5.05E-02	65	2.9903	1.00E-01	65	2.9903	6.47E-01
66	3.2336	5.05E-02	66	3.2336	1.00E-01	66	3.2336	6.47E-01
67	3.4968	5.05E-02	67	3.4968	1.00E-01	67	3.4968	6.47E-01
68	3.7814	5.05E-02	68	3.7814	1.00E-01	68	3.7814	6.47E-01
69	4.0891	5.05E-02	69	4.0891	1.00E-01	69	4.0891	6.47E-01
70	4.4219	5.05E-02	70	4.4219	1.00E-01	70	4.4219	6.47E-01
71	4.7818	5.05E-02	71	4.7818	1.00E-01	71	4.7818	6.47E-01
72	5.1709	5.05E-02	72	5.1709	1.00E-01	72	5.1709	6.47E-01
73	5.5917	5.05E-02	73	5.5917	1.00E-01	73	5.5917	6.47E-01
74	6.0468	5.05E-02	74	6.0468	1.00E-01	74	6.0468	6.47E-01
75	6.5389	5.05E-02	75	6.5389	1.00E-01	75	6.5389	6.47E-01
76	7.0711	5.05E-02	76	7.0711	1.00E-01	76	7.0711	6.47E-01
77	7.6465	5.05E-02	77	7.6465	1.00E-01	77	7.6465	6.47E-01
78	8.2688	5.05E-02	78	8.2688	1.00E-01	78	8.2688	6.47E-01
79	8.9418	5.05E-02	79	8.9418	1.00E-01	79	8.9418	6.47E-01
80	9.6695	5.05E-02	80	9.6695	1.00E-01	80	9.6695	6.47E-01
81	10.4564	5.05E-02	81	10.4564	1.00E-01	81	10.4564	6.47E-01
82	11.3074	5.05E-02	82	11.3074	1.00E-01	82	11.3074	6.47E-01
83	12.2276	5.05E-02	83	12.2276	1.00E-01	83	12.2276	6.47E-01
84	13.2227	5.05E-02	84	13.2227	1.00E-01	84	13.2227	6.47E-01
85	14.2988	5.05E-02	85	14.2988	1.00E-01	85	14.2988	6.47E-01
86	15.4625	5.05E-02	86	15.4625	1.00E-01	86	15.4625	6.47E-01
87	16.7209	5.05E-02	87	16.7209	1.00E-01	87	16.7209	6.47E-01
88	18.0816	5.05E-02	88	18.0816	1.00E-01	88	18.0816	6.47E-01
89	19.5532	5.05E-02	89	19.5532	1.00E-01	89	19.5532	6.47E-01
90	21.1445	5.05E-02	90	21.1445	1.00E-01	90	21.1445	6.47E-01
91	22.8653	5.05E-02	91	22.8653	1.00E-01	91	22.8653	6.47E-01
92	24.7261	5.05E-02	92	24.7261	1.00E-01	92	24.7261	6.47E-01
93	26.7384	5.05E-02	93	26.7384	1.00E-01	93	26.7384	6.47E-01
94	28.9144	5.05E-02	94	28.9144	1.00E-01	94	28.9144	6.47E-01
95	31.2675	5.05E-02	95	31.2675	1.00E-01	95	31.2675	6.47E-01
96	33.8122	5.05E-02	96	33.8122	1.00E-01	96	33.8122	6.47E-01
97	36.5639	5.05E-02	97	36.5639	1.00E-01	97	36.5639	6.47E-01
98	39.5396	5.05E-02	98	39.5396	1.00E-01	98	39.5396	6.47E-01
99	42.7574	5.05E-02	99	42.7574	1.00E-01	99	42.7574	6.47E-01
100	50	5.05E-02	100	50	1.00E-01	100	50	6.47E-01

Fuente: Elaboración propia



Tabla 15: Estación 17, 18 y 19 en sentido Longitudinal

17VO REPORTE UNACEM (06-12-13)			18VO REPORTE UNACEM (08-01-14)			19VO REPORTE UNACEM (14-01-14)		
#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )
1	0.02	4.90E-01	1	0.02	2.36E-02	1	0.02	3.40E-02
2	0.0216	3.54E-01	2	0.0216	2.07E-02	2	0.0216	3.40E-02
3	0.0234	3.78E-01	3	0.0234	2.27E-02	3	0.0234	3.40E-02
4	0.0253	3.34E-01	4	0.0253	1.90E-02	4	0.0253	3.40E-02
5	0.0273	3.52E-01	5	0.0273	1.71E-02	5	0.0273	3.40E-02
6	0.0296	3.04E-01	6	0.0296	1.53E-02	6	0.0296	3.40E-02
7	0.032	3.38E-01	7	0.032	1.46E-02	7	0.032	3.40E-02
8	0.0346	3.35E-01	8	0.0346	1.41E-02	8	0.0346	3.40E-02
9	0.0374	2.52E-01	9	0.0374	1.37E-02	9	0.0374	3.40E-02
10	0.0404	1.86E-01	10	0.0404	1.37E-02	10	0.0404	3.40E-02
11	0.0437	1.73E-01	11	0.0437	1.35E-02	11	0.0437	3.40E-02
12	0.0473	1.80E-01	12	0.0473	1.31E-02	12	0.0473	3.40E-02
13	0.0511	1.60E-01	13	0.0511	1.28E-02	13	0.0511	3.40E-02
14	0.0553	1.47E-01	14	0.0553	1.26E-02	14	0.0553	3.40E-02
15	0.0598	1.48E-01	15	0.0598	1.26E-02	15	0.0598	3.40E-02
16	0.0647	1.60E-01	16	0.0647	1.24E-02	16	0.0647	3.40E-02
17	0.0699	1.51E-01	17	0.0699	1.24E-02	17	0.0699	3.40E-02
18	0.0756	1.46E-01	18	0.0756	1.23E-02	18	0.0756	3.40E-02
19	0.0818	1.41E-01	19	0.0818	1.23E-02	19	0.0818	3.40E-02
20	0.0884	1.33E-01	20	0.0884	1.22E-02	20	0.0884	3.40E-02
21	0.0956	1.30E-01	21	0.0956	1.22E-02	21	0.0956	3.40E-02
22	0.1034	1.26E-01	22	0.1034	1.21E-02	22	0.1034	3.40E-02
23	0.1118	1.26E-01	23	0.1118	1.21E-02	23	0.1118	3.40E-02
24	0.1209	1.25E-01	24	0.1209	1.21E-02	24	0.1209	3.40E-02
25	0.1308	1.23E-01	25	0.1308	1.21E-02	25	0.1308	3.40E-02
26	0.1414	1.22E-01	26	0.1414	1.21E-02	26	0.1414	3.40E-02
27	0.1529	1.22E-01	27	0.1529	1.21E-02	27	0.1529	3.40E-02
28	0.1654	1.21E-01	28	0.1654	1.20E-02	28	0.1654	3.40E-02
29	0.1788	1.21E-01	29	0.1788	1.20E-02	29	0.1788	3.40E-02
30	0.1934	1.21E-01	30	0.1934	1.20E-02	30	0.1934	3.40E-02
31	0.2091	1.21E-01	31	0.2091	1.20E-02	31	0.2091	3.40E-02
32	0.2261	1.21E-01	32	0.2261	1.20E-02	32	0.2261	3.40E-02
33	0.2446	1.21E-01	33	0.2446	1.20E-02	33	0.2446	3.40E-02
34	0.2645	1.20E-01	34	0.2645	1.20E-02	34	0.2645	3.40E-02
35	0.286	1.20E-01	35	0.286	1.20E-02	35	0.286	3.40E-02
36	0.3092	1.20E-01	36	0.3092	1.20E-02	36	0.3092	3.40E-02
37	0.3344	1.20E-01	37	0.3344	1.20E-02	37	0.3344	3.40E-02
38	0.3616	1.20E-01	38	0.3616	1.20E-02	38	0.3616	3.40E-02
39	0.3911	1.20E-01	39	0.3911	1.20E-02	39	0.3911	3.40E-02
40	0.4229	1.20E-01	40	0.4229	1.20E-02	40	0.4229	3.40E-02
41	0.4573	1.20E-01	41	0.4573	1.20E-02	41	0.4573	3.40E-02
42	0.4945	1.20E-01	42	0.4945	1.20E-02	42	0.4945	3.40E-02
43	0.5348	1.20E-01	43	0.5348	1.20E-02	43	0.5348	3.40E-02
44	0.5783	1.20E-01	44	0.5783	1.20E-02	44	0.5783	3.40E-02
45	0.6254	1.20E-01	45	0.6254	1.20E-02	45	0.6254	3.40E-02
46	0.6762	1.20E-01	46	0.6762	1.20E-02	46	0.6762	3.40E-02
47	0.7313	1.20E-01	47	0.7313	1.20E-02	47	0.7313	3.40E-02
48	0.7908	1.20E-01	48	0.7908	1.20E-02	48	0.7908	3.40E-02
49	0.8551	1.20E-01	49	0.8551	1.20E-02	49	0.8551	3.40E-02
50	0.9247	1.20E-01	50	0.9247	1.20E-02	50	0.9247	3.40E-02
51	1	1.20E-01	51	1	1.20E-02	51	1	3.40E-02
52	1.0814	1.20E-01	52	1.0814	1.20E-02	52	1.0814	3.40E-02
53	1.1694	1.20E-01	53	1.1694	1.20E-02	53	1.1694	3.40E-02
54	1.2646	1.20E-01	54	1.2646	1.20E-02	54	1.2646	3.40E-02
55	1.3675	1.20E-01	55	1.3675	1.20E-02	55	1.3675	3.40E-02
56	1.4788	1.20E-01	56	1.4788	1.20E-02	56	1.4788	3.40E-02
57	1.5991	1.20E-01	57	1.5991	1.20E-02	57	1.5991	3.40E-02
58	1.7292	1.20E-01	58	1.7292	1.20E-02	58	1.7292	3.40E-02
59	1.87	1.20E-01	59	1.87	1.20E-02	59	1.87	3.40E-02
60	2.0222	1.20E-01	60	2.0222	1.20E-02	60	2.0222	3.40E-02
61	2.1867	1.20E-01	61	2.1867	1.20E-02	61	2.1867	3.40E-02
62	2.3647	1.20E-01	62	2.3647	1.20E-02	62	2.3647	3.40E-02
63	2.5571	1.20E-01	63	2.5571	1.20E-02	63	2.5571	3.40E-02
64	2.7652	1.20E-01	64	2.7652	1.20E-02	64	2.7652	3.40E-02
65	2.9903	1.20E-01	65	2.9903	1.20E-02	65	2.9903	3.40E-02
66	3.2336	1.20E-01	66	3.2336	1.20E-02	66	3.2336	3.40E-02
67	3.4968	1.20E-01	67	3.4968	1.20E-02	67	3.4968	3.40E-02
68	3.7814	1.20E-01	68	3.7814	1.20E-02	68	3.7814	3.40E-02
69	4.0891	1.20E-01	69	4.0891	1.20E-02	69	4.0891	3.40E-02
70	4.4219	1.20E-01	70	4.4219	1.20E-02	70	4.4219	3.40E-02
71	4.7818	1.20E-01	71	4.7818	1.20E-02	71	4.7818	3.40E-02
72	5.1709	1.20E-01	72	5.1709	1.20E-02	72	5.1709	3.40E-02
73	5.5917	1.20E-01	73	5.5917	1.20E-02	73	5.5917	3.40E-02
74	6.0468	1.20E-01	74	6.0468	1.20E-02	74	6.0468	3.40E-02
75	6.5389	1.20E-01	75	6.5389	1.20E-02	75	6.5389	3.40E-02
76	7.0711	1.20E-01	76	7.0711	1.20E-02	76	7.0711	3.40E-02
77	7.6465	1.20E-01	77	7.6465	1.20E-02	77	7.6465	3.40E-02
78	8.2688	1.20E-01	78	8.2688	1.20E-02	78	8.2688	3.40E-02
79	8.9418	1.20E-01	79	8.9418	1.20E-02	79	8.9418	3.40E-02
80	9.6695	1.20E-01	80	9.6695	1.20E-02	80	9.6695	3.40E-02
81	10.4564	1.20E-01	81	10.4564	1.20E-02	81	10.4564	3.40E-02
82	11.3074	1.20E-01	82	11.3074	1.20E-02	82	11.3074	3.40E-02
83	12.2276	1.20E-01	83	12.2276	1.20E-02	83	12.2276	3.40E-02
84	13.2227	1.20E-01	84	13.2227	1.20E-02	84	13.2227	3.40E-02
85	14.2988	1.20E-01	85	14.2988	1.20E-02	85	14.2988	3.40E-02
86	15.4625	1.20E-01	86	15.4625	1.20E-02	86	15.4625	3.40E-02
87	16.7209	1.20E-01	87	16.7209	1.20E-02	87	16.7209	3.40E-02
88	18.0816	1.20E-01	88	18.0816	1.20E-02	88	18.0816	3.40E-02
89	19.5532	1.20E-01	89	19.5532	1.20E-02	89	19.5532	3.40E-02
90	21.1445	1.20E-01	90	21.1445	1.20E-02	90	21.1445	3.40E-02
91	22.8653	1.20E-01	91	22.8653	1.20E-02	91	22.8653	3.40E-02
92	24.7261	1.20E-01	92	24.7261	1.20E-02	92	24.7261	3.40E-02
93	26.7384	1.20E-01	93	26.7384	1.20E-02	93	26.7384	3.40E-02
94	28.9144	1.20E-01	94	28.9144	1.20E-02	94	28.9144	3.40E-02
95	31.2675	1.20E-01	95	31.2675	1.20E-02	95	31.2675	3.40E-02
96	33.8122	1.20E-01	96	33.8122	1.20E-02	96	33.8122	3.40E-02
97	36.5639	1.20E-01	97	36.5639	1.20E-02	97	36.5639	3.40E-02
98	39.5396	1.20E-01	98	39.5396	1.20E-02	98	39.5396	3.40E-02
99	42.7574	1.20E-01	99	42.7574	1.20E-02	99	42.7574	3.40E-02
100	50	1.20E-01	100	50	1.20E-02	100	50	3.40E-02

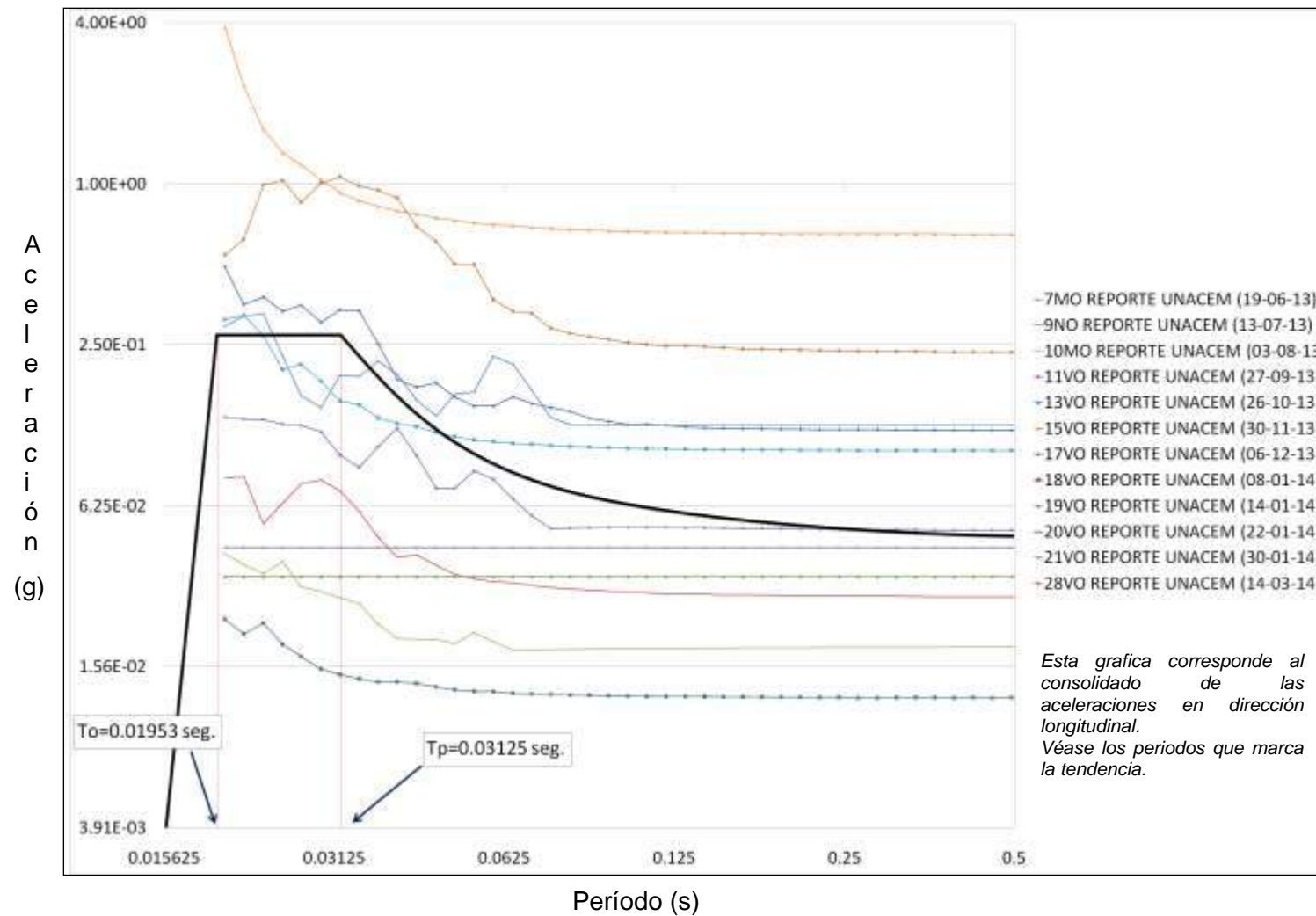
Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Estación 20, 21 y 28 en sentido Longitudinal

20VO REPORTE UNACEM (22-01-14)			21VO REPORTE UNACEM (30-01-14)			28VO REPORTE UNACEM (14-03-14)		
#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )
1	0.02	4.36E-02	1	0.02	2.36E-02	1	0.02	5.43E-01
2	0.0216	4.36E-02	2	0.0216	2.07E-02	2	0.0216	6.21E-01
3	0.0234	4.36E-02	3	0.0234	2.27E-02	3	0.0234	9.92E-01
4	0.0253	4.36E-02	4	0.0253	1.90E-02	4	0.0253	1.03E+00
5	0.0273	4.36E-02	5	0.0273	1.71E-02	5	0.0273	8.54E-01
6	0.0296	4.36E-02	6	0.0296	1.53E-02	6	0.0296	1.01E+00
7	0.032	4.36E-02	7	0.032	1.46E-02	7	0.032	1.06E+00
8	0.0346	4.36E-02	8	0.0346	1.41E-02	8	0.0346	9.83E-01
9	0.0374	4.36E-02	9	0.0374	1.37E-02	9	0.0374	9.47E-01
10	0.0404	4.36E-02	10	0.0404	1.37E-02	10	0.0404	8.86E-01
11	0.0437	4.36E-02	11	0.0437	1.35E-02	11	0.0437	6.95E-01
12	0.0473	4.36E-02	12	0.0473	1.31E-02	12	0.0473	6.09E-01
13	0.0511	4.36E-02	13	0.0511	1.28E-02	13	0.0511	5.01E-01
14	0.0553	4.36E-02	14	0.0553	1.26E-02	14	0.0553	4.99E-01
15	0.0598	4.36E-02	15	0.0598	1.26E-02	15	0.0598	3.69E-01
16	0.0647	4.36E-02	16	0.0647	1.24E-02	16	0.0647	3.34E-01
17	0.0699	4.36E-02	17	0.0699	1.24E-02	17	0.0699	3.28E-01
18	0.0756	4.36E-02	18	0.0756	1.23E-02	18	0.0756	2.88E-01
19	0.0818	4.36E-02	19	0.0818	1.23E-02	19	0.0818	2.76E-01
20	0.0884	4.36E-02	20	0.0884	1.22E-02	20	0.0884	2.68E-01
21	0.0956	4.36E-02	21	0.0956	1.22E-02	21	0.0956	2.62E-01
22	0.1034	4.36E-02	22	0.1034	1.21E-02	22	0.1034	2.55E-01
23	0.1118	4.36E-02	23	0.1118	1.21E-02	23	0.1118	2.51E-01
24	0.1209	4.36E-02	24	0.1209	1.21E-02	24	0.1209	2.48E-01
25	0.1308	4.36E-02	25	0.1308	1.21E-02	25	0.1308	2.48E-01
26	0.1414	4.36E-02	26	0.1414	1.21E-02	26	0.1414	2.46E-01
27	0.1529	4.36E-02	27	0.1529	1.21E-02	27	0.1529	2.44E-01
28	0.1654	4.36E-02	28	0.1654	1.20E-02	28	0.1654	2.41E-01
29	0.1788	4.36E-02	29	0.1788	1.20E-02	29	0.1788	2.40E-01
30	0.1934	4.36E-02	30	0.1934	1.20E-02	30	0.1934	2.39E-01
31	0.2091	4.36E-02	31	0.2091	1.20E-02	31	0.2091	2.39E-01
32	0.2261	4.36E-02	32	0.2261	1.20E-02	32	0.2261	2.38E-01
33	0.2446	4.36E-02	33	0.2446	1.20E-02	33	0.2446	2.37E-01
34	0.2645	4.36E-02	34	0.2645	1.20E-02	34	0.2645	2.37E-01
35	0.286	4.36E-02	35	0.286	1.20E-02	35	0.286	2.36E-01
36	0.3092	4.36E-02	36	0.3092	1.20E-02	36	0.3092	2.36E-01
37	0.3344	4.36E-02	37	0.3344	1.20E-02	37	0.3344	2.36E-01
38	0.3616	4.36E-02	38	0.3616	1.20E-02	38	0.3616	2.35E-01
39	0.3911	4.36E-02	39	0.3911	1.20E-02	39	0.3911	2.35E-01
40	0.4229	4.36E-02	40	0.4229	1.20E-02	40	0.4229	2.35E-01
41	0.4573	4.36E-02	41	0.4573	1.20E-02	41	0.4573	2.35E-01
42	0.4945	4.36E-02	42	0.4945	1.20E-02	42	0.4945	2.35E-01
43	0.5348	4.36E-02	43	0.5348	1.20E-02	43	0.5348	2.34E-01
44	0.5783	4.36E-02	44	0.5783	1.20E-02	44	0.5783	2.34E-01
45	0.6254	4.36E-02	45	0.6254	1.20E-02	45	0.6254	2.34E-01
46	0.6762	4.36E-02	46	0.6762	1.20E-02	46	0.6762	2.34E-01
47	0.7313	4.36E-02	47	0.7313	1.20E-02	47	0.7313	2.34E-01
48	0.7908	4.36E-02	48	0.7908	1.20E-02	48	0.7908	2.34E-01
49	0.8551	4.36E-02	49	0.8551	1.20E-02	49	0.8551	2.34E-01
50	0.9247	4.36E-02	50	0.9247	1.20E-02	50	0.9247	2.34E-01
51	1	4.36E-02	51	1	1.20E-02	51	1	2.34E-01
52	1.0814	4.36E-02	52	1.0814	1.20E-02	52	1.0814	2.34E-01
53	1.1694	4.36E-02	53	1.1694	1.20E-02	53	1.1694	2.34E-01
54	1.2646	4.36E-02	54	1.2646	1.20E-02	54	1.2646	2.34E-01
55	1.3675	4.36E-02	55	1.3675	1.20E-02	55	1.3675	2.34E-01
56	1.4788	4.36E-02	56	1.4788	1.20E-02	56	1.4788	2.34E-01
57	1.5991	4.36E-02	57	1.5991	1.20E-02	57	1.5991	2.34E-01
58	1.7292	4.36E-02	58	1.7292	1.20E-02	58	1.7292	2.34E-01
59	1.87	4.36E-02	59	1.87	1.20E-02	59	1.87	2.34E-01
60	2.0222	4.36E-02	60	2.0222	1.20E-02	60	2.0222	2.34E-01
61	2.1867	4.36E-02	61	2.1867	1.20E-02	61	2.1867	2.34E-01
62	2.3647	4.36E-02	62	2.3647	1.20E-02	62	2.3647	2.34E-01
63	2.5571	4.36E-02	63	2.5571	1.20E-02	63	2.5571	2.34E-01
64	2.7652	4.36E-02	64	2.7652	1.20E-02	64	2.7652	2.34E-01
65	2.9903	4.36E-02	65	2.9903	1.20E-02	65	2.9903	2.34E-01
66	3.2336	4.36E-02	66	3.2336	1.20E-02	66	3.2336	2.34E-01
67	3.4968	4.36E-02	67	3.4968	1.20E-02	67	3.4968	2.34E-01
68	3.7814	4.36E-02	68	3.7814	1.20E-02	68	3.7814	2.34E-01
69	4.0891	4.36E-02	69	4.0891	1.20E-02	69	4.0891	2.34E-01
70	4.4219	4.36E-02	70	4.4219	1.20E-02	70	4.4219	2.34E-01
71	4.7818	4.36E-02	71	4.7818	1.20E-02	71	4.7818	2.34E-01
72	5.1709	4.36E-02	72	5.1709	1.20E-02	72	5.1709	2.34E-01
73	5.5917	4.36E-02	73	5.5917	1.20E-02	73	5.5917	2.34E-01
74	6.0468	4.36E-02	74	6.0468	1.20E-02	74	6.0468	2.34E-01
75	6.5389	4.36E-02	75	6.5389	1.20E-02	75	6.5389	2.34E-01
76	7.0711	4.36E-02	76	7.0711	1.20E-02	76	7.0711	2.34E-01
77	7.6465	4.36E-02	77	7.6465	1.20E-02	77	7.6465	2.34E-01
78	8.2688	4.36E-02	78	8.2688	1.20E-02	78	8.2688	2.34E-01
79	8.9418	4.36E-02	79	8.9418	1.20E-02	79	8.9418	2.34E-01
80	9.6695	4.36E-02	80	9.6695	1.20E-02	80	9.6695	2.34E-01
81	10.4564	4.36E-02	81	10.4564	1.20E-02	81	10.4564	2.34E-01
82	11.3074	4.36E-02	82	11.3074	1.20E-02	82	11.3074	2.34E-01
83	12.2276	4.36E-02	83	12.2276	1.20E-02	83	12.2276	2.34E-01
84	13.2227	4.36E-02	84	13.2227	1.20E-02	84	13.2227	2.34E-01
85	14.2988	4.36E-02	85	14.2988	1.20E-02	85	14.2988	2.34E-01
86	15.4625	4.36E-02	86	15.4625	1.20E-02	86	15.4625	2.34E-01
87	16.7209	4.36E-02	87	16.7209	1.20E-02	87	16.7209	2.34E-01
88	18.0816	4.36E-02	88	18.0816	1.20E-02	88	18.0816	2.34E-01
89	19.5532	4.36E-02	89	19.5532	1.20E-02	89	19.5532	2.34E-01
90	21.1445	4.36E-02	90	21.1445	1.20E-02	90	21.1445	2.34E-01
91	22.8653	4.36E-02	91	22.8653	1.20E-02	91	22.8653	2.34E-01
92	24.7261	4.36E-02	92	24.7261	1.20E-02	92	24.7261	2.34E-01
93	26.7384	4.36E-02	93	26.7384	1.20E-02	93	26.7384	2.34E-01
94	28.9144	4.36E-02	94	28.9144	1.20E-02	94	28.9144	2.34E-01
95	31.2675	4.36E-02	95	31.2675	1.20E-02	95	31.2675	2.34E-01
96	33.8122	4.36E-02	96	33.8122	1.20E-02	96	33.8122	2.34E-01
97	36.5639	4.36E-02	97	36.5639	1.20E-02	97	36.5639	2.34E-01
98	39.5396	4.36E-02	98	39.5396	1.20E-02	98	39.5396	2.34E-01
99	42.7574	4.36E-02	99	42.7574	1.20E-02	99	42.7574	2.34E-01
100	50	4.36E-02	100	50	1.20E-02	100	50	2.34E-01

Fuente: Elaboración propia

Gráf. 01: Sa VS T – DIRECCIÓN LONGITUDINAL, según los datos de las Tablas N° 13 a la N° 16



Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Estación 07, 09 y 10 en sentido Transversal

7MO REPORTE UNACEM (19-06-13)			9NO REPORTE UNACEM (13-07-13)			10MO REPORTE UNACEM (03-08-13)		
TRANSVERSAL (mm/s)			TRANSVERSAL (mm/s)			TRANSVERSAL (mm/s)		
#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )
1	0.02	4.60E-01	1	0.02	7.23E-02	1	0.02	5.08E-02
2	0.0216	5.79E-01	2	0.0216	7.19E-02	2	0.0216	4.08E-02
3	0.0234	4.88E-01	3	0.0234	7.27E-02	3	0.0234	3.94E-02
4	0.0253	4.34E-01	4	0.0253	6.53E-02	4	0.0253	4.25E-02
5	0.0273	3.83E-01	5	0.0273	6.16E-02	5	0.0273	4.15E-02
6	0.0296	3.80E-01	6	0.0296	4.87E-02	6	0.0296	3.64E-02
7	0.032	3.80E-01	7	0.032	4.66E-02	7	0.032	2.99E-02
8	0.0346	3.80E-01	8	0.0346	4.66E-02	8	0.0346	2.72E-02
9	0.0374	3.80E-01	9	0.0374	4.66E-02	9	0.0374	2.36E-02
10	0.0404	3.80E-01	10	0.0404	4.66E-02	10	0.0404	2.40E-02
11	0.0437	3.80E-01	11	0.0437	4.66E-02	11	0.0437	2.53E-02
12	0.0473	3.80E-01	12	0.0473	4.66E-02	12	0.0473	2.58E-02
13	0.0511	3.80E-01	13	0.0511	4.66E-02	13	0.0511	2.44E-02
14	0.0553	3.80E-01	14	0.0553	4.66E-02	14	0.0553	2.39E-02
15	0.0598	3.80E-01	15	0.0598	4.66E-02	15	0.0598	2.34E-02
16	0.0647	3.80E-01	16	0.0647	4.66E-02	16	0.0647	2.27E-02
17	0.0699	3.80E-01	17	0.0699	4.66E-02	17	0.0699	2.26E-02
18	0.0756	3.80E-01	18	0.0756	4.66E-02	18	0.0756	2.28E-02
19	0.0818	3.80E-01	19	0.0818	4.66E-02	19	0.0818	2.27E-02
20	0.0884	3.80E-01	20	0.0884	4.66E-02	20	0.0884	2.27E-02
21	0.0956	3.80E-01	21	0.0956	4.66E-02	21	0.0956	2.26E-02
22	0.1034	3.80E-01	22	0.1034	4.66E-02	22	0.1034	2.26E-02
23	0.1118	3.80E-01	23	0.1118	4.66E-02	23	0.1118	2.25E-02
24	0.1209	3.80E-01	24	0.1209	4.66E-02	24	0.1209	2.26E-02
25	0.1308	3.80E-01	25	0.1308	4.66E-02	25	0.1308	2.24E-02
26	0.1414	3.80E-01	26	0.1414	4.66E-02	26	0.1414	2.24E-02
27	0.1529	3.80E-01	27	0.1529	4.66E-02	27	0.1529	2.25E-02
28	0.1654	3.80E-01	28	0.1654	4.66E-02	28	0.1654	2.24E-02
29	0.1788	3.80E-01	29	0.1788	4.66E-02	29	0.1788	2.23E-02
30	0.1934	3.80E-01	30	0.1934	4.66E-02	30	0.1934	2.24E-02
31	0.2091	3.80E-01	31	0.2091	4.66E-02	31	0.2091	2.25E-02
32	0.2261	3.80E-01	32	0.2261	4.67E-02	32	0.2261	2.24E-02
33	0.2446	3.80E-01	33	0.2446	4.67E-02	33	0.2446	2.23E-02
34	0.2645	3.80E-01	34	0.2645	4.67E-02	34	0.2645	2.23E-02
35	0.286	3.80E-01	35	0.286	4.67E-02	35	0.286	2.24E-02
36	0.3092	3.80E-01	36	0.3092	4.67E-02	36	0.3092	2.24E-02
37	0.3344	3.80E-01	37	0.3344	4.67E-02	37	0.3344	2.24E-02
38	0.3616	3.80E-01	38	0.3616	4.67E-02	38	0.3616	2.24E-02
39	0.3911	3.80E-01	39	0.3911	4.67E-02	39	0.3911	2.23E-02
40	0.4229	3.80E-01	40	0.4229	4.67E-02	40	0.4229	2.23E-02
41	0.4573	3.80E-01	41	0.4573	4.67E-02	41	0.4573	2.23E-02
42	0.4945	3.80E-01	42	0.4945	4.67E-02	42	0.4945	2.23E-02
43	0.5348	3.80E-01	43	0.5348	4.67E-02	43	0.5348	2.23E-02
44	0.5783	3.80E-01	44	0.5783	4.67E-02	44	0.5783	2.23E-02
45	0.6254	3.80E-01	45	0.6254	4.67E-02	45	0.6254	2.24E-02
46	0.6762	3.80E-01	46	0.6762	4.67E-02	46	0.6762	2.24E-02
47	0.7313	3.80E-01	47	0.7313	4.67E-02	47	0.7313	2.24E-02
48	0.7908	3.80E-01	48	0.7908	4.67E-02	48	0.7908	2.24E-02
49	0.8551	3.80E-01	49	0.8551	4.67E-02	49	0.8551	2.24E-02
50	0.9247	3.80E-01	50	0.9247	4.67E-02	50	0.9247	2.24E-02
51	1	3.80E-01	51	1	4.67E-02	51	1	2.24E-02
52	1.0814	3.80E-01	52	1.0814	4.67E-02	52	1.0814	2.24E-02
53	1.1694	3.80E-01	53	1.1694	4.67E-02	53	1.1694	2.23E-02
54	1.2646	3.80E-01	54	1.2646	4.67E-02	54	1.2646	2.23E-02
55	1.3675	3.80E-01	55	1.3675	4.67E-02	55	1.3675	2.23E-02
56	1.4788	3.80E-01	56	1.4788	4.67E-02	56	1.4788	2.23E-02
57	1.5991	3.80E-01	57	1.5991	4.67E-02	57	1.5991	2.23E-02
58	1.7292	3.80E-01	58	1.7292	4.67E-02	58	1.7292	2.23E-02
59	1.87	3.80E-01	59	1.87	4.67E-02	59	1.87	2.23E-02
60	2.0222	3.80E-01	60	2.0222	4.67E-02	60	2.0222	2.23E-02
61	2.1867	3.80E-01	61	2.1867	4.67E-02	61	2.1867	2.23E-02
62	2.3647	3.80E-01	62	2.3647	4.67E-02	62	2.3647	2.23E-02
63	2.5571	3.80E-01	63	2.5571	4.67E-02	63	2.5571	2.23E-02
64	2.7652	3.80E-01	64	2.7652	4.67E-02	64	2.7652	2.23E-02
65	2.9903	3.80E-01	65	2.9903	4.67E-02	65	2.9903	2.23E-02
66	3.2336	3.80E-01	66	3.2336	4.67E-02	66	3.2336	2.23E-02
67	3.4968	3.80E-01	67	3.4968	4.67E-02	67	3.4968	2.23E-02
68	3.7814	3.80E-01	68	3.7814	4.67E-02	68	3.7814	2.23E-02
69	4.0891	3.80E-01	69	4.0891	4.67E-02	69	4.0891	2.23E-02
70	4.4219	3.80E-01	70	4.4219	4.67E-02	70	4.4219	2.23E-02
71	4.7818	3.80E-01	71	4.7818	4.67E-02	71	4.7818	2.23E-02
72	5.1709	3.80E-01	72	5.1709	4.67E-02	72	5.1709	2.24E-02
73	5.5917	3.80E-01	73	5.5917	4.67E-02	73	5.5917	2.24E-02
74	6.0468	3.80E-01	74	6.0468	4.67E-02	74	6.0468	2.24E-02
75	6.5389	3.80E-01	75	6.5389	4.67E-02	75	6.5389	2.24E-02
76	7.0711	3.80E-01	76	7.0711	4.67E-02	76	7.0711	2.24E-02
77	7.6465	3.80E-01	77	7.6465	4.67E-02	77	7.6465	2.24E-02
78	8.2688	3.80E-01	78	8.2688	4.67E-02	78	8.2688	2.24E-02
79	8.9418	3.80E-01	79	8.9418	4.67E-02	79	8.9418	2.24E-02
80	9.6695	3.80E-01	80	9.6695	4.67E-02	80	9.6695	2.24E-02
81	10.4564	3.80E-01	81	10.4564	4.67E-02	81	10.4564	2.24E-02
82	11.3074	3.80E-01	82	11.3074	4.67E-02	82	11.3074	2.24E-02
83	12.2276	3.80E-01	83	12.2276	4.67E-02	83	12.2276	2.24E-02
84	13.2227	3.80E-01	84	13.2227	4.67E-02	84	13.2227	2.24E-02
85	14.2988	3.80E-01	85	14.2988	4.67E-02	85	14.2988	2.24E-02
86	15.4625	3.80E-01	86	15.4625	4.67E-02	86	15.4625	2.24E-02
87	16.7209	3.80E-01	87	16.7209	4.67E-02	87	16.7209	2.24E-02
88	18.0816	3.80E-01	88	18.0816	4.67E-02	88	18.0816	2.24E-02
89	19.5532	3.80E-01	89	19.5532	4.67E-02	89	19.5532	2.24E-02
90	21.1445	3.80E-01	90	21.1445	4.67E-02	90	21.1445	2.24E-02
91	22.8653	3.80E-01	91	22.8653	4.67E-02	91	22.8653	2.24E-02
92	24.7261	3.80E-01	92	24.7261	4.67E-02	92	24.7261	2.24E-02
93	26.7384	3.80E-01	93	26.7384	4.67E-02	93	26.7384	2.24E-02
94	28.9144	3.80E-01	94	28.9144	4.67E-02	94	28.9144	2.24E-02
95	31.2675	3.80E-01	95	31.2675	4.67E-02	95	31.2675	2.24E-02
96	33.8122	3.80E-01	96	33.8122	4.67E-02	96	33.8122	2.24E-02
97	36.5639	3.80E-01	97	36.5639	4.67E-02	97	36.5639	2.24E-02
98	39.5396	3.80E-01	98	39.5396	4.67E-02	98	39.5396	2.24E-02
99	42.7574	3.80E-01	99	42.7574	4.67E-02	99	42.7574	2.24E-02
100	50	3.80E-01	100	50	4.67E-02	100	50	2.24E-02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Estación 11, 13 y 15 en sentido Transversal

11VO REPORTE UNACEM (27-09-13)			13VO REPORTE UNACEM (26-10-13)			15VO REPORTE UNACEM (30-11-13)		
TRANSVERSAL (mm/s)			TRANSVERSAL (mm/s)			TRANSVERSAL (mm/s)		
#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )
1	0.02	2.22E-01	1	0.02	4.91E-01	1	0.02	3.86E+00
2	0.0216	2.22E-01	2	0.0216	3.36E-01	2	0.0216	2.32E+00
3	0.0234	2.22E-01	3	0.0234	3.09E-01	3	0.0234	1.60E+00
4	0.0253	2.22E-01	4	0.0253	2.81E-01	4	0.0253	1.31E+00
5	0.0273	2.22E-01	5	0.0273	2.34E-01	5	0.0273	1.18E+00
6	0.0296	2.22E-01	6	0.0296	2.29E-01	6	0.0296	1.03E+00
7	0.032	2.22E-01	7	0.032	2.14E-01	7	0.032	9.29E-01
8	0.0346	2.23E-01	8	0.0346	1.93E-01	8	0.0346	8.65E-01
9	0.0374	2.23E-01	9	0.0374	1.82E-01	9	0.0374	8.25E-01
10	0.0404	2.23E-01	10	0.0404	1.84E-01	10	0.0404	7.94E-01
11	0.0437	2.23E-01	11	0.0437	1.84E-01	11	0.0437	7.71E-01
12	0.0473	2.23E-01	12	0.0473	1.82E-01	12	0.0473	7.46E-01
13	0.0511	2.23E-01	13	0.0511	1.78E-01	13	0.0511	7.32E-01
14	0.0553	2.23E-01	14	0.0553	1.76E-01	14	0.0553	7.16E-01
15	0.0598	2.23E-01	15	0.0598	1.74E-01	15	0.0598	7.04E-01
16	0.0647	2.23E-01	16	0.0647	1.73E-01	16	0.0647	6.98E-01
17	0.0699	2.23E-01	17	0.0699	1.72E-01	17	0.0699	6.88E-01
18	0.0756	2.23E-01	18	0.0756	1.71E-01	18	0.0756	6.80E-01
19	0.0818	2.23E-01	19	0.0818	1.70E-01	19	0.0818	6.77E-01
20	0.0884	2.23E-01	20	0.0884	1.69E-01	20	0.0884	6.74E-01
21	0.0956	2.23E-01	21	0.0956	1.69E-01	21	0.0956	6.69E-01
22	0.1034	2.23E-01	22	0.1034	1.68E-01	22	0.1034	6.64E-01
23	0.1118	2.23E-01	23	0.1118	1.68E-01	23	0.1118	6.61E-01
24	0.1209	2.23E-01	24	0.1209	1.68E-01	24	0.1209	6.60E-01
25	0.1308	2.23E-01	25	0.1308	1.67E-01	25	0.1308	6.59E-01
26	0.1414	2.23E-01	26	0.1414	1.67E-01	26	0.1414	6.58E-01
27	0.1529	2.23E-01	27	0.1529	1.67E-01	27	0.1529	6.56E-01
28	0.1654	2.23E-01	28	0.1654	1.67E-01	28	0.1654	6.54E-01
29	0.1788	2.23E-01	29	0.1788	1.66E-01	29	0.1788	6.52E-01
30	0.1934	2.23E-01	30	0.1934	1.66E-01	30	0.1934	6.51E-01
31	0.2091	2.23E-01	31	0.2091	1.66E-01	31	0.2091	6.50E-01
32	0.2261	2.23E-01	32	0.2261	1.66E-01	32	0.2261	6.50E-01
33	0.2446	2.23E-01	33	0.2446	1.66E-01	33	0.2446	6.50E-01
34	0.2645	2.23E-01	34	0.2645	1.66E-01	34	0.2645	6.50E-01
35	0.286	2.23E-01	35	0.286	1.66E-01	35	0.286	6.50E-01
36	0.3092	2.23E-01	36	0.3092	1.66E-01	36	0.3092	6.50E-01
37	0.3344	2.23E-01	37	0.3344	1.66E-01	37	0.3344	6.50E-01
38	0.3616	2.23E-01	38	0.3616	1.66E-01	38	0.3616	6.49E-01
39	0.3911	2.23E-01	39	0.3911	1.66E-01	39	0.3911	6.49E-01
40	0.4229	2.23E-01	40	0.4229	1.66E-01	40	0.4229	6.49E-01
41	0.4573	2.23E-01	41	0.4573	1.66E-01	41	0.4573	6.48E-01
42	0.4945	2.23E-01	42	0.4945	1.66E-01	42	0.4945	6.48E-01
43	0.5348	2.23E-01	43	0.5348	1.66E-01	43	0.5348	6.48E-01
44	0.5783	2.23E-01	44	0.5783	1.66E-01	44	0.5783	6.48E-01
45	0.6254	2.23E-01	45	0.6254	1.66E-01	45	0.6254	6.48E-01
46	0.6762	2.23E-01	46	0.6762	1.66E-01	46	0.6762	6.47E-01
47	0.7313	2.23E-01	47	0.7313	1.66E-01	47	0.7313	6.47E-01
48	0.7908	2.23E-01	48	0.7908	1.66E-01	48	0.7908	6.47E-01
49	0.8551	2.23E-01	49	0.8551	1.66E-01	49	0.8551	6.47E-01
50	0.9247	2.23E-01	50	0.9247	1.66E-01	50	0.9247	6.47E-01
51	1	2.23E-01	51	1	1.66E-01	51	1	6.47E-01
52	1.0814	2.23E-01	52	1.0814	1.66E-01	52	1.0814	6.47E-01
53	1.1694	2.23E-01	53	1.1694	1.66E-01	53	1.1694	6.47E-01
54	1.2646	2.23E-01	54	1.2646	1.66E-01	54	1.2646	6.47E-01
55	1.3675	2.23E-01	55	1.3675	1.66E-01	55	1.3675	6.47E-01
56	1.4788	2.23E-01	56	1.4788	1.66E-01	56	1.4788	6.47E-01
57	1.5991	2.23E-01	57	1.5991	1.66E-01	57	1.5991	6.47E-01
58	1.7292	2.23E-01	58	1.7292	1.66E-01	58	1.7292	6.47E-01
59	1.87	2.23E-01	59	1.87	1.66E-01	59	1.87	6.47E-01
60	2.0222	2.23E-01	60	2.0222	1.66E-01	60	2.0222	6.47E-01
61	2.1867	2.23E-01	61	2.1867	1.66E-01	61	2.1867	6.47E-01
62	2.3647	2.23E-01	62	2.3647	1.66E-01	62	2.3647	6.47E-01
63	2.5571	2.23E-01	63	2.5571	1.66E-01	63	2.5571	6.47E-01
64	2.7652	2.23E-01	64	2.7652	1.66E-01	64	2.7652	6.47E-01
65	2.9903	2.23E-01	65	2.9903	1.66E-01	65	2.9903	6.47E-01
66	3.2336	2.23E-01	66	3.2336	1.66E-01	66	3.2336	6.47E-01
67	3.4968	2.23E-01	67	3.4968	1.66E-01	67	3.4968	6.47E-01
68	3.7814	2.23E-01	68	3.7814	1.66E-01	68	3.7814	6.47E-01
69	4.0891	2.23E-01	69	4.0891	1.66E-01	69	4.0891	6.47E-01
70	4.4219	2.23E-01	70	4.4219	1.66E-01	70	4.4219	6.47E-01
71	4.7818	2.23E-01	71	4.7818	1.66E-01	71	4.7818	6.47E-01
72	5.1709	2.23E-01	72	5.1709	1.66E-01	72	5.1709	6.47E-01
73	5.5917	2.23E-01	73	5.5917	1.66E-01	73	5.5917	6.47E-01
74	6.0468	2.23E-01	74	6.0468	1.66E-01	74	6.0468	6.47E-01
75	6.5389	2.23E-01	75	6.5389	1.66E-01	75	6.5389	6.47E-01
76	7.0711	2.23E-01	76	7.0711	1.66E-01	76	7.0711	6.47E-01
77	7.6465	2.23E-01	77	7.6465	1.66E-01	77	7.6465	6.47E-01
78	8.2688	2.23E-01	78	8.2688	1.66E-01	78	8.2688	6.47E-01
79	8.9418	2.23E-01	79	8.9418	1.66E-01	79	8.9418	6.47E-01
80	9.6695	2.23E-01	80	9.6695	1.66E-01	80	9.6695	6.47E-01
81	10.4564	2.23E-01	81	10.4564	1.66E-01	81	10.4564	6.47E-01
82	11.3074	2.23E-01	82	11.3074	1.66E-01	82	11.3074	6.47E-01
83	12.2276	2.23E-01	83	12.2276	1.66E-01	83	12.2276	6.47E-01
84	13.2227	2.23E-01	84	13.2227	1.66E-01	84	13.2227	6.47E-01
85	14.2988	2.23E-01	85	14.2988	1.66E-01	85	14.2988	6.47E-01
86	15.4625	2.23E-01	86	15.4625	1.66E-01	86	15.4625	6.47E-01
87	16.7209	2.23E-01	87	16.7209	1.66E-01	87	16.7209	6.47E-01
88	18.0816	2.23E-01	88	18.0816	1.66E-01	88	18.0816	6.47E-01
89	19.5532	2.23E-01	89	19.5532	1.66E-01	89	19.5532	6.47E-01
90	21.1445	2.23E-01	90	21.1445	1.66E-01	90	21.1445	6.47E-01
91	22.8653	2.23E-01	91	22.8653	1.66E-01	91	22.8653	6.47E-01
92	24.7261	2.23E-01	92	24.7261	1.66E-01	92	24.7261	6.47E-01
93	26.7384	2.23E-01	93	26.7384	1.66E-01	93	26.7384	6.47E-01
94	28.9144	2.23E-01	94	28.9144	1.66E-01	94	28.9144	6.47E-01
95	31.2675	2.23E-01	95	31.2675	1.66E-01	95	31.2675	6.47E-01
96	33.8122	2.23E-01	96	33.8122	1.66E-01	96	33.8122	6.47E-01
97	36.5639	2.23E-01	97	36.5639	1.66E-01	97	36.5639	6.47E-01
98	39.5396	2.23E-01	98	39.5396	1.66E-01	98	39.5396	6.47E-01
99	42.7574	2.23E-01	99	42.7574	1.66E-01	99	42.7574	6.47E-01
100	50	2.23E-01	100	50	1.66E-01	100	50	6.47E-01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Estación 17, 18 y 19 en sentido Transversal

17VO REPORTE UNACEM (06-12-13)			18VO REPORTE UNACEM (08-01-14)			19VO REPORTE UNACEM (10-01-14)		
#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )
1	0.02	5.41E-01	1	0.02	6.33E-02	1	0.02	2.59E-02
2	0.0216	4.37E-01	2	0.0216	5.29E-02	2	0.0216	2.31E-02
3	0.0234	4.15E-01	3	0.0234	4.43E-02	3	0.0234	2.20E-02
4	0.0253	4.41E-01	4	0.0253	3.78E-02	4	0.0253	2.12E-02
5	0.0273	5.13E-01	5	0.0273	3.68E-02	5	0.0273	2.04E-02
6	0.0296	5.05E-01	6	0.0296	3.68E-02	6	0.0296	1.97E-02
7	0.032	4.19E-01	7	0.032	3.68E-02	7	0.032	1.89E-02
8	0.0346	3.30E-01	8	0.0346	3.68E-02	8	0.0346	1.85E-02
9	0.0374	3.03E-01	9	0.0374	3.68E-02	9	0.0374	1.81E-02
10	0.0404	2.70E-01	10	0.0404	3.68E-02	10	0.0404	1.78E-02
11	0.0437	2.56E-01	11	0.0437	3.68E-02	11	0.0437	1.76E-02
12	0.0473	2.30E-01	12	0.0473	3.68E-02	12	0.0473	1.73E-02
13	0.0511	2.08E-01	13	0.0511	3.68E-02	13	0.0511	1.72E-02
14	0.0553	1.90E-01	14	0.0553	3.68E-02	14	0.0553	1.71E-02
15	0.0598	1.94E-01	15	0.0598	3.68E-02	15	0.0598	1.69E-02
16	0.0647	1.85E-01	16	0.0647	3.68E-02	16	0.0647	1.68E-02
17	0.0699	1.84E-01	17	0.0699	3.68E-02	17	0.0699	1.67E-02
18	0.0756	1.82E-01	18	0.0756	3.68E-02	18	0.0756	1.67E-02
19	0.0818	1.86E-01	19	0.0818	3.68E-02	19	0.0818	1.66E-02
20	0.0884	1.81E-01	20	0.0884	3.68E-02	20	0.0884	1.66E-02
21	0.0956	1.76E-01	21	0.0956	3.68E-02	21	0.0956	1.65E-02
22	0.1034	1.73E-01	22	0.1034	3.69E-02	22	0.1034	1.65E-02
23	0.1118	1.71E-01	23	0.1118	3.69E-02	23	0.1118	1.64E-02
24	0.1209	1.70E-01	24	0.1209	3.69E-02	24	0.1209	1.64E-02
25	0.1308	1.68E-01	25	0.1308	3.69E-02	25	0.1308	1.64E-02
26	0.1414	1.67E-01	26	0.1414	3.69E-02	26	0.1414	1.64E-02
27	0.1529	1.67E-01	27	0.1529	3.69E-02	27	0.1529	1.63E-02
28	0.1654	1.66E-01	28	0.1654	3.69E-02	28	0.1654	1.63E-02
29	0.1788	1.65E-01	29	0.1788	3.69E-02	29	0.1788	1.63E-02
30	0.1934	1.65E-01	30	0.1934	3.69E-02	30	0.1934	1.63E-02
31	0.2091	1.64E-01	31	0.2091	3.69E-02	31	0.2091	1.63E-02
32	0.2261	1.64E-01	32	0.2261	3.69E-02	32	0.2261	1.63E-02
33	0.2446	1.64E-01	33	0.2446	3.69E-02	33	0.2446	1.63E-02
34	0.2645	1.64E-01	34	0.2645	3.69E-02	34	0.2645	1.63E-02
35	0.286	1.64E-01	35	0.286	3.69E-02	35	0.286	1.63E-02
36	0.3092	1.64E-01	36	0.3092	3.69E-02	36	0.3092	1.63E-02
37	0.3344	1.63E-01	37	0.3344	3.69E-02	37	0.3344	1.63E-02
38	0.3616	1.63E-01	38	0.3616	3.69E-02	38	0.3616	1.63E-02
39	0.3911	1.63E-01	39	0.3911	3.69E-02	39	0.3911	1.63E-02
40	0.4229	1.63E-01	40	0.4229	3.69E-02	40	0.4229	1.63E-02
41	0.4573	1.63E-01	41	0.4573	3.69E-02	41	0.4573	1.63E-02
42	0.4945	1.63E-01	42	0.4945	3.69E-02	42	0.4945	1.62E-02
43	0.5348	1.63E-01	43	0.5348	3.69E-02	43	0.5348	1.62E-02
44	0.5783	1.63E-01	44	0.5783	3.69E-02	44	0.5783	1.62E-02
45	0.6254	1.63E-01	45	0.6254	3.69E-02	45	0.6254	1.62E-02
46	0.6762	1.62E-01	46	0.6762	3.69E-02	46	0.6762	1.62E-02
47	0.7313	1.62E-01	47	0.7313	3.69E-02	47	0.7313	1.62E-02
48	0.7908	1.62E-01	48	0.7908	3.69E-02	48	0.7908	1.62E-02
49	0.8551	1.62E-01	49	0.8551	3.69E-02	49	0.8551	1.62E-02
50	0.9247	1.62E-01	50	0.9247	3.69E-02	50	0.9247	1.62E-02
51	1	1.62E-01	51	1	3.69E-02	51	1	1.62E-02
52	1.0814	1.62E-01	52	1.0814	3.69E-02	52	1.0814	1.62E-02
53	1.1694	1.62E-01	53	1.1694	3.69E-02	53	1.1694	1.62E-02
54	1.2646	1.62E-01	54	1.2646	3.69E-02	54	1.2646	1.62E-02
55	1.3675	1.62E-01	55	1.3675	3.69E-02	55	1.3675	1.62E-02
56	1.4788	1.62E-01	56	1.4788	3.69E-02	56	1.4788	1.62E-02
57	1.5991	1.62E-01	57	1.5991	3.69E-02	57	1.5991	1.62E-02
58	1.7292	1.62E-01	58	1.7292	3.69E-02	58	1.7292	1.62E-02
59	1.87	1.62E-01	59	1.87	3.69E-02	59	1.87	1.62E-02
60	2.0222	1.62E-01	60	2.0222	3.69E-02	60	2.0222	1.62E-02
61	2.1867	1.62E-01	61	2.1867	3.69E-02	61	2.1867	1.62E-02
62	2.3647	1.62E-01	62	2.3647	3.69E-02	62	2.3647	1.62E-02
63	2.5571	1.62E-01	63	2.5571	3.69E-02	63	2.5571	1.62E-02
64	2.7652	1.62E-01	64	2.7652	3.69E-02	64	2.7652	1.62E-02
65	2.9903	1.62E-01	65	2.9903	3.69E-02	65	2.9903	1.62E-02
66	3.2336	1.62E-01	66	3.2336	3.69E-02	66	3.2336	1.62E-02
67	3.4968	1.62E-01	67	3.4968	3.69E-02	67	3.4968	1.62E-02
68	3.7814	1.62E-01	68	3.7814	3.69E-02	68	3.7814	1.62E-02
69	4.0891	1.62E-01	69	4.0891	3.69E-02	69	4.0891	1.62E-02
70	4.4219	1.62E-01	70	4.4219	3.69E-02	70	4.4219	1.62E-02
71	4.7818	1.62E-01	71	4.7818	3.69E-02	71	4.7818	1.62E-02
72	5.1709	1.62E-01	72	5.1709	3.69E-02	72	5.1709	1.62E-02
73	5.5917	1.62E-01	73	5.5917	3.69E-02	73	5.5917	1.62E-02
74	6.0468	1.62E-01	74	6.0468	3.69E-02	74	6.0468	1.62E-02
75	6.5389	1.62E-01	75	6.5389	3.69E-02	75	6.5389	1.62E-02
76	7.0711	1.62E-01	76	7.0711	3.69E-02	76	7.0711	1.62E-02
77	7.6465	1.62E-01	77	7.6465	3.69E-02	77	7.6465	1.62E-02
78	8.2688	1.62E-01	78	8.2688	3.69E-02	78	8.2688	1.62E-02
79	8.9418	1.62E-01	79	8.9418	3.69E-02	79	8.9418	1.62E-02
80	9.6695	1.62E-01	80	9.6695	3.69E-02	80	9.6695	1.62E-02
81	10.4564	1.62E-01	81	10.4564	3.69E-02	81	10.4564	1.62E-02
82	11.3074	1.62E-01	82	11.3074	3.69E-02	82	11.3074	1.62E-02
83	12.2276	1.62E-01	83	12.2276	3.69E-02	83	12.2276	1.62E-02
84	13.2227	1.62E-01	84	13.2227	3.69E-02	84	13.2227	1.62E-02
85	14.2988	1.62E-01	85	14.2988	3.69E-02	85	14.2988	1.62E-02
86	15.4625	1.62E-01	86	15.4625	3.69E-02	86	15.4625	1.62E-02
87	16.7209	1.62E-01	87	16.7209	3.69E-02	87	16.7209	1.62E-02
88	18.0816	1.62E-01	88	18.0816	3.69E-02	88	18.0816	1.62E-02
89	19.5532	1.62E-01	89	19.5532	3.69E-02	89	19.5532	1.62E-02
90	21.1445	1.62E-01	90	21.1445	3.69E-02	90	21.1445	1.62E-02
91	22.8653	1.62E-01	91	22.8653	3.69E-02	91	22.8653	1.62E-02
92	24.7261	1.62E-01	92	24.7261	3.69E-02	92	24.7261	1.62E-02
93	26.7384	1.62E-01	93	26.7384	3.69E-02	93	26.7384	1.62E-02
94	28.9144	1.62E-01	94	28.9144	3.69E-02	94	28.9144	1.62E-02
95	31.2675	1.62E-01	95	31.2675	3.69E-02	95	31.2675	1.62E-02
96	33.8122	1.62E-01	96	33.8122	3.69E-02	96	33.8122	1.62E-02
97	36.5639	1.62E-01	97	36.5639	3.69E-02	97	36.5639	1.62E-02
98	39.5396	1.62E-01	98	39.5396	3.69E-02	98	39.5396	1.62E-02
99	42.7574	1.62E-01	99	42.7574	3.69E-02	99	42.7574	1.62E-02
100	50	1.62E-01	100	50	3.69E-02	100	50	1.62E-02

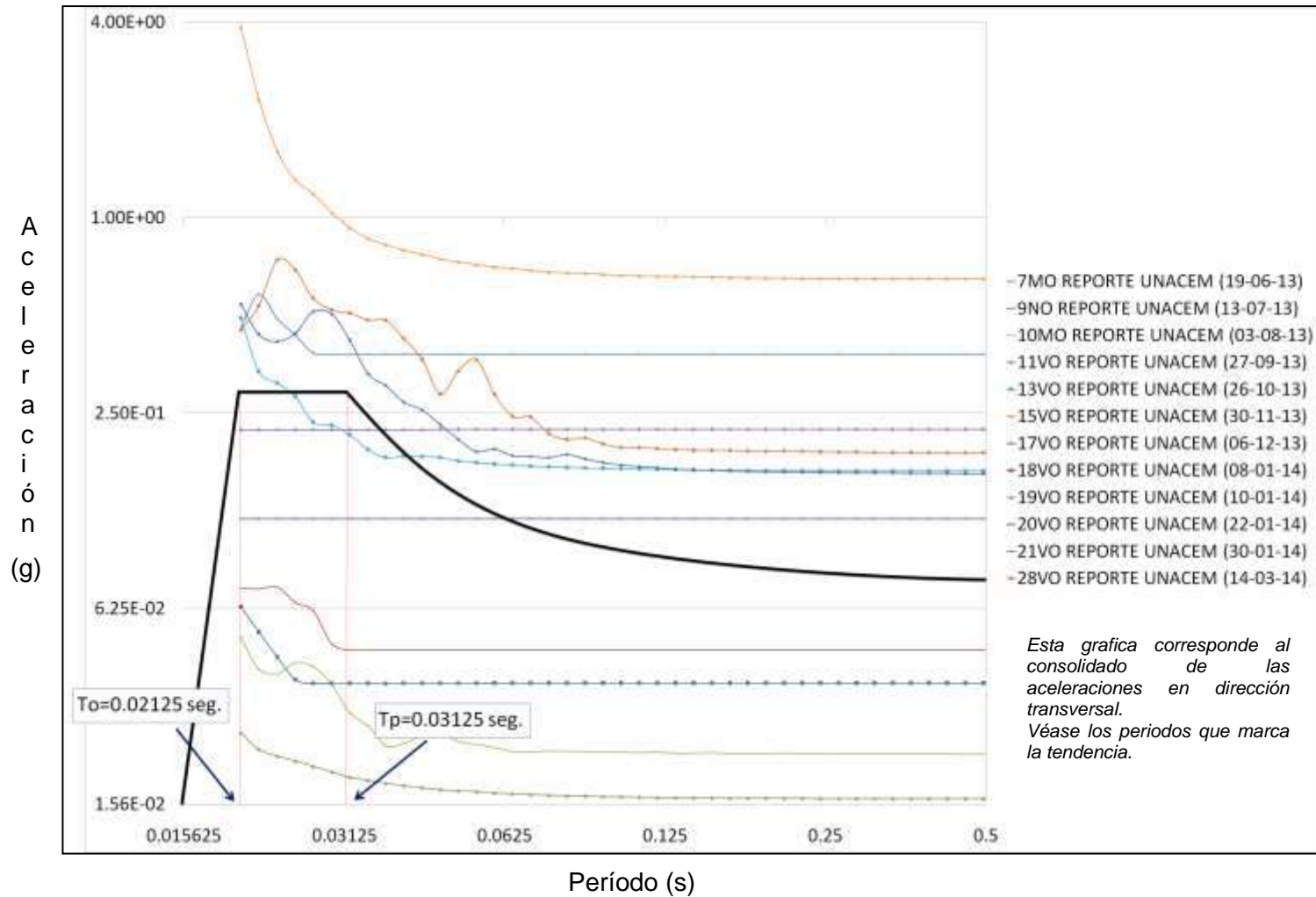
Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Estación 20, 21 y 28 en sentido Transversal

20VO REPORTE UNACEM (22-01-14)			21VO REPORTE UNACEM (30-01-14)			28VO REPORTE UNACEM (14-03-14)		
TRANSVERSAL (mm/s)			TRANSVERSAL (mm/s)			TRANSVERSAL (mm/s)		
#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )
1	0.02	1.18E-01	1	0.02	6.33E-02	1	0.02	4.50E-01
2	0.0216	1.18E-01	2	0.0216	5.29E-02	2	0.0216	5.36E-01
3	0.0234	1.18E-01	3	0.0234	4.43E-02	3	0.0234	7.40E-01
4	0.0253	1.18E-01	4	0.0253	3.78E-02	4	0.0253	6.89E-01
5	0.0273	1.18E-01	5	0.0273	3.68E-02	5	0.0273	5.65E-01
6	0.0296	1.18E-01	6	0.0296	3.68E-02	6	0.0296	5.19E-01
7	0.032	1.18E-01	7	0.032	3.68E-02	7	0.032	5.08E-01
8	0.0346	1.18E-01	8	0.0346	3.68E-02	8	0.0346	4.84E-01
9	0.0374	1.18E-01	9	0.0374	3.68E-02	9	0.0374	4.82E-01
10	0.0404	1.18E-01	10	0.0404	3.68E-02	10	0.0404	4.25E-01
11	0.0437	1.18E-01	11	0.0437	3.68E-02	11	0.0437	3.66E-01
12	0.0473	1.18E-01	12	0.0473	3.68E-02	12	0.0473	2.86E-01
13	0.0511	1.18E-01	13	0.0511	3.68E-02	13	0.0511	3.36E-01
14	0.0553	1.18E-01	14	0.0553	3.68E-02	14	0.0553	3.65E-01
15	0.0598	1.18E-01	15	0.0598	3.68E-02	15	0.0598	2.86E-01
16	0.0647	1.18E-01	16	0.0647	3.68E-02	16	0.0647	2.44E-01
17	0.0699	1.18E-01	17	0.0699	3.68E-02	17	0.0699	2.43E-01
18	0.0756	1.18E-01	18	0.0756	3.68E-02	18	0.0756	2.16E-01
19	0.0818	1.18E-01	19	0.0818	3.68E-02	19	0.0818	2.07E-01
20	0.0884	1.18E-01	20	0.0884	3.68E-02	20	0.0884	2.10E-01
21	0.0956	1.18E-01	21	0.0956	3.68E-02	21	0.0956	2.01E-01
22	0.1034	1.18E-01	22	0.1034	3.69E-02	22	0.1034	1.96E-01
23	0.1118	1.18E-01	23	0.1118	3.69E-02	23	0.1118	1.96E-01
24	0.1209	1.18E-01	24	0.1209	3.69E-02	24	0.1209	1.94E-01
25	0.1308	1.18E-01	25	0.1308	3.69E-02	25	0.1308	1.93E-01
26	0.1414	1.18E-01	26	0.1414	3.69E-02	26	0.1414	1.92E-01
27	0.1529	1.18E-01	27	0.1529	3.69E-02	27	0.1529	1.92E-01
28	0.1654	1.18E-01	28	0.1654	3.69E-02	28	0.1654	1.92E-01
29	0.1788	1.18E-01	29	0.1788	3.69E-02	29	0.1788	1.91E-01
30	0.1934	1.18E-01	30	0.1934	3.69E-02	30	0.1934	1.91E-01
31	0.2091	1.18E-01	31	0.2091	3.69E-02	31	0.2091	1.91E-01
32	0.2261	1.18E-01	32	0.2261	3.69E-02	32	0.2261	1.91E-01
33	0.2446	1.18E-01	33	0.2446	3.69E-02	33	0.2446	1.90E-01
34	0.2645	1.18E-01	34	0.2645	3.69E-02	34	0.2645	1.90E-01
35	0.286	1.18E-01	35	0.286	3.69E-02	35	0.286	1.90E-01
36	0.3092	1.18E-01	36	0.3092	3.69E-02	36	0.3092	1.89E-01
37	0.3344	1.18E-01	37	0.3344	3.69E-02	37	0.3344	1.89E-01
38	0.3616	1.18E-01	38	0.3616	3.69E-02	38	0.3616	1.89E-01
39	0.3911	1.18E-01	39	0.3911	3.69E-02	39	0.3911	1.89E-01
40	0.4229	1.18E-01	40	0.4229	3.69E-02	40	0.4229	1.89E-01
41	0.4573	1.18E-01	41	0.4573	3.69E-02	41	0.4573	1.89E-01
42	0.4945	1.18E-01	42	0.4945	3.69E-02	42	0.4945	1.89E-01
43	0.5348	1.18E-01	43	0.5348	3.69E-02	43	0.5348	1.88E-01
44	0.5783	1.18E-01	44	0.5783	3.69E-02	44	0.5783	1.88E-01
45	0.6254	1.18E-01	45	0.6254	3.69E-02	45	0.6254	1.88E-01
46	0.6762	1.18E-01	46	0.6762	3.69E-02	46	0.6762	1.88E-01
47	0.7313	1.18E-01	47	0.7313	3.69E-02	47	0.7313	1.88E-01
48	0.7908	1.18E-01	48	0.7908	3.69E-02	48	0.7908	1.88E-01
49	0.8551	1.18E-01	49	0.8551	3.69E-02	49	0.8551	1.88E-01
50	0.9247	1.18E-01	50	0.9247	3.69E-02	50	0.9247	1.88E-01
51	1	1.18E-01	51	1	3.69E-02	51	1	1.88E-01
52	1.0814	1.18E-01	52	1.0814	3.69E-02	52	1.0814	1.88E-01
53	1.1694	1.18E-01	53	1.1694	3.69E-02	53	1.1694	1.88E-01
54	1.2646	1.18E-01	54	1.2646	3.69E-02	54	1.2646	1.88E-01
55	1.3675	1.18E-01	55	1.3675	3.69E-02	55	1.3675	1.88E-01
56	1.4788	1.18E-01	56	1.4788	3.69E-02	56	1.4788	1.88E-01
57	1.5991	1.18E-01	57	1.5991	3.69E-02	57	1.5991	1.88E-01
58	1.7292	1.18E-01	58	1.7292	3.69E-02	58	1.7292	1.88E-01
59	1.87	1.18E-01	59	1.87	3.69E-02	59	1.87	1.88E-01
60	2.0222	1.18E-01	60	2.0222	3.69E-02	60	2.0222	1.88E-01
61	2.1867	1.18E-01	61	2.1867	3.69E-02	61	2.1867	1.88E-01
62	2.3647	1.18E-01	62	2.3647	3.69E-02	62	2.3647	1.88E-01
63	2.5571	1.18E-01	63	2.5571	3.69E-02	63	2.5571	1.88E-01
64	2.7652	1.18E-01	64	2.7652	3.69E-02	64	2.7652	1.88E-01
65	2.9903	1.18E-01	65	2.9903	3.69E-02	65	2.9903	1.88E-01
66	3.2336	1.18E-01	66	3.2336	3.69E-02	66	3.2336	1.88E-01
67	3.4968	1.18E-01	67	3.4968	3.69E-02	67	3.4968	1.88E-01
68	3.7814	1.18E-01	68	3.7814	3.69E-02	68	3.7814	1.88E-01
69	4.0891	1.18E-01	69	4.0891	3.69E-02	69	4.0891	1.88E-01
70	4.4219	1.18E-01	70	4.4219	3.69E-02	70	4.4219	1.88E-01
71	4.7818	1.18E-01	71	4.7818	3.69E-02	71	4.7818	1.88E-01
72	5.1709	1.18E-01	72	5.1709	3.69E-02	72	5.1709	1.88E-01
73	5.5917	1.18E-01	73	5.5917	3.69E-02	73	5.5917	1.88E-01
74	6.0468	1.18E-01	74	6.0468	3.69E-02	74	6.0468	1.88E-01
75	6.5389	1.18E-01	75	6.5389	3.69E-02	75	6.5389	1.88E-01
76	7.0711	1.18E-01	76	7.0711	3.69E-02	76	7.0711	1.88E-01
77	7.6465	1.18E-01	77	7.6465	3.69E-02	77	7.6465	1.88E-01
78	8.2688	1.18E-01	78	8.2688	3.69E-02	78	8.2688	1.88E-01
79	8.9418	1.18E-01	79	8.9418	3.69E-02	79	8.9418	1.88E-01
80	9.6695	1.18E-01	80	9.6695	3.69E-02	80	9.6695	1.88E-01
81	10.4564	1.18E-01	81	10.4564	3.69E-02	81	10.4564	1.88E-01
82	11.3074	1.18E-01	82	11.3074	3.69E-02	82	11.3074	1.88E-01
83	12.2276	1.18E-01	83	12.2276	3.69E-02	83	12.2276	1.88E-01
84	13.2227	1.18E-01	84	13.2227	3.69E-02	84	13.2227	1.88E-01
85	14.2988	1.18E-01	85	14.2988	3.69E-02	85	14.2988	1.88E-01
86	15.4625	1.18E-01	86	15.4625	3.69E-02	86	15.4625	1.88E-01
87	16.7209	1.18E-01	87	16.7209	3.69E-02	87	16.7209	1.88E-01
88	18.0816	1.18E-01	88	18.0816	3.69E-02	88	18.0816	1.88E-01
89	19.5532	1.18E-01	89	19.5532	3.69E-02	89	19.5532	1.88E-01
90	21.1445	1.18E-01	90	21.1445	3.69E-02	90	21.1445	1.88E-01
91	22.8653	1.18E-01	91	22.8653	3.69E-02	91	22.8653	1.88E-01
92	24.7261	1.18E-01	92	24.7261	3.69E-02	92	24.7261	1.88E-01
93	26.7384	1.18E-01	93	26.7384	3.69E-02	93	26.7384	1.88E-01
94	28.9144	1.18E-01	94	28.9144	3.69E-02	94	28.9144	1.88E-01
95	31.2675	1.18E-01	95	31.2675	3.69E-02	95	31.2675	1.88E-01
96	33.8122	1.18E-01	96	33.8122	3.69E-02	96	33.8122	1.88E-01
97	36.5639	1.18E-01	97	36.5639	3.69E-02	97	36.5639	1.88E-01
98	39.5396	1.18E-01	98	39.5396	3.69E-02	98	39.5396	1.88E-01
99	42.7574	1.18E-01	99	42.7574	3.69E-02	99	42.7574	1.88E-01
100	50	1.18E-01	100	50	3.69E-02	100	50	1.88E-01

Fuente: Elaboración propia

Gráf. 02: Sa VS T – DIRECCIÓN TRANSVERSAL, según los datos de las Tablas N° 17 a la N° 20



Fuente: Elaboración propia



Tabla 21: Estación 07, 09 y 10 en sentido Vertical

7MO REPORTE UNACEM (19-06-13)			9NO REPORTE UNACEM (13-07-13)			10MO REPORTE UNACEM (03-08-13)		
#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )
1	0.02	2.89E-01	1	0.02	5.22E-02	1	0.02	5.60E-02
2	0.0216	3.20E-01	2	0.0216	5.22E-02	2	0.0216	3.82E-02
3	0.0234	2.67E-01	3	0.0234	5.87E-02	3	0.0234	3.90E-02
4	0.0253	3.05E-01	4	0.0253	5.87E-02	4	0.0253	3.80E-02
5	0.0273	2.77E-01	5	0.0273	5.59E-02	5	0.0273	3.58E-02
6	0.0296	2.37E-01	6	0.0296	5.22E-02	6	0.0296	3.58E-02
7	0.032	2.69E-01	7	0.032	5.22E-02	7	0.032	2.96E-02
8	0.0346	2.96E-01	8	0.0346	5.22E-02	8	0.0346	2.71E-02
9	0.0374	2.16E-01	9	0.0374	5.22E-02	9	0.0374	2.50E-02
10	0.0404	1.95E-01	10	0.0404	5.22E-02	10	0.0404	2.33E-02
11	0.0437	1.82E-01	11	0.0437	5.22E-02	11	0.0437	2.21E-02
12	0.0473	1.99E-01	12	0.0473	5.23E-02	12	0.0473	2.12E-02
13	0.0511	1.94E-01	13	0.0511	5.23E-02	13	0.0511	2.07E-02
14	0.0553	1.64E-01	14	0.0553	5.23E-02	14	0.0553	2.04E-02
15	0.0598	1.64E-01	15	0.0598	5.23E-02	15	0.0598	2.03E-02
16	0.0647	1.97E-01	16	0.0647	5.23E-02	16	0.0647	2.02E-02
17	0.0699	1.81E-01	17	0.0699	5.23E-02	17	0.0699	2.01E-02
18	0.0756	1.64E-01	18	0.0756	5.23E-02	18	0.0756	2.01E-02
19	0.0818	1.64E-01	19	0.0818	5.23E-02	19	0.0818	2.00E-02
20	0.0884	1.64E-01	20	0.0884	5.23E-02	20	0.0884	2.00E-02
21	0.0956	1.64E-01	21	0.0956	5.23E-02	21	0.0956	1.99E-02
22	0.1034	1.64E-01	22	0.1034	5.23E-02	22	0.1034	1.99E-02
23	0.1118	1.64E-01	23	0.1118	5.23E-02	23	0.1118	1.99E-02
24	0.1209	1.64E-01	24	0.1209	5.23E-02	24	0.1209	1.99E-02
25	0.1308	1.64E-01	25	0.1308	5.23E-02	25	0.1308	1.99E-02
26	0.1414	1.64E-01	26	0.1414	5.23E-02	26	0.1414	1.99E-02
27	0.1529	1.64E-01	27	0.1529	5.23E-02	27	0.1529	1.98E-02
28	0.1654	1.64E-01	28	0.1654	5.23E-02	28	0.1654	1.98E-02
29	0.1788	1.64E-01	29	0.1788	5.23E-02	29	0.1788	1.98E-02
30	0.1934	1.64E-01	30	0.1934	5.23E-02	30	0.1934	1.98E-02
31	0.2091	1.64E-01	31	0.2091	5.23E-02	31	0.2091	1.98E-02
32	0.2261	1.64E-01	32	0.2261	5.23E-02	32	0.2261	1.98E-02
33	0.2446	1.64E-01	33	0.2446	5.23E-02	33	0.2446	1.98E-02
34	0.2645	1.64E-01	34	0.2645	5.23E-02	34	0.2645	1.98E-02
35	0.286	1.64E-01	35	0.286	5.23E-02	35	0.286	1.98E-02
36	0.3092	1.64E-01	36	0.3092	5.23E-02	36	0.3092	1.98E-02
37	0.3344	1.64E-01	37	0.3344	5.23E-02	37	0.3344	1.98E-02
38	0.3616	1.64E-01	38	0.3616	5.23E-02	38	0.3616	1.98E-02
39	0.3911	1.64E-01	39	0.3911	5.23E-02	39	0.3911	1.98E-02
40	0.4229	1.64E-01	40	0.4229	5.23E-02	40	0.4229	1.98E-02
41	0.4573	1.64E-01	41	0.4573	5.23E-02	41	0.4573	1.98E-02
42	0.4945	1.64E-01	42	0.4945	5.23E-02	42	0.4945	1.98E-02
43	0.5348	1.64E-01	43	0.5348	5.23E-02	43	0.5348	1.98E-02
44	0.5783	1.64E-01	44	0.5783	5.23E-02	44	0.5783	1.98E-02
45	0.6254	1.64E-01	45	0.6254	5.23E-02	45	0.6254	1.98E-02
46	0.6762	1.64E-01	46	0.6762	5.23E-02	46	0.6762	1.98E-02
47	0.7313	1.64E-01	47	0.7313	5.23E-02	47	0.7313	1.98E-02
48	0.7908	1.64E-01	48	0.7908	5.23E-02	48	0.7908	1.98E-02
49	0.8551	1.64E-01	49	0.8551	5.23E-02	49	0.8551	1.98E-02
50	0.9247	1.64E-01	50	0.9247	5.23E-02	50	0.9247	1.98E-02
51	1	1.64E-01	51	1	5.23E-02	51	1	1.98E-02
52	1.0814	1.64E-01	52	1.0814	5.23E-02	52	1.0814	1.98E-02
53	1.1694	1.64E-01	53	1.1694	5.23E-02	53	1.1694	1.98E-02
54	1.2646	1.64E-01	54	1.2646	5.23E-02	54	1.2646	1.98E-02
55	1.3675	1.64E-01	55	1.3675	5.23E-02	55	1.3675	1.98E-02
56	1.4788	1.64E-01	56	1.4788	5.23E-02	56	1.4788	1.98E-02
57	1.5991	1.64E-01	57	1.5991	5.23E-02	57	1.5991	1.98E-02
58	1.7292	1.64E-01	58	1.7292	5.23E-02	58	1.7292	1.98E-02
59	1.87	1.64E-01	59	1.87	5.23E-02	59	1.87	1.98E-02
60	2.0222	1.64E-01	60	2.0222	5.23E-02	60	2.0222	1.98E-02
61	2.1867	1.64E-01	61	2.1867	5.23E-02	61	2.1867	1.98E-02
62	2.3647	1.64E-01	62	2.3647	5.23E-02	62	2.3647	1.98E-02
63	2.5571	1.64E-01	63	2.5571	5.23E-02	63	2.5571	1.98E-02
64	2.7652	1.64E-01	64	2.7652	5.23E-02	64	2.7652	1.98E-02
65	2.9903	1.64E-01	65	2.9903	5.23E-02	65	2.9903	1.98E-02
66	3.2336	1.64E-01	66	3.2336	5.23E-02	66	3.2336	1.98E-02
67	3.4968	1.64E-01	67	3.4968	5.23E-02	67	3.4968	1.98E-02
68	3.7814	1.64E-01	68	3.7814	5.23E-02	68	3.7814	1.98E-02
69	4.0891	1.64E-01	69	4.0891	5.23E-02	69	4.0891	1.98E-02
70	4.4219	1.64E-01	70	4.4219	5.23E-02	70	4.4219	1.98E-02
71	4.7818	1.64E-01	71	4.7818	5.23E-02	71	4.7818	1.98E-02
72	5.1709	1.64E-01	72	5.1709	5.23E-02	72	5.1709	1.98E-02
73	5.5917	1.64E-01	73	5.5917	5.23E-02	73	5.5917	1.98E-02
74	6.0468	1.64E-01	74	6.0468	5.23E-02	74	6.0468	1.98E-02
75	6.5389	1.64E-01	75	6.5389	5.23E-02	75	6.5389	1.98E-02
76	7.0711	1.64E-01	76	7.0711	5.23E-02	76	7.0711	1.98E-02
77	7.6465	1.64E-01	77	7.6465	5.23E-02	77	7.6465	1.98E-02
78	8.2688	1.64E-01	78	8.2688	5.23E-02	78	8.2688	1.98E-02
79	8.9418	1.64E-01	79	8.9418	5.23E-02	79	8.9418	1.98E-02
80	9.6695	1.64E-01	80	9.6695	5.23E-02	80	9.6695	1.98E-02
81	10.4564	1.64E-01	81	10.4564	5.23E-02	81	10.4564	1.98E-02
82	11.3074	1.64E-01	82	11.3074	5.23E-02	82	11.3074	1.98E-02
83	12.2276	1.64E-01	83	12.2276	5.23E-02	83	12.2276	1.98E-02
84	13.2227	1.64E-01	84	13.2227	5.23E-02	84	13.2227	1.98E-02
85	14.2988	1.64E-01	85	14.2988	5.23E-02	85	14.2988	1.98E-02
86	15.4625	1.64E-01	86	15.4625	5.23E-02	86	15.4625	1.98E-02
87	16.7209	1.64E-01	87	16.7209	5.23E-02	87	16.7209	1.98E-02
88	18.0816	1.64E-01	88	18.0816	5.23E-02	88	18.0816	1.98E-02
89	19.5532	1.64E-01	89	19.5532	5.23E-02	89	19.5532	1.98E-02
90	21.1445	1.64E-01	90	21.1445	5.23E-02	90	21.1445	1.98E-02
91	22.8653	1.64E-01	91	22.8653	5.23E-02	91	22.8653	1.98E-02
92	24.7261	1.64E-01	92	24.7261	5.23E-02	92	24.7261	1.98E-02
93	26.7384	1.64E-01	93	26.7384	5.23E-02	93	26.7384	1.98E-02
94	28.9144	1.64E-01	94	28.9144	5.23E-02	94	28.9144	1.98E-02
95	31.2675	1.64E-01	95	31.2675	5.23E-02	95	31.2675	1.98E-02
96	33.8122	1.64E-01	96	33.8122	5.23E-02	96	33.8122	1.98E-02
97	36.5639	1.64E-01	97	36.5639	5.23E-02	97	36.5639	1.98E-02
98	39.5396	1.64E-01	98	39.5396	5.23E-02	98	39.5396	1.98E-02
99	42.7574	1.64E-01	99	42.7574	5.23E-02	99	42.7574	1.98E-02
100	50	1.64E-01	100	50	5.23E-02	100	50	1.98E-02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Estación 11, 13 y 15 en sentido Vertical

11VO REPORTE UNACEM (27-09-13)			13VO REPORTE UNACEM (26-10-13)			15VO REPORTE UNACEM (30-11-13)		
VERTICAL (mm/s)			VERTICAL (mm/s)			VERTICAL (mm/s)		
#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )
1	0.02	5.59E-02	1	0.02	3.47E-01	1	0.02	4.52E-01
2	0.0216	6.15E-02	2	0.0216	3.31E-01	2	0.0216	3.17E-01
3	0.0234	7.08E-02	3	0.0234	2.83E-01	3	0.0234	2.17E-01
4	0.0253	6.37E-02	4	0.0253	2.88E-01	4	0.0253	1.84E-01
5	0.0273	5.42E-02	5	0.0273	2.08E-01	5	0.0273	1.71E-01
6	0.0296	5.14E-02	6	0.0296	1.53E-01	6	0.0296	1.57E-01
7	0.032	5.14E-02	7	0.032	1.45E-01	7	0.032	1.34E-01
8	0.0346	5.14E-02	8	0.0346	1.47E-01	8	0.0346	1.23E-01
9	0.0374	5.14E-02	9	0.0374	1.32E-01	9	0.0374	1.17E-01
10	0.0404	5.14E-02	10	0.0404	1.31E-01	10	0.0404	1.11E-01
11	0.0437	5.14E-02	11	0.0437	1.26E-01	11	0.0437	1.08E-01
12	0.0473	5.14E-02	12	0.0473	1.23E-01	12	0.0473	1.06E-01
13	0.0511	5.14E-02	13	0.0511	1.22E-01	13	0.0511	1.02E-01
14	0.0553	5.14E-02	14	0.0553	1.20E-01	14	0.0553	9.91E-02
15	0.0598	5.14E-02	15	0.0598	1.18E-01	15	0.0598	9.73E-02
16	0.0647	5.14E-02	16	0.0647	1.17E-01	16	0.0647	9.65E-02
17	0.0699	5.14E-02	17	0.0699	1.16E-01	17	0.0699	9.56E-02
18	0.0756	5.15E-02	18	0.0756	1.16E-01	18	0.0756	9.43E-02
19	0.0818	5.15E-02	19	0.0818	1.15E-01	19	0.0818	9.30E-02
20	0.0884	5.15E-02	20	0.0884	1.14E-01	20	0.0884	9.21E-02
21	0.0956	5.15E-02	21	0.0956	1.14E-01	21	0.0956	9.17E-02
22	0.1034	5.15E-02	22	0.1034	1.14E-01	22	0.1034	9.15E-02
23	0.1118	5.15E-02	23	0.1118	1.13E-01	23	0.1118	9.13E-02
24	0.1209	5.15E-02	24	0.1209	1.13E-01	24	0.1209	9.11E-02
25	0.1308	5.15E-02	25	0.1308	1.12E-01	25	0.1308	9.07E-02
26	0.1414	5.15E-02	26	0.1414	1.13E-01	26	0.1414	9.04E-02
27	0.1529	5.15E-02	27	0.1529	1.12E-01	27	0.1529	9.00E-02
28	0.1654	5.15E-02	28	0.1654	1.12E-01	28	0.1654	8.97E-02
29	0.1788	5.15E-02	29	0.1788	1.12E-01	29	0.1788	8.95E-02
30	0.1934	5.15E-02	30	0.1934	1.12E-01	30	0.1934	8.93E-02
31	0.2091	5.15E-02	31	0.2091	1.12E-01	31	0.2091	8.92E-02
32	0.2261	5.15E-02	32	0.2261	1.11E-01	32	0.2261	8.91E-02
33	0.2446	5.15E-02	33	0.2446	1.12E-01	33	0.2446	8.91E-02
34	0.2645	5.15E-02	34	0.2645	1.12E-01	34	0.2645	8.91E-02
35	0.286	5.15E-02	35	0.286	1.12E-01	35	0.286	8.91E-02
36	0.3092	5.15E-02	36	0.3092	1.12E-01	36	0.3092	8.91E-02
37	0.3344	5.15E-02	37	0.3344	1.11E-01	37	0.3344	8.90E-02
38	0.3616	5.15E-02	38	0.3616	1.11E-01	38	0.3616	8.90E-02
39	0.3911	5.15E-02	39	0.3911	1.11E-01	39	0.3911	8.90E-02
40	0.4229	5.15E-02	40	0.4229	1.11E-01	40	0.4229	8.90E-02
41	0.4573	5.15E-02	41	0.4573	1.12E-01	41	0.4573	8.90E-02
42	0.4945	5.15E-02	42	0.4945	1.12E-01	42	0.4945	8.90E-02
43	0.5348	5.15E-02	43	0.5348	1.11E-01	43	0.5348	8.90E-02
44	0.5783	5.15E-02	44	0.5783	1.11E-01	44	0.5783	8.89E-02
45	0.6254	5.15E-02	45	0.6254	1.11E-01	45	0.6254	8.89E-02
46	0.6762	5.15E-02	46	0.6762	1.11E-01	46	0.6762	8.89E-02
47	0.7313	5.15E-02	47	0.7313	1.11E-01	47	0.7313	8.89E-02
48	0.7908	5.15E-02	48	0.7908	1.11E-01	48	0.7908	8.89E-02
49	0.8551	5.15E-02	49	0.8551	1.11E-01	49	0.8551	8.89E-02
50	0.9247	5.15E-02	50	0.9247	1.11E-01	50	0.9247	8.89E-02
51	1	5.15E-02	51	1	1.11E-01	51	1	8.89E-02
52	1.0814	5.15E-02	52	1.0814	1.11E-01	52	1.0814	8.88E-02
53	1.1694	5.15E-02	53	1.1694	1.11E-01	53	1.1694	8.88E-02
54	1.2646	5.15E-02	54	1.2646	1.11E-01	54	1.2646	8.88E-02
55	1.3675	5.15E-02	55	1.3675	1.11E-01	55	1.3675	8.88E-02
56	1.4788	5.15E-02	56	1.4788	1.11E-01	56	1.4788	8.88E-02
57	1.5991	5.15E-02	57	1.5991	1.11E-01	57	1.5991	8.88E-02
58	1.7292	5.15E-02	58	1.7292	1.11E-01	58	1.7292	8.88E-02
59	1.87	5.15E-02	59	1.87	1.11E-01	59	1.87	8.88E-02
60	2.0222	5.15E-02	60	2.0222	1.11E-01	60	2.0222	8.88E-02
61	2.1867	5.15E-02	61	2.1867	1.11E-01	61	2.1867	8.88E-02
62	2.3647	5.15E-02	62	2.3647	1.11E-01	62	2.3647	8.88E-02
63	2.5571	5.15E-02	63	2.5571	1.11E-01	63	2.5571	8.88E-02
64	2.7652	5.15E-02	64	2.7652	1.11E-01	64	2.7652	8.88E-02
65	2.9903	5.15E-02	65	2.9903	1.11E-01	65	2.9903	8.88E-02
66	3.2336	5.15E-02	66	3.2336	1.11E-01	66	3.2336	8.88E-02
67	3.4968	5.15E-02	67	3.4968	1.11E-01	67	3.4968	8.88E-02
68	3.7814	5.15E-02	68	3.7814	1.11E-01	68	3.7814	8.88E-02
69	4.0891	5.15E-02	69	4.0891	1.11E-01	69	4.0891	8.88E-02
70	4.4219	5.15E-02	70	4.4219	1.11E-01	70	4.4219	8.88E-02
71	4.7818	5.15E-02	71	4.7818	1.11E-01	71	4.7818	8.88E-02
72	5.1709	5.15E-02	72	5.1709	1.11E-01	72	5.1709	8.88E-02
73	5.5917	5.15E-02	73	5.5917	1.11E-01	73	5.5917	8.88E-02
74	6.0468	5.15E-02	74	6.0468	1.11E-01	74	6.0468	8.88E-02
75	6.5389	5.15E-02	75	6.5389	1.11E-01	75	6.5389	8.88E-02
76	7.0711	5.15E-02	76	7.0711	1.11E-01	76	7.0711	8.88E-02
77	7.6465	5.15E-02	77	7.6465	1.11E-01	77	7.6465	8.88E-02
78	8.2688	5.15E-02	78	8.2688	1.11E-01	78	8.2688	8.88E-02
79	8.9418	5.15E-02	79	8.9418	1.11E-01	79	8.9418	8.88E-02
80	9.6695	5.15E-02	80	9.6695	1.11E-01	80	9.6695	8.88E-02
81	10.4564	5.15E-02	81	10.4564	1.11E-01	81	10.4564	8.88E-02
82	11.3074	5.15E-02	82	11.3074	1.11E-01	82	11.3074	8.88E-02
83	12.2276	5.15E-02	83	12.2276	1.11E-01	83	12.2276	8.88E-02
84	13.2227	5.15E-02	84	13.2227	1.11E-01	84	13.2227	8.88E-02
85	14.2988	5.15E-02	85	14.2988	1.11E-01	85	14.2988	8.88E-02
86	15.4625	5.15E-02	86	15.4625	1.11E-01	86	15.4625	8.88E-02
87	16.7209	5.15E-02	87	16.7209	1.11E-01	87	16.7209	8.88E-02
88	18.0816	5.15E-02	88	18.0816	1.11E-01	88	18.0816	8.88E-02
89	19.5532	5.15E-02	89	19.5532	1.11E-01	89	19.5532	8.88E-02
90	21.1445	5.15E-02	90	21.1445	1.11E-01	90	21.1445	8.88E-02
91	22.8653	5.15E-02	91	22.8653	1.11E-01	91	22.8653	8.88E-02
92	24.7261	5.15E-02	92	24.7261	1.11E-01	92	24.7261	8.88E-02
93	26.7384	5.15E-02	93	26.7384	1.11E-01	93	26.7384	8.88E-02
94	28.9144	5.15E-02	94	28.9144	1.11E-01	94	28.9144	8.88E-02
95	31.2675	5.15E-02	95	31.2675	1.11E-01	95	31.2675	8.88E-02
96	33.8122	5.15E-02	96	33.8122	1.11E-01	96	33.8122	8.88E-02
97	36.5639	5.15E-02	97	36.5639	1.11E-01	97	36.5639	8.88E-02
98	39.5396	5.15E-02	98	39.5396	1.11E-01	98	39.5396	8.88E-02
99	42.7574	5.15E-02	99	42.7574	1.11E-01	99	42.7574	8.88E-02
100	50	5.15E-02	100	50	1.11E-01	100	50	8.88E-02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Estación 17, 18 y 19 en sentido Vertical

17VO REPORTE UNACEM (06-12-13)			18VO REPORTE UNACEM (08-01-14)			19VO REPORTE UNACEM (14-01-14)		
VERTICAL (mm/s)			VERTICAL (mm/s)			VERTICAL (mm/s)		
#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )
1	0.02	5.43E-01	1	0.02	2.25E-02	1	0.02	1.46E-02
2	0.0216	4.39E-01	2	0.0216	1.74E-02	2	0.0216	1.36E-02
3	0.0234	4.15E-01	3	0.0234	1.62E-02	3	0.0234	1.29E-02
4	0.0253	4.41E-01	4	0.0253	1.42E-02	4	0.0253	1.21E-02
5	0.0273	5.13E-01	5	0.0273	1.37E-02	5	0.0273	1.20E-02
6	0.0296	5.04E-01	6	0.0296	1.32E-02	6	0.0296	1.21E-02
7	0.032	4.19E-01	7	0.032	1.31E-02	7	0.032	1.21E-02
8	0.0346	3.28E-01	8	0.0346	1.23E-02	8	0.0346	1.20E-02
9	0.0374	3.04E-01	9	0.0374	1.26E-02	9	0.0374	1.18E-02
10	0.0404	2.71E-01	10	0.0404	1.25E-02	10	0.0404	1.16E-02
11	0.0437	2.56E-01	11	0.0437	1.20E-02	11	0.0437	1.15E-02
12	0.0473	2.31E-01	12	0.0473	1.17E-02	12	0.0473	1.14E-02
13	0.0511	2.08E-01	13	0.0511	1.16E-02	13	0.0511	1.13E-02
14	0.0553	1.91E-01	14	0.0553	1.15E-02	14	0.0553	1.12E-02
15	0.0598	1.94E-01	15	0.0598	1.15E-02	15	0.0598	1.12E-02
16	0.0647	1.89E-01	16	0.0647	1.14E-02	16	0.0647	1.11E-02
17	0.0699	1.88E-01	17	0.0699	1.14E-02	17	0.0699	1.11E-02
18	0.0756	1.86E-01	18	0.0756	1.13E-02	18	0.0756	1.10E-02
19	0.0818	1.90E-01	19	0.0818	1.13E-02	19	0.0818	1.10E-02
20	0.0884	1.81E-01	20	0.0884	1.13E-02	20	0.0884	1.10E-02
21	0.0956	1.76E-01	21	0.0956	1.13E-02	21	0.0956	1.10E-02
22	0.1034	1.73E-01	22	0.1034	1.12E-02	22	0.1034	1.10E-02
23	0.1118	1.71E-01	23	0.1118	1.12E-02	23	0.1118	1.09E-02
24	0.1209	1.69E-01	24	0.1209	1.12E-02	24	0.1209	1.09E-02
25	0.1308	1.68E-01	25	0.1308	1.12E-02	25	0.1308	1.09E-02
26	0.1414	1.67E-01	26	0.1414	1.12E-02	26	0.1414	1.09E-02
27	0.1529	1.67E-01	27	0.1529	1.12E-02	27	0.1529	1.09E-02
28	0.1654	1.66E-01	28	0.1654	1.12E-02	28	0.1654	1.09E-02
29	0.1788	1.65E-01	29	0.1788	1.12E-02	29	0.1788	1.09E-02
30	0.1934	1.65E-01	30	0.1934	1.12E-02	30	0.1934	1.09E-02
31	0.2091	1.64E-01	31	0.2091	1.12E-02	31	0.2091	1.09E-02
32	0.2261	1.64E-01	32	0.2261	1.11E-02	32	0.2261	1.09E-02
33	0.2446	1.64E-01	33	0.2446	1.12E-02	33	0.2446	1.09E-02
34	0.2645	1.64E-01	34	0.2645	1.11E-02	34	0.2645	1.09E-02
35	0.286	1.64E-01	35	0.286	1.11E-02	35	0.286	1.09E-02
36	0.3092	1.63E-01	36	0.3092	1.11E-02	36	0.3092	1.09E-02
37	0.3344	1.63E-01	37	0.3344	1.11E-02	37	0.3344	1.09E-02
38	0.3616	1.63E-01	38	0.3616	1.11E-02	38	0.3616	1.09E-02
39	0.3911	1.63E-01	39	0.3911	1.11E-02	39	0.3911	1.09E-02
40	0.4229	1.63E-01	40	0.4229	1.11E-02	40	0.4229	1.09E-02
41	0.4573	1.63E-01	41	0.4573	1.11E-02	41	0.4573	1.09E-02
42	0.4945	1.63E-01	42	0.4945	1.11E-02	42	0.4945	1.09E-02
43	0.5348	1.63E-01	43	0.5348	1.11E-02	43	0.5348	1.09E-02
44	0.5783	1.62E-01	44	0.5783	1.11E-02	44	0.5783	1.09E-02
45	0.6254	1.62E-01	45	0.6254	1.11E-02	45	0.6254	1.09E-02
46	0.6762	1.62E-01	46	0.6762	1.11E-02	46	0.6762	1.09E-02
47	0.7313	1.62E-01	47	0.7313	1.11E-02	47	0.7313	1.09E-02
48	0.7908	1.62E-01	48	0.7908	1.11E-02	48	0.7908	1.08E-02
49	0.8551	1.62E-01	49	0.8551	1.11E-02	49	0.8551	1.08E-02
50	0.9247	1.62E-01	50	0.9247	1.11E-02	50	0.9247	1.08E-02
51	1	1.62E-01	51	1	1.11E-02	51	1	1.08E-02
52	1.0814	1.62E-01	52	1.0814	1.11E-02	52	1.0814	1.08E-02
53	1.1694	1.62E-01	53	1.1694	1.11E-02	53	1.1694	1.08E-02
54	1.2646	1.62E-01	54	1.2646	1.11E-02	54	1.2646	1.08E-02
55	1.3675	1.62E-01	55	1.3675	1.11E-02	55	1.3675	1.08E-02
56	1.4788	1.62E-01	56	1.4788	1.11E-02	56	1.4788	1.08E-02
57	1.5991	1.62E-01	57	1.5991	1.11E-02	57	1.5991	1.08E-02
58	1.7292	1.62E-01	58	1.7292	1.11E-02	58	1.7292	1.08E-02
59	1.87	1.62E-01	59	1.87	1.11E-02	59	1.87	1.08E-02
60	2.0222	1.62E-01	60	2.0222	1.11E-02	60	2.0222	1.08E-02
61	2.1867	1.62E-01	61	2.1867	1.11E-02	61	2.1867	1.08E-02
62	2.3647	1.62E-01	62	2.3647	1.11E-02	62	2.3647	1.08E-02
63	2.5571	1.62E-01	63	2.5571	1.11E-02	63	2.5571	1.08E-02
64	2.7652	1.62E-01	64	2.7652	1.11E-02	64	2.7652	1.08E-02
65	2.9903	1.62E-01	65	2.9903	1.11E-02	65	2.9903	1.08E-02
66	3.2336	1.62E-01	66	3.2336	1.11E-02	66	3.2336	1.08E-02
67	3.4968	1.62E-01	67	3.4968	1.11E-02	67	3.4968	1.08E-02
68	3.7814	1.62E-01	68	3.7814	1.11E-02	68	3.7814	1.08E-02
69	4.0891	1.62E-01	69	4.0891	1.11E-02	69	4.0891	1.08E-02
70	4.4219	1.62E-01	70	4.4219	1.11E-02	70	4.4219	1.08E-02
71	4.7818	1.62E-01	71	4.7818	1.11E-02	71	4.7818	1.08E-02
72	5.1709	1.62E-01	72	5.1709	1.11E-02	72	5.1709	1.08E-02
73	5.5917	1.62E-01	73	5.5917	1.11E-02	73	5.5917	1.08E-02
74	6.0468	1.62E-01	74	6.0468	1.11E-02	74	6.0468	1.08E-02
75	6.5389	1.62E-01	75	6.5389	1.11E-02	75	6.5389	1.08E-02
76	7.0711	1.62E-01	76	7.0711	1.11E-02	76	7.0711	1.08E-02
77	7.6465	1.62E-01	77	7.6465	1.11E-02	77	7.6465	1.08E-02
78	8.2688	1.62E-01	78	8.2688	1.11E-02	78	8.2688	1.08E-02
79	8.9418	1.62E-01	79	8.9418	1.11E-02	79	8.9418	1.08E-02
80	9.6695	1.62E-01	80	9.6695	1.11E-02	80	9.6695	1.08E-02
81	10.4564	1.62E-01	81	10.4564	1.11E-02	81	10.4564	1.08E-02
82	11.3074	1.62E-01	82	11.3074	1.11E-02	82	11.3074	1.08E-02
83	12.2276	1.62E-01	83	12.2276	1.11E-02	83	12.2276	1.08E-02
84	13.2227	1.62E-01	84	13.2227	1.11E-02	84	13.2227	1.08E-02
85	14.2988	1.62E-01	85	14.2988	1.11E-02	85	14.2988	1.08E-02
86	15.4625	1.62E-01	86	15.4625	1.11E-02	86	15.4625	1.08E-02
87	16.7209	1.62E-01	87	16.7209	1.11E-02	87	16.7209	1.08E-02
88	18.0816	1.62E-01	88	18.0816	1.11E-02	88	18.0816	1.08E-02
89	19.5532	1.62E-01	89	19.5532	1.11E-02	89	19.5532	1.08E-02
90	21.1445	1.62E-01	90	21.1445	1.11E-02	90	21.1445	1.08E-02
91	22.8653	1.62E-01	91	22.8653	1.11E-02	91	22.8653	1.08E-02
92	24.7261	1.62E-01	92	24.7261	1.11E-02	92	24.7261	1.08E-02
93	26.7384	1.62E-01	93	26.7384	1.11E-02	93	26.7384	1.08E-02
94	28.9144	1.62E-01	94	28.9144	1.11E-02	94	28.9144	1.08E-02
95	31.2675	1.62E-01	95	31.2675	1.11E-02	95	31.2675	1.08E-02
96	33.8122	1.62E-01	96	33.8122	1.11E-02	96	33.8122	1.08E-02
97	36.5639	1.62E-01	97	36.5639	1.11E-02	97	36.5639	1.08E-02
98	39.5396	1.62E-01	98	39.5396	1.11E-02	98	39.5396	1.08E-02
99	42.7574	1.62E-01	99	42.7574	1.11E-02	99	42.7574	1.08E-02
100	50	1.62E-01	100	50	1.11E-02	100	50	1.08E-02

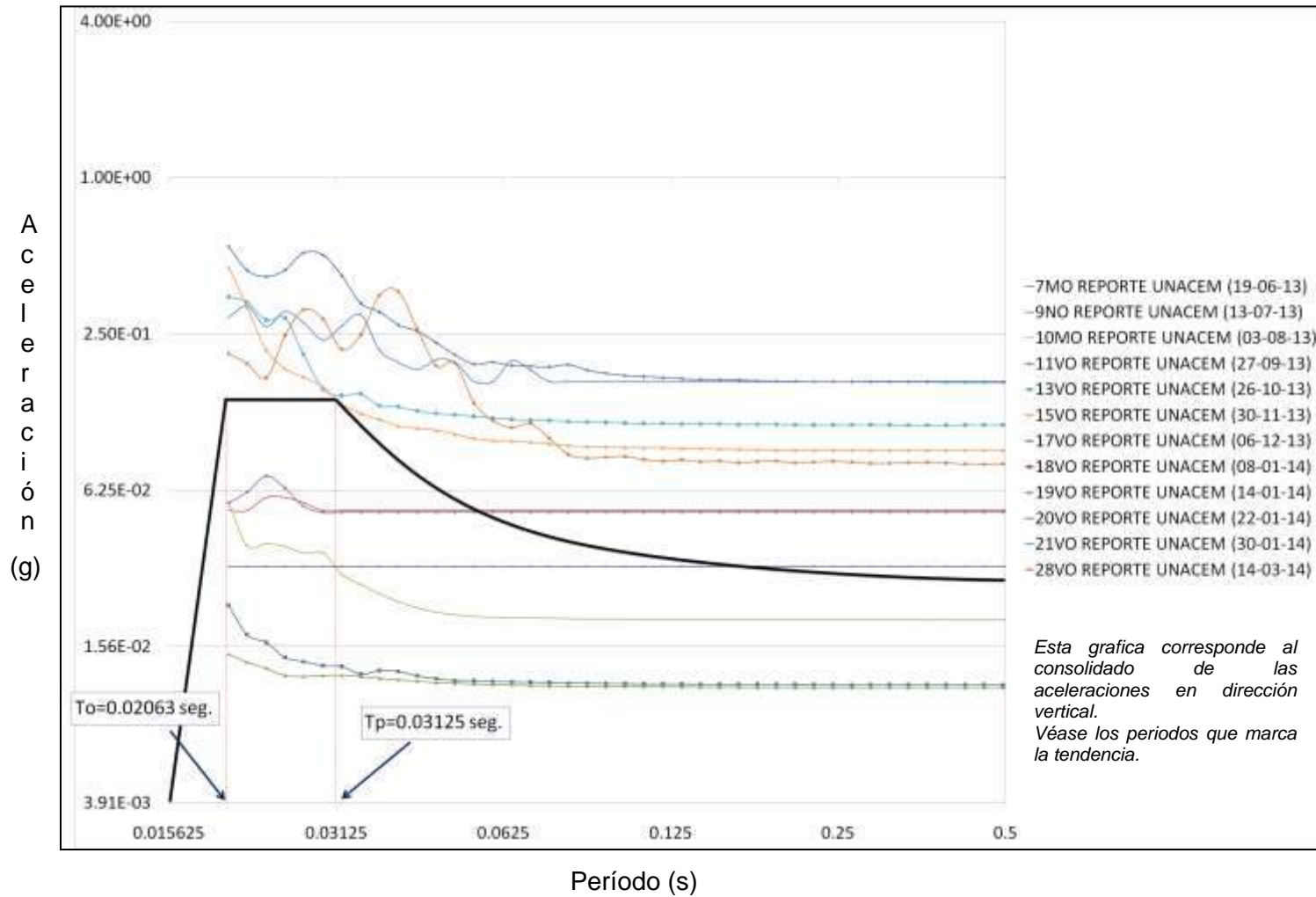
Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Estación 20, 21 y 28 en sentido Vertical

20VO REPORTE UNACEM (22-01-14)			21VO REPORTE UNACEM (30-01-14)			28VO REPORTE UNACEM (14-03-14)		
#	VERTICAL (mm/s)		#	VERTICAL (mm/s)		#	VERTICAL (mm/s)	
	TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )		TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )		TIEMPO (s)	ACELERACION (mm/s <sup>2</sup> )
1	0.02	3.18E-02	1	0.02	2.25E-02	1	0.02	2.10E-01
2	0.0216	3.18E-02	2	0.0216	1.74E-02	2	0.0216	1.92E-01
3	0.0234	3.18E-02	3	0.0234	1.62E-02	3	0.0234	1.69E-01
4	0.0253	3.18E-02	4	0.0253	1.42E-02	4	0.0253	2.47E-01
5	0.0273	3.18E-02	5	0.0273	1.37E-02	5	0.0273	3.10E-01
6	0.0296	3.18E-02	6	0.0296	1.32E-02	6	0.0296	2.85E-01
7	0.032	3.18E-02	7	0.032	1.31E-02	7	0.032	2.18E-01
8	0.0346	3.18E-02	8	0.0346	1.23E-02	8	0.0346	2.49E-01
9	0.0374	3.18E-02	9	0.0374	1.26E-02	9	0.0374	3.52E-01
10	0.0404	3.18E-02	10	0.0404	1.25E-02	10	0.0404	3.64E-01
11	0.0437	3.18E-02	11	0.0437	1.20E-02	11	0.0437	2.61E-01
12	0.0473	3.18E-02	12	0.0473	1.17E-02	12	0.0473	1.88E-01
13	0.0511	3.18E-02	13	0.0511	1.16E-02	13	0.0511	1.94E-01
14	0.0553	3.18E-02	14	0.0553	1.15E-02	14	0.0553	1.36E-01
15	0.0598	3.18E-02	15	0.0598	1.15E-02	15	0.0598	1.16E-01
16	0.0647	3.18E-02	16	0.0647	1.14E-02	16	0.0647	1.09E-01
17	0.0699	3.18E-02	17	0.0699	1.14E-02	17	0.0699	1.13E-01
18	0.0756	3.18E-02	18	0.0756	1.13E-02	18	0.0756	9.90E-02
19	0.0818	3.18E-02	19	0.0818	1.13E-02	19	0.0818	8.58E-02
20	0.0884	3.18E-02	20	0.0884	1.13E-02	20	0.0884	8.31E-02
21	0.0956	3.18E-02	21	0.0956	1.13E-02	21	0.0956	8.38E-02
22	0.1034	3.18E-02	22	0.1034	1.12E-02	22	0.1034	8.42E-02
23	0.1118	3.18E-02	23	0.1118	1.12E-02	23	0.1118	8.21E-02
24	0.1209	3.18E-02	24	0.1209	1.12E-02	24	0.1209	8.08E-02
25	0.1308	3.18E-02	25	0.1308	1.12E-02	25	0.1308	8.19E-02
26	0.1414	3.18E-02	26	0.1414	1.12E-02	26	0.1414	8.05E-02
27	0.1529	3.18E-02	27	0.1529	1.12E-02	27	0.1529	8.09E-02
28	0.1654	3.18E-02	28	0.1654	1.12E-02	28	0.1654	7.98E-02
29	0.1788	3.18E-02	29	0.1788	1.12E-02	29	0.1788	8.07E-02
30	0.1934	3.18E-02	30	0.1934	1.12E-02	30	0.1934	8.09E-02
31	0.2091	3.18E-02	31	0.2091	1.12E-02	31	0.2091	7.97E-02
32	0.2261	3.18E-02	32	0.2261	1.11E-02	32	0.2261	8.01E-02
33	0.2446	3.18E-02	33	0.2446	1.12E-02	33	0.2446	8.08E-02
34	0.2645	3.18E-02	34	0.2645	1.11E-02	34	0.2645	8.01E-02
35	0.286	3.18E-02	35	0.286	1.11E-02	35	0.286	7.93E-02
36	0.3092	3.18E-02	36	0.3092	1.11E-02	36	0.3092	7.94E-02
37	0.3344	3.18E-02	37	0.3344	1.11E-02	37	0.3344	8.00E-02
38	0.3616	3.18E-02	38	0.3616	1.11E-02	38	0.3616	8.01E-02
39	0.3911	3.18E-02	39	0.3911	1.11E-02	39	0.3911	7.96E-02
40	0.4229	3.18E-02	40	0.4229	1.11E-02	40	0.4229	7.90E-02
41	0.4573	3.18E-02	41	0.4573	1.11E-02	41	0.4573	7.88E-02
42	0.4945	3.18E-02	42	0.4945	1.11E-02	42	0.4945	7.89E-02
43	0.5348	3.18E-02	43	0.5348	1.11E-02	43	0.5348	7.93E-02
44	0.5783	3.18E-02	44	0.5783	1.11E-02	44	0.5783	7.96E-02
45	0.6254	3.18E-02	45	0.6254	1.11E-02	45	0.6254	7.97E-02
46	0.6762	3.18E-02	46	0.6762	1.11E-02	46	0.6762	7.97E-02
47	0.7313	3.18E-02	47	0.7313	1.11E-02	47	0.7313	7.95E-02
48	0.7908	3.18E-02	48	0.7908	1.11E-02	48	0.7908	7.93E-02
49	0.8551	3.18E-02	49	0.8551	1.11E-02	49	0.8551	7.91E-02
50	0.9247	3.18E-02	50	0.9247	1.11E-02	50	0.9247	7.90E-02
51	1	3.18E-02	51	1	1.11E-02	51	1	7.89E-02
52	1.0814	3.18E-02	52	1.0814	1.11E-02	52	1.0814	7.89E-02
53	1.1694	3.18E-02	53	1.1694	1.11E-02	53	1.1694	7.90E-02
54	1.2646	3.18E-02	54	1.2646	1.11E-02	54	1.2646	7.90E-02
55	1.3675	3.18E-02	55	1.3675	1.11E-02	55	1.3675	7.91E-02
56	1.4788	3.18E-02	56	1.4788	1.11E-02	56	1.4788	7.91E-02
57	1.5991	3.18E-02	57	1.5991	1.11E-02	57	1.5991	7.92E-02
58	1.7292	3.18E-02	58	1.7292	1.11E-02	58	1.7292	7.92E-02
59	1.87	3.18E-02	59	1.87	1.11E-02	59	1.87	7.93E-02
60	2.0222	3.18E-02	60	2.0222	1.11E-02	60	2.0222	7.93E-02
61	2.1867	3.18E-02	61	2.1867	1.11E-02	61	2.1867	7.93E-02
62	2.3647	3.18E-02	62	2.3647	1.11E-02	62	2.3647	7.93E-02
63	2.5571	3.18E-02	63	2.5571	1.11E-02	63	2.5571	7.93E-02
64	2.7652	3.18E-02	64	2.7652	1.11E-02	64	2.7652	7.93E-02
65	2.9903	3.18E-02	65	2.9903	1.11E-02	65	2.9903	7.93E-02
66	3.2336	3.18E-02	66	3.2336	1.11E-02	66	3.2336	7.93E-02
67	3.4968	3.18E-02	67	3.4968	1.11E-02	67	3.4968	7.93E-02
68	3.7814	3.18E-02	68	3.7814	1.11E-02	68	3.7814	7.93E-02
69	4.0891	3.18E-02	69	4.0891	1.11E-02	69	4.0891	7.93E-02
70	4.4219	3.18E-02	70	4.4219	1.11E-02	70	4.4219	7.92E-02
71	4.7818	3.18E-02	71	4.7818	1.11E-02	71	4.7818	7.92E-02
72	5.1709	3.18E-02	72	5.1709	1.11E-02	72	5.1709	7.92E-02
73	5.5917	3.18E-02	73	5.5917	1.11E-02	73	5.5917	7.92E-02
74	6.0468	3.18E-02	74	6.0468	1.11E-02	74	6.0468	7.92E-02
75	6.5389	3.18E-02	75	6.5389	1.11E-02	75	6.5389	7.92E-02
76	7.0711	3.18E-02	76	7.0711	1.11E-02	76	7.0711	7.92E-02
77	7.6465	3.18E-02	77	7.6465	1.11E-02	77	7.6465	7.92E-02
78	8.2688	3.18E-02	78	8.2688	1.11E-02	78	8.2688	7.92E-02
79	8.9418	3.18E-02	79	8.9418	1.11E-02	79	8.9418	7.92E-02
80	9.6695	3.18E-02	80	9.6695	1.11E-02	80	9.6695	7.92E-02
81	10.4564	3.18E-02	81	10.4564	1.11E-02	81	10.4564	7.92E-02
82	11.3074	3.18E-02	82	11.3074	1.11E-02	82	11.3074	7.92E-02
83	12.2276	3.18E-02	83	12.2276	1.11E-02	83	12.2276	7.92E-02
84	13.2227	3.18E-02	84	13.2227	1.11E-02	84	13.2227	7.92E-02
85	14.2988	3.18E-02	85	14.2988	1.11E-02	85	14.2988	7.92E-02
86	15.4625	3.18E-02	86	15.4625	1.11E-02	86	15.4625	7.92E-02
87	16.7209	3.18E-02	87	16.7209	1.11E-02	87	16.7209	7.92E-02
88	18.0816	3.18E-02	88	18.0816	1.11E-02	88	18.0816	7.92E-02
89	19.5532	3.18E-02	89	19.5532	1.11E-02	89	19.5532	7.92E-02
90	21.1445	3.18E-02	90	21.1445	1.11E-02	90	21.1445	7.92E-02
91	22.8653	3.18E-02	91	22.8653	1.11E-02	91	22.8653	7.92E-02
92	24.7261	3.18E-02	92	24.7261	1.11E-02	92	24.7261	7.92E-02
93	26.7384	3.18E-02	93	26.7384	1.11E-02	93	26.7384	7.92E-02
94	28.9144	3.18E-02	94	28.9144	1.11E-02	94	28.9144	7.92E-02
95	31.2675	3.18E-02	95	31.2675	1.11E-02	95	31.2675	7.92E-02
96	33.8122	3.18E-02	96	33.8122	1.11E-02	96	33.8122	7.92E-02
97	36.5639	3.18E-02	97	36.5639	1.11E-02	97	36.5639	7.92E-02
98	39.5396	3.18E-02	98	39.5396	1.11E-02	98	39.5396	7.92E-02
99	42.7574	3.18E-02	99	42.7574	1.11E-02	99	42.7574	7.92E-02
100	50	3.18E-02	100	50	1.11E-02	100	50	7.91E-02

Fuente: Elaboración propia

Gráf. 03: Sa VS T – DIRECCIÓN VERTICAL, según los datos de las Tablas N° 21 a la N° 24



Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Estación 07 y 09 NORMALIZADOS

7MO REPORTE UNACEM (19-06-13)						9NO REPORTE UNACEM (13-07-13)					
#	TIEMPO (s)	ACELERACION (m/s <sup>2</sup> )			NORMALIZADO (m/s)	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (m/s <sup>2</sup> )			NORMALIZADO (m/s)
		LONGITUDINAL (m/s)	TRANSVERSAL (m/s)	VERTICAL (m/s)				LONGITUDINAL (m/s)	TRANSVERSAL (m/s)	VERTICAL (m/s)	
1	0.02	2.93E-01	4.60E-01	2.89E-01	6.17E-01	1	0.02	7.97E-02	7.23E-02	5.22E-02	1.20E-01
2	0.0216	3.21E-01	5.79E-01	3.20E-01	7.36E-01	2	0.0216	8.03E-02	7.19E-02	5.22E-02	1.20E-01
3	0.0234	3.26E-01	4.88E-01	2.67E-01	6.45E-01	3	0.0234	5.35E-02	7.27E-02	5.87E-02	1.08E-01
4	0.0253	2.27E-01	4.34E-01	3.05E-01	5.77E-01	4	0.0253	6.41E-02	6.53E-02	5.87E-02	1.09E-01
5	0.0273	1.62E-01	3.83E-01	2.77E-01	4.99E-01	5	0.0273	7.57E-02	6.16E-02	5.59E-02	1.12E-01
6	0.0296	1.46E-01	3.80E-01	2.37E-01	4.71E-01	6	0.0296	7.82E-02	4.87E-02	5.22E-02	1.06E-01
7	0.032	1.92E-01	3.80E-01	2.69E-01	5.03E-01	7	0.032	7.11E-02	4.66E-02	5.22E-02	9.97E-02
8	0.0346	1.91E-01	3.80E-01	2.96E-01	5.18E-01	8	0.0346	5.96E-02	4.66E-02	5.22E-02	9.19E-02
9	0.0374	2.17E-01	3.80E-01	2.16E-01	4.88E-01	9	0.0374	4.76E-02	4.66E-02	5.22E-02	8.47E-02
10	0.0404	1.94E-01	3.80E-01	1.95E-01	4.69E-01	10	0.0404	4.01E-02	4.66E-02	5.22E-02	8.07E-02
11	0.0437	1.55E-01	3.80E-01	1.82E-01	4.49E-01	11	0.0437	4.09E-02	4.66E-02	5.22E-02	8.11E-02
12	0.0473	1.36E-01	3.80E-01	1.99E-01	4.50E-01	12	0.0473	3.75E-02	4.66E-02	5.22E-02	7.94E-02
13	0.0511	1.63E-01	3.80E-01	1.94E-01	4.57E-01	13	0.0511	3.46E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.81E-02
14	0.0553	1.67E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.46E-01	14	0.0553	3.33E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.76E-02
15	0.0598	2.27E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.72E-01	15	0.0598	3.25E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.72E-02
16	0.0647	2.12E-01	3.80E-01	1.97E-01	4.78E-01	16	0.0647	3.22E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.71E-02
17	0.0699	1.69E-01	3.80E-01	1.81E-01	4.54E-01	17	0.0699	3.15E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.68E-02
18	0.0756	1.33E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.35E-01	18	0.0756	3.09E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.66E-02
19	0.0818	1.26E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	19	0.0818	3.05E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.64E-02
20	0.0884	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.32E-01	20	0.0884	3.03E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.63E-02
21	0.0956	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.32E-01	21	0.0956	2.99E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.62E-02
22	0.1034	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.32E-01	22	0.1034	2.98E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.61E-02
23	0.1118	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.32E-01	23	0.1118	2.95E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.60E-02
24	0.1209	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.32E-01	24	0.1209	2.94E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.60E-02
25	0.1308	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.32E-01	25	0.1308	2.94E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.60E-02
26	0.1414	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.32E-01	26	0.1414	2.92E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.59E-02
27	0.1529	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.32E-01	27	0.1529	2.90E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.58E-02
28	0.1654	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.32E-01	28	0.1654	2.90E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.58E-02
29	0.1788	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.32E-01	29	0.1788	2.90E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.58E-02
30	0.1934	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	30	0.1934	2.89E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.58E-02
31	0.2091	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	31	0.2091	2.88E-02	4.66E-02	5.23E-02	7.57E-02
32	0.2261	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	32	0.2261	2.87E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
33	0.2446	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	33	0.2446	2.87E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
34	0.2645	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	34	0.2645	2.88E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
35	0.286	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	35	0.286	2.88E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
36	0.3092	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	36	0.3092	2.87E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
37	0.3344	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	37	0.3344	2.86E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
38	0.3616	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	38	0.3616	2.86E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
39	0.3911	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	39	0.3911	2.86E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
40	0.4229	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	40	0.4229	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
41	0.4573	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	41	0.4573	2.86E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
42	0.4945	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	42	0.4945	2.86E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
43	0.5348	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	43	0.5348	2.86E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
44	0.5783	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	44	0.5783	2.86E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
45	0.6254	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	45	0.6254	2.86E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
46	0.6762	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	46	0.6762	2.86E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
47	0.7313	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	47	0.7313	2.86E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
48	0.7908	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	48	0.7908	2.86E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
49	0.8551	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	49	0.8551	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
50	0.9247	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	50	0.9247	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
51	1	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	51	1	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
52	1.0814	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	52	1.0814	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
53	1.1694	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	53	1.1694	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.57E-02
54	1.2646	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	54	1.2646	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
55	1.3675	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	55	1.3675	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
56	1.4788	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	56	1.4788	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
57	1.5991	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	57	1.5991	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
58	1.7292	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	58	1.7292	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
59	1.87	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	59	1.87	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
60	2.0222	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	60	2.0222	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
61	2.1867	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	61	2.1867	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
62	2.3647	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	62	2.3647	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
63	2.5571	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	63	2.5571	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
64	2.7652	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	64	2.7652	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
65	2.9903	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	65	2.9903	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
66	3.2336	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	66	3.2336	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
67	3.4968	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	67	3.4968	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
68	3.7814	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	68	3.7814	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
69	4.0891	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	69	4.0891	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
70	4.4219	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	70	4.4219	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
71	4.7818	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	71	4.7818	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
72	5.1709	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	72	5.1709	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
73	5.5917	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	73	5.5917	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
74	6.0468	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	74	6.0468	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
75	6.5389	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	75	6.5389	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
76	7.0711	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	76	7.0711	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
77	7.6465	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	77	7.6465	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
78	8.2688	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	78	8.2688	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
79	8.9418	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	79	8.9418	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
80	9.6695	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	80	9.6695	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
81	10.4564	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	81	10.4564	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
82	11.3074	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	82	11.3074	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
83	12.2276	1.25E-01	3.80E-01	1.64E-01	4.33E-01	83	12.2276	2.85E-02	4.67E-02	5.23E-02	7.56E-02
84	13.2227</										

Tabla 26: Estación 10 y 11 NORMALIZADOS

10MO REPORTE UNACEM (03-08-13)					
#	TIEMPO (s)	ACELERACION (m/s <sup>2</sup> )			NORMALIZADO (m/s)
		LONGITUDINAL (m/s)	TRANSVERAL (m/s)	VERTICAL (m/s)	
1	0.02	4.14E-02	5.08E-02	5.60E-02	8.62E-02
2	0.0216	3.76E-02	4.08E-02	3.82E-02	6.74E-02
3	0.0234	3.49E-02	3.94E-02	3.90E-02	6.55E-02
4	0.0253	3.87E-02	4.25E-02	3.80E-02	6.89E-02
5	0.0273	3.11E-02	4.15E-02	3.58E-02	6.30E-02
6	0.0296	2.99E-02	3.64E-02	3.58E-02	5.92E-02
7	0.032	2.84E-02	2.99E-02	2.96E-02	5.08E-02
8	0.0346	2.69E-02	2.72E-02	2.71E-02	4.69E-02
9	0.0374	2.26E-02	2.36E-02	2.50E-02	4.11E-02
10	0.0404	2.00E-02	2.40E-02	2.33E-02	3.90E-02
11	0.0437	1.98E-02	2.53E-02	2.21E-02	3.90E-02
12	0.0473	1.97E-02	2.58E-02	2.12E-02	3.88E-02
13	0.0511	1.91E-02	2.44E-02	2.07E-02	3.73E-02
14	0.0553	2.09E-02	2.39E-02	2.04E-02	3.77E-02
15	0.0598	1.94E-02	2.34E-02	2.03E-02	3.65E-02
16	0.0647	1.80E-02	2.27E-02	2.02E-02	3.52E-02
17	0.0699	1.80E-02	2.28E-02	2.01E-02	3.52E-02
18	0.0756	1.81E-02	2.28E-02	2.01E-02	3.54E-02
19	0.0818	1.81E-02	2.27E-02	2.00E-02	3.53E-02
20	0.0884	1.82E-02	2.27E-02	2.00E-02	3.53E-02
21	0.0956	1.82E-02	2.26E-02	1.99E-02	3.53E-02
22	0.1034	1.83E-02	2.26E-02	1.99E-02	3.52E-02
23	0.1118	1.83E-02	2.25E-02	1.99E-02	3.52E-02
24	0.1209	1.83E-02	2.26E-02	1.99E-02	3.52E-02
25	0.1308	1.83E-02	2.24E-02	1.99E-02	3.51E-02
26	0.1414	1.84E-02	2.24E-02	1.99E-02	3.51E-02
27	0.1529	1.84E-02	2.25E-02	1.98E-02	3.52E-02
28	0.1654	1.84E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.51E-02
29	0.1788	1.84E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
30	0.1934	1.84E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.51E-02
31	0.2091	1.84E-02	2.25E-02	1.98E-02	3.52E-02
32	0.2261	1.84E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.51E-02
33	0.2446	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
34	0.2645	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
35	0.286	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.51E-02
36	0.3092	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.51E-02
37	0.3344	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
38	0.3616	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.51E-02
39	0.3911	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
40	0.4229	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
41	0.4573	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
42	0.4945	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
43	0.5348	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
44	0.5783	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
45	0.6254	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.51E-02
46	0.6762	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.51E-02
47	0.7313	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
48	0.7908	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
49	0.8551	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
50	0.9247	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.51E-02
51	1	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.51E-02
52	1.0814	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.51E-02
53	1.1694	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
54	1.2646	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
55	1.3675	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
56	1.4788	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
57	1.5991	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
58	1.7292	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
59	1.87	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
60	2.0222	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
61	2.1867	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
62	2.3647	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
63	2.5571	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
64	2.7652	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
65	2.9903	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
66	3.2336	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
67	3.4968	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
68	3.7814	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
69	4.0891	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
70	4.4219	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
71	4.7818	1.85E-02	2.23E-02	1.98E-02	3.51E-02
72	5.1709	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.51E-02
73	5.5917	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.51E-02
74	6.0468	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.51E-02
75	6.5389	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
76	7.0711	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
77	7.6465	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
78	8.2688	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
79	8.9418	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
80	9.6695	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
81	10.4564	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
82	11.3074	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
83	12.2276	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
84	13.2227	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
85	14.2988	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
86	15.4625	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
87	16.7209	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
88	18.0816	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
89	19.5532	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
90	21.1445	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
91	22.8653	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
92	24.7261	1.85E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
93	26.7384	1.86E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
94	28.9144	1.86E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
95	31.2675	1.86E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
96	33.8122	1.86E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
97	36.5639	1.86E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
98	39.5396	1.86E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
99	42.7574	1.86E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02
100	50	1.86E-02	2.24E-02	1.98E-02	3.52E-02

11VO REPORTE UNACEM (27-09-13)					
#	TIEMPO (s)	ACELERACION (m/s <sup>2</sup> )			NORMALIZADO (m/s)
		LONGITUDINAL (m/s)	TRANSVERAL (m/s)	VERTICAL (m/s)	
1	0.02	1.34E-01	2.22E-01	5.59E-02	2.66E-01
2	0.0216	1.32E-01	2.22E-01	6.15E-02	2.66E-01
3	0.0234	1.31E-01	2.22E-01	7.08E-02	2.68E-01
4	0.0253	1.26E-01	2.22E-01	6.37E-02	2.64E-01
5	0.0273	1.25E-01	2.22E-01	5.42E-02	2.61E-01
6	0.0296	1.18E-01	2.22E-01	5.14E-02	2.57E-01
7	0.032	9.68E-02	2.22E-01	5.14E-02	2.48E-01
8	0.0346	8.71E-02	2.23E-01	5.14E-02	2.44E-01
9	0.0374	1.04E-01	2.23E-01	5.14E-02	2.51E-01
10	0.0404	1.22E-01	2.23E-01	5.14E-02	2.59E-01
11	0.0437	9.64E-02	2.23E-01	5.14E-02	2.48E-01
12	0.0473	7.28E-02	2.23E-01	5.14E-02	2.40E-01
13	0.0511	7.28E-02	2.23E-01	5.14E-02	2.40E-01
14	0.0553	8.45E-02	2.23E-01	5.14E-02	2.44E-01
15	0.0598	7.86E-02	2.23E-01	5.14E-02	2.42E-01
16	0.0647	6.62E-02	2.23E-01	5.14E-02	2.38E-01
17	0.0699	5.76E-02	2.23E-01	5.14E-02	2.36E-01
18	0.0756	5.13E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
19	0.0818	5.16E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
20	0.0884	5.18E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
21	0.0956	5.20E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
22	0.1034	5.20E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
23	0.1118	5.20E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
24	0.1209	5.20E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
25	0.1308	5.19E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
26	0.1414	5.18E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
27	0.1529	5.16E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
28	0.1654	5.15E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
29	0.1788	5.14E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
30	0.1934	5.13E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
31	0.2091	5.12E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
32	0.2261	5.11E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
33	0.2446	5.10E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
34	0.2645	5.10E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
35	0.286	5.09E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
36	0.3092	5.08E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
37	0.3344	5.08E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
38	0.3616	5.08E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
39	0.3911	5.07E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
40	0.4229	5.07E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
41	0.4573	5.07E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
42	0.4945	5.06E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
43	0.5348	5.06E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
44	0.5783	5.06E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
45	0.6254	5.06E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
46	0.6762	5.06E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
47	0.7313	5.05E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
48	0.7908	5.05E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
49	0.8551	5.05E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
50	0.9247	5.05E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
51	1	5.05E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
52	1.0814	5.05E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
53	1.1694	5.05E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
54	1.2646	5.05E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
55	1.3675	5.05E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
56	1.4788	5.05E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
57	1.5991	5.05E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
58	1.7292	5.05E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
59	1.87	5.05E-02	2.23E-01	5.15E-02	2.34E-01
60	2.0222	5.05E-02	2.23E-01		

Tabla 27: Estación 13 y 15 NORMALIZADOS

13VO REPORTE UNACEM (26-10-13)						15VO REPORTE UNACEM (30-11-13)					
#	TIEMPO (s)	ACELERACION (m/s <sup>2</sup> )			NORMALIZADO (m/s)	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (m/s <sup>2</sup> )			NORMALIZADO (m/s)
		LONGITUDINAL (m/s)	TRANSVERSAL (m/s)	VERTICAL (m/s)				LONGITUDINAL (m/s)	TRANSVERSAL (m/s)	VERTICAL (m/s)	
1	0.02	3.11E-01	4.91E-01	3.47E-01	6.77E-01	1	0.02	3.86E+00	3.86E+00	4.52E-01	5.48E+00
2	0.0216	3.22E-01	3.26E-01	3.21E-01	5.71E-01	2	0.0216	2.32E+00	2.32E+00	3.17E-01	3.20E+00
3	0.0234	2.71E-01	3.09E-01	2.83E-01	4.99E-01	3	0.0234	1.60E+00	1.60E+00	2.17E-01	2.27E+00
4	0.0253	2.02E-01	2.81E-01	2.88E-01	4.50E-01	4	0.0253	1.31E+00	1.31E+00	1.84E-01	1.85E+00
5	0.0273	2.11E-01	2.34E-01	2.08E-01	3.78E-01	5	0.0273	1.18E+00	1.18E+00	1.71E-01	1.68E+00
6	0.0296	1.83E-01	2.29E-01	1.53E-01	3.31E-01	6	0.0296	1.03E+00	1.03E+00	1.57E-01	1.47E+00
7	0.032	1.54E-01	2.14E-01	1.45E-01	3.01E-01	7	0.032	9.29E-01	9.29E-01	1.34E-01	1.32E+00
8	0.0346	1.49E-01	1.93E-01	1.47E-01	2.85E-01	8	0.0346	8.65E-01	8.65E-01	1.23E-01	1.23E+00
9	0.0374	1.33E-01	1.82E-01	1.32E-01	2.62E-01	9	0.0374	8.25E-01	8.25E-01	1.17E-01	1.17E+00
10	0.0404	1.27E-01	1.84E-01	1.31E-01	2.59E-01	10	0.0404	7.94E-01	7.94E-01	1.11E-01	1.13E+00
11	0.0437	1.24E-01	1.84E-01	1.26E-01	2.55E-01	11	0.0437	7.71E-01	7.71E-01	1.08E-01	1.10E+00
12	0.0473	1.18E-01	1.82E-01	1.23E-01	2.50E-01	12	0.0473	7.46E-01	7.46E-01	1.06E-01	1.06E+00
13	0.0511	1.13E-01	1.78E-01	1.22E-01	2.44E-01	13	0.0511	7.32E-01	7.32E-01	1.03E-01	1.04E+00
14	0.0553	1.10E-01	1.76E-01	1.20E-01	2.40E-01	14	0.0553	7.16E-01	7.16E-01	9.91E-02	1.02E+00
15	0.0598	1.09E-01	1.74E-01	1.18E-01	2.37E-01	15	0.0598	7.04E-01	7.04E-01	9.73E-02	1.00E+00
16	0.0647	1.07E-01	1.73E-01	1.17E-01	2.35E-01	16	0.0647	6.98E-01	6.98E-01	9.65E-02	9.91E-01
17	0.0699	1.06E-01	1.72E-01	1.16E-01	2.33E-01	17	0.0699	6.88E-01	6.88E-01	9.56E-02	9.78E-01
18	0.0756	1.05E-01	1.71E-01	1.16E-01	2.32E-01	18	0.0756	6.80E-01	6.80E-01	9.43E-02	9.66E-01
19	0.0818	1.04E-01	1.70E-01	1.15E-01	2.30E-01	19	0.0818	6.77E-01	6.77E-01	9.30E-02	9.61E-01
20	0.0884	1.04E-01	1.69E-01	1.14E-01	2.29E-01	20	0.0884	6.74E-01	6.74E-01	9.21E-02	9.57E-01
21	0.0956	1.03E-01	1.69E-01	1.14E-01	2.28E-01	21	0.0956	6.69E-01	6.69E-01	9.17E-02	9.51E-01
22	0.1034	1.03E-01	1.68E-01	1.14E-01	2.28E-01	22	0.1034	6.64E-01	6.64E-01	9.15E-02	9.43E-01
23	0.1118	1.02E-01	1.68E-01	1.13E-01	2.27E-01	23	0.1118	6.61E-01	6.61E-01	9.13E-02	9.39E-01
24	0.1209	1.02E-01	1.68E-01	1.13E-01	2.26E-01	24	0.1209	6.60E-01	6.60E-01	9.11E-02	9.38E-01
25	0.1308	1.02E-01	1.67E-01	1.12E-01	2.26E-01	25	0.1308	6.59E-01	6.59E-01	9.07E-02	9.37E-01
26	0.1414	1.01E-01	1.67E-01	1.12E-01	2.26E-01	26	0.1414	6.58E-01	6.58E-01	9.04E-02	9.35E-01
27	0.1529	1.01E-01	1.67E-01	1.12E-01	2.25E-01	27	0.1529	6.56E-01	6.56E-01	9.00E-02	9.32E-01
28	0.1654	1.01E-01	1.67E-01	1.12E-01	2.25E-01	28	0.1654	6.54E-01	6.54E-01	8.97E-02	9.29E-01
29	0.1788	1.01E-01	1.66E-01	1.12E-01	2.25E-01	29	0.1788	6.52E-01	6.52E-01	8.95E-02	9.27E-01
30	0.1934	1.01E-01	1.66E-01	1.12E-01	2.25E-01	30	0.1934	6.51E-01	6.51E-01	8.93E-02	9.25E-01
31	0.2091	1.01E-01	1.66E-01	1.12E-01	2.24E-01	31	0.2091	6.50E-01	6.50E-01	8.92E-02	9.24E-01
32	0.2261	1.01E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.24E-01	32	0.2261	6.50E-01	6.50E-01	8.91E-02	9.24E-01
33	0.2446	1.01E-01	1.66E-01	1.12E-01	2.24E-01	33	0.2446	6.50E-01	6.50E-01	8.91E-02	9.24E-01
34	0.2645	1.01E-01	1.66E-01	1.12E-01	2.24E-01	34	0.2645	6.50E-01	6.50E-01	8.91E-02	9.24E-01
35	0.286	1.01E-01	1.66E-01	1.12E-01	2.24E-01	35	0.286	6.50E-01	6.50E-01	8.91E-02	9.24E-01
36	0.3092	1.01E-01	1.66E-01	1.12E-01	2.24E-01	36	0.3092	6.50E-01	6.50E-01	8.91E-02	9.24E-01
37	0.3344	1.01E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.24E-01	37	0.3344	6.50E-01	6.50E-01	8.90E-02	9.23E-01
38	0.3616	1.01E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.24E-01	38	0.3616	6.49E-01	6.49E-01	8.90E-02	9.23E-01
39	0.3911	1.01E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.24E-01	39	0.3911	6.49E-01	6.49E-01	8.90E-02	9.22E-01
40	0.4229	1.01E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.24E-01	40	0.4229	6.49E-01	6.49E-01	8.90E-02	9.22E-01
41	0.4573	1.01E-01	1.66E-01	1.12E-01	2.24E-01	41	0.4573	6.48E-01	6.48E-01	8.90E-02	9.21E-01
42	0.4945	1.01E-01	1.66E-01	1.12E-01	2.24E-01	42	0.4945	6.48E-01	6.48E-01	8.90E-02	9.21E-01
43	0.5348	1.01E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.24E-01	43	0.5348	6.48E-01	6.48E-01	8.90E-02	9.21E-01
44	0.5783	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	44	0.5783	6.48E-01	6.48E-01	8.89E-02	9.20E-01
45	0.6254	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	45	0.6254	6.48E-01	6.48E-01	8.89E-02	9.20E-01
46	0.6762	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	46	0.6762	6.47E-01	6.47E-01	8.89E-02	9.20E-01
47	0.7313	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	47	0.7313	6.47E-01	6.47E-01	8.89E-02	9.20E-01
48	0.7908	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	48	0.7908	6.47E-01	6.47E-01	8.89E-02	9.20E-01
49	0.8551	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	49	0.8551	6.47E-01	6.47E-01	8.89E-02	9.20E-01
50	0.9247	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	50	0.9247	6.47E-01	6.47E-01	8.89E-02	9.20E-01
51	1	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	51	1	6.47E-01	6.47E-01	8.89E-02	9.20E-01
52	1.0814	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	52	1.0814	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
53	1.1694	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	53	1.1694	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
54	1.2646	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	54	1.2646	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
55	1.3675	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	55	1.3675	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
56	1.4788	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	56	1.4788	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
57	1.5991	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	57	1.5991	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
58	1.7292	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	58	1.7292	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
59	1.87	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	59	1.87	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
60	2.0222	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	60	2.0222	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
61	2.1867	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	61	2.1867	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
62	2.3647	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	62	2.3647	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
63	2.5571	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	63	2.5571	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
64	2.7652	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	64	2.7652	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
65	2.9903	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	65	2.9903	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
66	3.2336	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	66	3.2336	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
67	3.4968	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	67	3.4968	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
68	3.7814	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	68	3.7814	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
69	4.0891	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	69	4.0891	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
70	4.4219	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	70	4.4219	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
71	4.7818	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	71	4.7818	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
72	5.1709	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	72	5.1709	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
73	5.5917	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	73	5.5917	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
74	6.0468	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	74	6.0468	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
75	6.5389	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	75	6.5389	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
76	7.0711	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	76	7.0711	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
77	7.6465	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	77	7.6465	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
78	8.2688	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	78	8.2688	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
79	8.9418	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	79	8.9418	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
80	9.6695	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	80	9.6695	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
81	10.4564	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	81	10.4564	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
82	11.3074	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	82	11.3074	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
83	12.2276	1.00E-01	1.66E-01	1.11E-01	2.23E-01	83	12.2276	6.47E-01	6.47E-01	8.88E-02	9.20E-01
84	13.222										



Tabla 28: Estación 17 y 18 NORMALIZADOS

17VO REPORTE UNACEM (06-12-13)					18VO REPORTE UNACEM (08-01-14)						
#	TIEMPO (s)	ACELERACION (m/s <sup>2</sup> )			NORMALIZADO (m/s)	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (m/s <sup>2</sup> )			NORMALIZADO (m/s)
		LONGITUDINAL (m/s)	TRANSVERSAL (m/s)	VERTICAL (m/s)				LONGITUDINAL (m/s)	TRANSVERSAL (m/s)	VERTICAL (m/s)	
1	0.02	4.90E-01	5.41E-01	5.43E-01	9.10E-01	1	0.02	2.36E-02	6.33E-02	2.25E-02	7.12E-02
2	0.0216	3.54E-01	4.37E-01	4.39E-01	7.13E-01	2	0.0216	2.07E-02	5.29E-02	1.74E-02	5.94E-02
3	0.0234	3.78E-01	4.15E-01	4.15E-01	6.98E-01	3	0.0234	2.27E-02	4.43E-02	1.62E-02	5.24E-02
4	0.0253	3.34E-01	4.41E-01	4.41E-01	7.07E-01	4	0.0253	1.90E-02	3.78E-02	1.42E-02	4.46E-02
5	0.0273	3.52E-01	5.13E-01	5.13E-01	8.07E-01	5	0.0273	1.71E-02	3.68E-02	1.37E-02	4.28E-02
6	0.0296	3.04E-01	5.05E-01	5.04E-01	7.75E-01	6	0.0296	1.53E-02	3.68E-02	1.32E-02	4.20E-02
7	0.032	3.38E-01	4.19E-01	4.19E-01	6.82E-01	7	0.032	1.46E-02	3.68E-02	1.31E-02	4.17E-02
8	0.0346	3.35E-01	3.30E-01	3.28E-01	5.73E-01	8	0.0346	1.41E-02	3.68E-02	1.23E-02	4.13E-02
9	0.0374	2.52E-01	3.03E-01	3.04E-01	4.98E-01	9	0.0374	1.37E-02	3.68E-02	1.26E-02	4.13E-02
10	0.0404	1.86E-01	2.70E-01	2.71E-01	4.25E-01	10	0.0404	1.37E-02	3.68E-02	1.25E-02	4.12E-02
11	0.0437	1.73E-01	2.56E-01	2.56E-01	4.01E-01	11	0.0437	1.35E-02	3.68E-02	1.20E-02	4.10E-02
12	0.0473	1.80E-01	2.30E-01	2.31E-01	3.72E-01	12	0.0473	1.31E-02	3.68E-02	1.17E-02	4.08E-02
13	0.0511	1.60E-01	2.08E-01	2.08E-01	3.34E-01	13	0.0511	1.28E-02	3.68E-02	1.16E-02	4.07E-02
14	0.0553	1.47E-01	1.90E-01	1.91E-01	3.07E-01	14	0.0553	1.26E-02	3.68E-02	1.15E-02	4.06E-02
15	0.0598	1.48E-01	1.94E-01	1.94E-01	3.12E-01	15	0.0598	1.26E-02	3.68E-02	1.15E-02	4.06E-02
16	0.0647	1.60E-01	1.85E-01	1.89E-01	3.09E-01	16	0.0647	1.24E-02	3.68E-02	1.14E-02	4.05E-02
17	0.0699	1.51E-01	1.84E-01	1.88E-01	3.03E-01	17	0.0699	1.24E-02	3.68E-02	1.14E-02	4.05E-02
18	0.0756	1.46E-01	1.82E-01	1.86E-01	2.99E-01	18	0.0756	1.23E-02	3.68E-02	1.13E-02	4.05E-02
19	0.0818	1.41E-01	1.86E-01	1.90E-01	3.01E-01	19	0.0818	1.23E-02	3.68E-02	1.13E-02	4.04E-02
20	0.0884	1.33E-01	1.81E-01	1.81E-01	2.88E-01	20	0.0884	1.22E-02	3.68E-02	1.13E-02	4.04E-02
21	0.0956	1.30E-01	1.76E-01	1.76E-01	2.81E-01	21	0.0956	1.22E-02	3.68E-02	1.13E-02	4.04E-02
22	0.1034	1.26E-01	1.73E-01	1.73E-01	2.75E-01	22	0.1034	1.21E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.04E-02
23	0.1118	1.26E-01	1.71E-01	1.71E-01	2.73E-01	23	0.1118	1.21E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.04E-02
24	0.1209	1.25E-01	1.70E-01	1.69E-01	2.70E-01	24	0.1209	1.21E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.04E-02
25	0.1308	1.23E-01	1.68E-01	1.68E-01	2.68E-01	25	0.1308	1.21E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.04E-02
26	0.1414	1.22E-01	1.67E-01	1.67E-01	2.66E-01	26	0.1414	1.21E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.04E-02
27	0.1529	1.22E-01	1.67E-01	1.67E-01	2.65E-01	27	0.1529	1.21E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.04E-02
28	0.1654	1.21E-01	1.66E-01	1.66E-01	2.64E-01	28	0.1654	1.20E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.03E-02
29	0.1788	1.21E-01	1.65E-01	1.65E-01	2.63E-01	29	0.1788	1.20E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.03E-02
30	0.1934	1.21E-01	1.65E-01	1.65E-01	2.62E-01	30	0.1934	1.20E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.03E-02
31	0.2091	1.21E-01	1.64E-01	1.64E-01	2.62E-01	31	0.2091	1.20E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.03E-02
32	0.2261	1.21E-01	1.64E-01	1.64E-01	2.62E-01	32	0.2261	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
33	0.2446	1.21E-01	1.64E-01	1.64E-01	2.61E-01	33	0.2446	1.20E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.03E-02
34	0.2645	1.20E-01	1.64E-01	1.64E-01	2.61E-01	34	0.2645	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
35	0.286	1.20E-01	1.64E-01	1.64E-01	2.61E-01	35	0.286	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
36	0.3092	1.20E-01	1.64E-01	1.63E-01	2.61E-01	36	0.3092	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
37	0.3344	1.20E-01	1.63E-01	1.63E-01	2.60E-01	37	0.3344	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
38	0.3616	1.20E-01	1.63E-01	1.63E-01	2.60E-01	38	0.3616	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
39	0.3911	1.20E-01	1.63E-01	1.63E-01	2.60E-01	39	0.3911	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
40	0.4229	1.20E-01	1.63E-01	1.63E-01	2.60E-01	40	0.4229	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
41	0.4573	1.20E-01	1.63E-01	1.63E-01	2.60E-01	41	0.4573	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
42	0.4945	1.20E-01	1.63E-01	1.63E-01	2.59E-01	42	0.4945	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
43	0.5348	1.20E-01	1.63E-01	1.63E-01	2.59E-01	43	0.5348	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
44	0.5783	1.20E-01	1.63E-01	1.62E-01	2.59E-01	44	0.5783	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
45	0.6254	1.20E-01	1.63E-01	1.62E-01	2.59E-01	45	0.6254	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
46	0.6762	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	46	0.6762	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
47	0.7313	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	47	0.7313	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
48	0.7908	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	48	0.7908	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
49	0.8551	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	49	0.8551	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
50	0.9247	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	50	0.9247	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
51	1	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	51	1	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
52	1.0814	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	52	1.0814	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
53	1.1694	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	53	1.1694	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
54	1.2646	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	54	1.2646	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
55	1.3675	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	55	1.3675	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
56	1.4788	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	56	1.4788	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
57	1.5991	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	57	1.5991	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
58	1.7292	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	58	1.7292	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
59	1.87	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	59	1.87	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
60	2.0222	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	60	2.0222	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
61	2.1867	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	61	2.1867	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
62	2.3647	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	62	2.3647	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
63	2.5571	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	63	2.5571	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
64	2.7652	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	64	2.7652	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
65	2.9903	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	65	2.9903	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
66	3.2336	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	66	3.2336	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
67	3.4968	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	67	3.4968	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
68	3.7814	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	68	3.7814	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
69	4.0891	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	69	4.0891	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
70	4.4219	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	70	4.4219	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
71	4.7818	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	71	4.7818	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
72	5.1709	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	72	5.1709	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
73	5.5917	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	73	5.5917	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
74	6.0468	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	74	6.0468	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
75	6.5389	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	75	6.5389	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
76	7.0711	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	76	7.0711	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
77	7.6465	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	77	7.6465	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
78	8.2688	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	78	8.2688	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
79	8.9418	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	79	8.9418	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
80	9.6695	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	80	9.6695	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
81	10.4564	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	81	10.4564	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
82	11.3074	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	82	11.3074	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
83	12.2276	1.20E-01	1.62E-01	1.62E-01	2.59E-01	83	12.2276	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02
84	13.222										

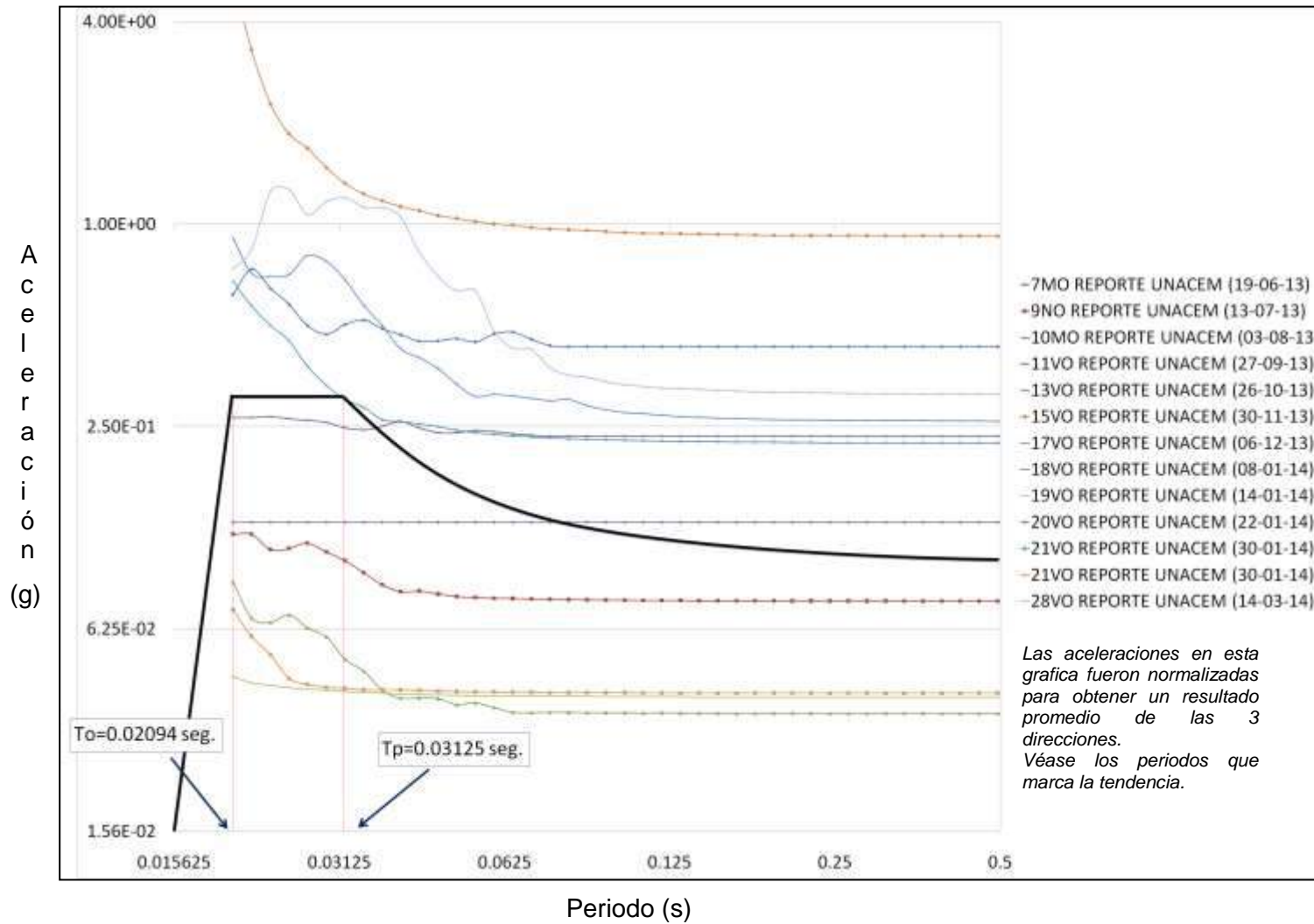
Tabla 29: Estación 19 y 20 NORMALIZADOS

19VO REPORTE UNACEM (14-01-14)					20VO REPORTE UNACEM (22-01-14)						
#	TIEMPO (s)	ACCELERACION (m/s <sup>2</sup> )			NORMALIZADO (m/s)	#	TIEMPO (s)	ACCELERACION (m/s <sup>2</sup> )			NORMALIZADO (m/s)
		LONGITUDINAL (m/s)	TRANSVERSAL (m/s)	VERTICAL (m/s)				LONGITUDINAL (m/s)	TRANSVERSAL (m/s)	VERTICAL (m/s)	
1	0.02	3.40E-02	2.59E-02	1.46E-02	4.52E-02	1	0.02	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
2	0.0216	3.40E-02	2.31E-02	1.36E-02	4.32E-02	2	0.0216	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
3	0.0234	3.40E-02	2.20E-02	1.29E-02	4.25E-02	3	0.0234	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
4	0.0253	3.40E-02	2.12E-02	1.21E-02	4.19E-02	4	0.0253	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
5	0.0273	3.40E-02	2.04E-02	1.20E-02	4.14E-02	5	0.0273	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
6	0.0296	3.40E-02	1.97E-02	1.21E-02	4.11E-02	6	0.0296	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
7	0.032	3.40E-02	1.89E-02	1.21E-02	4.07E-02	7	0.032	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
8	0.0346	3.40E-02	1.85E-02	1.20E-02	4.05E-02	8	0.0346	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
9	0.0374	3.40E-02	1.81E-02	1.18E-02	4.03E-02	9	0.0374	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
10	0.0404	3.40E-02	1.78E-02	1.16E-02	4.01E-02	10	0.0404	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
11	0.0437	3.40E-02	1.76E-02	1.15E-02	4.00E-02	11	0.0437	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
12	0.0473	3.40E-02	1.73E-02	1.14E-02	3.98E-02	12	0.0473	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
13	0.0511	3.40E-02	1.72E-02	1.13E-02	3.97E-02	13	0.0511	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
14	0.0553	3.40E-02	1.71E-02	1.12E-02	3.97E-02	14	0.0553	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
15	0.0598	3.40E-02	1.69E-02	1.12E-02	3.96E-02	15	0.0598	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
16	0.0647	3.40E-02	1.68E-02	1.11E-02	3.95E-02	16	0.0647	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
17	0.0699	3.40E-02	1.67E-02	1.11E-02	3.95E-02	17	0.0699	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
18	0.0756	3.40E-02	1.67E-02	1.10E-02	3.94E-02	18	0.0756	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
19	0.0818	3.40E-02	1.66E-02	1.10E-02	3.94E-02	19	0.0818	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
20	0.0884	3.40E-02	1.66E-02	1.10E-02	3.94E-02	20	0.0884	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
21	0.0956	3.40E-02	1.65E-02	1.10E-02	3.94E-02	21	0.0956	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
22	0.1034	3.40E-02	1.65E-02	1.10E-02	3.94E-02	22	0.1034	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
23	0.1118	3.40E-02	1.64E-02	1.09E-02	3.93E-02	23	0.1118	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
24	0.1209	3.40E-02	1.64E-02	1.09E-02	3.93E-02	24	0.1209	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
25	0.1308	3.40E-02	1.64E-02	1.09E-02	3.93E-02	25	0.1308	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
26	0.1414	3.40E-02	1.64E-02	1.09E-02	3.93E-02	26	0.1414	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
27	0.1529	3.40E-02	1.63E-02	1.09E-02	3.93E-02	27	0.1529	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
28	0.1654	3.40E-02	1.63E-02	1.09E-02	3.93E-02	28	0.1654	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
29	0.1788	3.40E-02	1.63E-02	1.09E-02	3.93E-02	29	0.1788	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
30	0.1934	3.40E-02	1.63E-02	1.09E-02	3.93E-02	30	0.1934	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
31	0.2091	3.40E-02	1.63E-02	1.09E-02	3.93E-02	31	0.2091	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
32	0.2261	3.40E-02	1.63E-02	1.09E-02	3.93E-02	32	0.2261	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
33	0.2446	3.40E-02	1.63E-02	1.09E-02	3.92E-02	33	0.2446	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
34	0.2645	3.40E-02	1.63E-02	1.09E-02	3.92E-02	34	0.2645	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
35	0.286	3.40E-02	1.63E-02	1.09E-02	3.92E-02	35	0.286	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
36	0.3092	3.40E-02	1.63E-02	1.09E-02	3.92E-02	36	0.3092	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
37	0.3344	3.40E-02	1.63E-02	1.09E-02	3.92E-02	37	0.3344	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
38	0.3616	3.40E-02	1.63E-02	1.09E-02	3.92E-02	38	0.3616	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
39	0.3911	3.40E-02	1.63E-02	1.09E-02	3.92E-02	39	0.3911	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
40	0.4229	3.40E-02	1.63E-02	1.09E-02	3.92E-02	40	0.4229	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
41	0.4573	3.40E-02	1.63E-02	1.09E-02	3.92E-02	41	0.4573	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
42	0.4945	3.40E-02	1.62E-02	1.09E-02	3.92E-02	42	0.4945	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
43	0.5348	3.40E-02	1.62E-02	1.09E-02	3.92E-02	43	0.5348	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
44	0.5783	3.40E-02	1.62E-02	1.09E-02	3.92E-02	44	0.5783	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
45	0.6254	3.40E-02	1.62E-02	1.09E-02	3.92E-02	45	0.6254	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
46	0.6762	3.40E-02	1.62E-02	1.09E-02	3.92E-02	46	0.6762	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
47	0.7313	3.40E-02	1.62E-02	1.09E-02	3.92E-02	47	0.7313	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
48	0.7908	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	48	0.7908	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
49	0.8551	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	49	0.8551	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
50	0.9247	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	50	0.9247	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
51	1	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	51	1	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
52	1.0814	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	52	1.0814	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
53	1.1694	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	53	1.1694	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
54	1.2646	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	54	1.2646	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
55	1.3675	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	55	1.3675	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
56	1.4788	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	56	1.4788	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
57	1.5991	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	57	1.5991	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
58	1.7292	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	58	1.7292	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
59	1.87	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	59	1.87	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
60	2.0222	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	60	2.0222	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
61	2.1867	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	61	2.1867	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
62	2.3647	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	62	2.3647	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
63	2.5571	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	63	2.5571	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
64	2.7652	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	64	2.7652	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
65	2.9903	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	65	2.9903	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
66	3.2336	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	66	3.2336	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
67	3.4968	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	67	3.4968	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
68	3.7814	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	68	3.7814	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
69	4.0891	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	69	4.0891	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
70	4.4219	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	70	4.4219	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
71	4.7818	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	71	4.7818	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
72	5.1709	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	72	5.1709	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
73	5.5917	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	73	5.5917	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
74	6.0468	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	74	6.0468	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
75	6.5389	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	75	6.5389	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
76	7.0711	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	76	7.0711	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
77	7.6465	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	77	7.6465	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
78	8.2688	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	78	8.2688	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
79	8.9418	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	79	8.9418	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
80	9.6695	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	80	9.6695	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
81	10.4564	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	81	10.4564	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
82	11.3074	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	82	11.3074	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
83	12.2276	3.40E-02	1.62E-02	1.08E-02	3.92E-02	83	12.2276	4.36E-02	1.18E-01	3.18E-02	1.30E-01
84	13.2227</										

Tabla 30: Estación 21 y 28 NORMALIZADOS

21VO REPORTE UNACEM (30-01-14)						28VO REPORTE UNACEM (14-03-14)					
#	TIEMPO (s)	ACELERACION (m/s <sup>2</sup> )			NORMALIZADO (m/s)	#	TIEMPO (s)	ACELERACION (m/s <sup>2</sup> )			NORMALIZADO (m/s)
		LONGITUDINAL (m/s)	TRANSVERSAL (m/s)	VERTICAL (m/s)				LONGITUDINAL (m/s)	TRANSVERSAL (m/s)	VERTICAL (m/s)	
1	0.02	2.36E-02	6.33E-02	2.25E-02	7.12E-02	1	0.02	5.43E-01	4.50E-01	2.10E-01	7.36E-01
2	0.0216	2.07E-02	5.29E-02	1.74E-02	5.94E-02	2	0.0216	6.21E-01	5.36E-01	1.92E-01	8.42E-01
3	0.0234	2.27E-02	4.43E-02	1.62E-02	5.24E-02	3	0.0234	9.92E-01	7.40E-01	1.69E-01	1.25E+00
4	0.0253	1.90E-02	3.78E-02	1.42E-02	4.46E-02	4	0.0253	1.03E+00	6.89E-01	2.47E-01	1.26E+00
5	0.0273	1.71E-02	3.68E-02	1.37E-02	4.28E-02	5	0.0273	8.54E-01	5.65E-01	3.10E-01	1.07E+00
6	0.0296	1.53E-02	3.68E-02	1.32E-02	4.20E-02	6	0.0296	1.01E+00	5.19E-01	2.85E-01	1.17E+00
7	0.032	1.46E-02	3.68E-02	1.31E-02	4.17E-02	7	0.032	1.06E+00	5.08E-01	2.18E-01	1.20E+00
8	0.0346	1.41E-02	3.68E-02	1.23E-02	4.13E-02	8	0.0346	9.83E-01	4.84E-01	2.49E-01	1.12E+00
9	0.0374	1.37E-02	3.68E-02	1.26E-02	4.13E-02	9	0.0374	9.47E-01	4.82E-01	3.52E-01	1.12E+00
10	0.0404	1.37E-02	3.68E-02	1.25E-02	4.12E-02	10	0.0404	8.86E-01	4.25E-01	3.64E-01	1.05E+00
11	0.0437	1.35E-02	3.68E-02	1.20E-02	4.10E-02	11	0.0437	6.95E-01	3.66E-01	2.61E-01	8.28E-01
12	0.0473	1.31E-02	3.68E-02	1.17E-02	4.08E-02	12	0.0473	6.09E-01	2.86E-01	1.88E-01	6.99E-01
13	0.0511	1.28E-02	3.68E-02	1.16E-02	4.07E-02	13	0.0511	5.01E-01	2.36E-01	1.94E-01	6.34E-01
14	0.0553	1.26E-02	3.68E-02	1.15E-02	4.06E-02	14	0.0553	4.99E-01	3.65E-01	1.36E-01	6.33E-01
15	0.0598	1.26E-02	3.68E-02	1.15E-02	4.06E-02	15	0.0598	3.69E-01	3.66E-01	1.16E-01	4.81E-01
16	0.0647	1.24E-02	3.68E-02	1.14E-02	4.05E-02	16	0.0647	3.34E-01	2.44E-01	1.09E-01	4.28E-01
17	0.0699	1.24E-02	3.68E-02	1.14E-02	4.05E-02	17	0.0699	3.28E-01	2.43E-01	1.13E-01	4.24E-01
18	0.0756	1.23E-02	3.68E-02	1.13E-02	4.05E-02	18	0.0756	2.88E-01	2.16E-01	9.90E-02	3.74E-01
19	0.0818	1.23E-02	3.68E-02	1.13E-02	4.04E-02	19	0.0818	2.76E-01	2.07E-01	8.58E-02	3.56E-01
20	0.0884	1.22E-02	3.68E-02	1.13E-02	4.04E-02	20	0.0884	2.68E-01	2.10E-01	8.31E-02	3.50E-01
21	0.0956	1.22E-02	3.68E-02	1.13E-02	4.04E-02	21	0.0956	2.62E-01	2.01E-01	8.38E-02	3.41E-01
22	0.1034	1.21E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.04E-02	22	0.1034	2.55E-01	1.96E-01	8.42E-02	3.32E-01
23	0.1118	1.21E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.04E-02	23	0.1118	2.51E-01	1.96E-01	8.21E-02	3.29E-01
24	0.1209	1.21E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.04E-02	24	0.1209	2.48E-01	1.94E-01	8.08E-02	3.25E-01
25	0.1308	1.21E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.04E-02	25	0.1308	2.48E-01	1.93E-01	8.19E-02	3.25E-01
26	0.1414	1.21E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.04E-02	26	0.1414	2.46E-01	1.92E-01	8.05E-02	3.23E-01
27	0.1529	1.21E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.04E-02	27	0.1529	2.44E-01	1.92E-01	8.09E-02	3.21E-01
28	0.1654	1.20E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.03E-02	28	0.1654	2.41E-01	1.92E-01	7.98E-02	3.19E-01
29	0.1788	1.20E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.03E-02	29	0.1788	2.40E-01	1.91E-01	8.07E-02	3.18E-01
30	0.1934	1.20E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.03E-02	30	0.1934	2.39E-01	1.91E-01	8.09E-02	3.16E-01
31	0.2091	1.20E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.03E-02	31	0.2091	2.39E-01	1.91E-01	7.97E-02	3.17E-01
32	0.2261	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	32	0.2261	2.38E-01	1.91E-01	8.01E-02	3.16E-01
33	0.2446	1.20E-02	3.69E-02	1.12E-02	4.03E-02	33	0.2446	2.37E-01	1.90E-01	8.08E-02	3.15E-01
34	0.2645	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	34	0.2645	2.37E-01	1.90E-01	8.01E-02	3.14E-01
35	0.286	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	35	0.286	2.36E-01	1.90E-01	7.93E-02	3.13E-01
36	0.3092	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	36	0.3092	2.36E-01	1.89E-01	7.94E-02	3.13E-01
37	0.3344	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	37	0.3344	2.36E-01	1.89E-01	8.00E-02	3.13E-01
38	0.3616	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	38	0.3616	2.35E-01	1.89E-01	8.01E-02	3.12E-01
39	0.3911	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	39	0.3911	2.35E-01	1.89E-01	7.96E-02	3.12E-01
40	0.4229	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	40	0.4229	2.35E-01	1.89E-01	7.90E-02	3.11E-01
41	0.4573	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	41	0.4573	2.35E-01	1.89E-01	7.88E-02	3.11E-01
42	0.4945	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	42	0.4945	2.35E-01	1.89E-01	7.89E-02	3.11E-01
43	0.5348	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	43	0.5348	2.34E-01	1.88E-01	7.93E-02	3.11E-01
44	0.5783	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	44	0.5783	2.34E-01	1.88E-01	7.96E-02	3.11E-01
45	0.6254	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	45	0.6254	2.34E-01	1.88E-01	7.97E-02	3.11E-01
46	0.6762	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	46	0.6762	2.34E-01	1.88E-01	7.97E-02	3.11E-01
47	0.7313	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	47	0.7313	2.34E-01	1.88E-01	7.95E-02	3.11E-01
48	0.7908	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	48	0.7908	2.34E-01	1.88E-01	7.93E-02	3.11E-01
49	0.8551	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	49	0.8551	2.34E-01	1.88E-01	7.91E-02	3.11E-01
50	0.9247	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	50	0.9247	2.34E-01	1.88E-01	7.90E-02	3.11E-01
51	1	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	51	1	2.34E-01	1.88E-01	7.89E-02	3.11E-01
52	1.0814	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	52	1.0814	2.34E-01	1.88E-01	7.89E-02	3.11E-01
53	1.1694	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	53	1.1694	2.34E-01	1.88E-01	7.90E-02	3.10E-01
54	1.2646	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	54	1.2646	2.34E-01	1.88E-01	7.90E-02	3.10E-01
55	1.3675	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	55	1.3675	2.34E-01	1.88E-01	7.91E-02	3.10E-01
56	1.4788	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	56	1.4788	2.34E-01	1.88E-01	7.91E-02	3.10E-01
57	1.5991	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	57	1.5991	2.34E-01	1.88E-01	7.92E-02	3.10E-01
58	1.7292	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	58	1.7292	2.34E-01	1.88E-01	7.92E-02	3.10E-01
59	1.87	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	59	1.87	2.34E-01	1.88E-01	7.93E-02	3.10E-01
60	2.0222	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	60	2.0222	2.34E-01	1.88E-01	7.93E-02	3.10E-01
61	2.1867	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	61	2.1867	2.34E-01	1.88E-01	7.93E-02	3.10E-01
62	2.3647	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	62	2.3647	2.34E-01	1.88E-01	7.93E-02	3.10E-01
63	2.5571	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	63	2.5571	2.34E-01	1.88E-01	7.93E-02	3.11E-01
64	2.7652	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	64	2.7652	2.34E-01	1.88E-01	7.93E-02	3.11E-01
65	2.9903	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	65	2.9903	2.34E-01	1.88E-01	7.93E-02	3.11E-01
66	3.2336	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	66	3.2336	2.34E-01	1.88E-01	7.93E-02	3.10E-01
67	3.4968	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	67	3.4968	2.34E-01	1.88E-01	7.93E-02	3.10E-01
68	3.7814	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	68	3.7814	2.34E-01	1.88E-01	7.93E-02	3.10E-01
69	4.0891	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	69	4.0891	2.34E-01	1.88E-01	7.93E-02	3.10E-01
70	4.4219	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	70	4.4219	2.34E-01	1.88E-01	7.92E-02	3.10E-01
71	4.7818	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	71	4.7818	2.34E-01	1.88E-01	7.92E-02	3.10E-01
72	5.1709	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	72	5.1709	2.34E-01	1.88E-01	7.92E-02	3.10E-01
73	5.5917	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	73	5.5917	2.34E-01	1.88E-01	7.92E-02	3.10E-01
74	6.0468	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	74	6.0468	2.34E-01	1.88E-01	7.92E-02	3.10E-01
75	6.5389	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	75	6.5389	2.34E-01	1.88E-01	7.92E-02	3.10E-01
76	7.0711	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	76	7.0711	2.34E-01	1.88E-01	7.92E-02	3.10E-01
77	7.6465	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	77	7.6465	2.34E-01	1.88E-01	7.92E-02	3.10E-01
78	8.2688	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	78	8.2688	2.34E-01	1.88E-01	7.92E-02	3.10E-01
79	8.9418	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	79	8.9418	2.34E-01	1.88E-01	7.92E-02	3.10E-01
80	9.6695	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	80	9.6695	2.34E-01	1.88E-01	7.92E-02	3.10E-01
81	10.4564	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	81	10.4564	2.34E-01	1.88E-01	7.92E-02	3.10E-01
82	11.3074	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	82	11.3074	2.34E-01	1.88E-01	7.92E-02	3.10E-01
83	12.2276	1.20E-02	3.69E-02	1.11E-02	4.03E-02	83	12.2276	2.34E-01	1.88E-01	7.92E-02	3.10E-01
84	13.2227										

Gráf. 04: Sa VS T – NORMALIZADA, según los datos de las Tablas N° 25 a la N° 30



Fuente: Elaboración propia

### 8.3. DISCUSIÓN

Según nuestros resultados, se encontró que las vibraciones causadas por voladuras en la planta cementera UNACEM no producen daños estructurales a las edificaciones aledañas, específicamente a la población Virgen de Lourdes. Se analizaron los desplazamientos máximos causados por las vibraciones en una edificación típica de la zona y estos resultaron estar dentro de lo permisible por la Norma E030 Diseño Sismorresistente. Algo que se debe tomar en cuenta es que estos resultados son específicamente para el centro poblado Virgen de Lourdes, en otras palabras estos pueden variar para otro centro poblado ya que tendríamos otro tipo de suelo, otra edificación típica según la zona, otra distancia entre el punto de detonación y el de toma de datos, etc.

Un estudio en Colombia por Juan Manuel Benjumea Cadavid titulado “VIBRACIONES CAUSADAS POR ACTIVIDAD HUMANA: caracterización, efectos y manejo en la Ingeniería Civil” hace un análisis muy parecido al nuestro, sin embargo no usa una Norma de Diseño Sismorresistente para sus resultados. En lugar de ello usa varias normas internacionales de control de vibraciones como parámetros para su estudio.

Pensamos que es algo limitado el solo uso de normas de control o manejo de vibraciones de voladuras ya que muchas de estas normas no toman en cuenta los efectos en suelos blandos o propios del país de Colombia, tienen un límite según la frecuencia emitida aconsejando que para otras frecuencias fuera del rango se deben estudiar con base en otras normas y consideraciones.

Otro punto que no le favorece es que lamentablemente el país de Colombia no cuenta con una norma de manejo o control de vibraciones por voladura propia, esto debilita su estudio pues obvia muchos factores importantes y necesarios para un análisis más propio de su zona.

En resumen la presente investigación ha podido dar con un resultado más exacto y propio del lugar, utilizando la Norma de Diseño Sismorresistente actualizada de nuestro país y aplicándola según el tipo de suelo de la zona, realizando el diseño estructural de una vivienda típica de la zona y usando instrumentos específicos para la obtención de datos.

## CONCLUSIONES

- Los desplazamientos máximos obtenidos en cada dirección para cada estación al ser aplicados con la Norma E030 nos dan valores muy por debajo del límite, donde la distorsión máxima permisible según la normativa es  $5.00E-03$ . Estos resultados nos ayudan a poder concluir que toda prueba de voladura realizada en la planta de cementos UNACEM no generará vibraciones que produzcan desplazamientos mayores al límite establecido y por ende no significaran una amenaza a las estructuras que se encuentran en el centro poblado Virgen de Lourdes
- Teniendo como premisa la primera conclusión y viendo que no habrían fallas estructurales en las viviendas del Poblado Virgen de Lourdes por las voladuras realizadas en la planta de cementos UNACEM, concluimos que no se verían afectados los costos de las propiedades de la zona por este factor externo.
- Al igual que el anterior punto tenemos como premisa la primera conclusión y viendo que no habrían fallas estructurales en los locales comerciales del Poblado Virgen de Lourdes por las voladuras realizadas en la planta de cementos UNACEM, concluimos que no se verían afectados los costos de los locales comerciales de la zona por este factor externo.

- Según graficas de  $S_a$  vs  $T$ :
  - Gráfica 01: Sus aceleraciones están en dirección longitudinal observamos que el periodo fundamental para el tipo de suelo del centro poblado Virgen de Lourdes es  $T_p = 0.03125$  seg. y el  $T_o = 0.01953$  seg.
  - Gráfica 02: Sus aceleraciones están en dirección transversal observamos que el periodo fundamental para el tipo de suelo del centro poblado Virgen de Lourdes es  $T_p = 0.03125$  seg. y el  $T_o = 0.02125$  seg.
  - Gráfica 03: Sus aceleraciones están en dirección vertical observamos que el periodo fundamental para el tipo de suelo del centro poblado Virgen de Lourdes es  $T_p = 0.03125$  seg. y el  $T_o = 0.02063$  seg.
  - Gráfica 04: Sus aceleraciones fueron normalizadas para obtener un resultado promedio de las 3 direcciones observamos que el periodo fundamental para el tipo de suelo del centro poblado Virgen de Lourdes es  $T_p = 0.03125$  seg. y el  $T_o = 0.02094$  seg.
- Así mismo en base a lo anterior, podemos ver que las vibraciones producidas por las voladuras tienen un periodo muy corto ya que la mayor aceleración se produce en los primeros segundos de la explosión.
- Las edificaciones en la población Virgen de Lourdes presentan un sistema estructural flexible, por lo tanto no se ven afectadas ante vibraciones con periodos cortos y es por eso que no es posible que sufran fallas estructurales importantes.



## RECOMENDACIONES

1. Las vibraciones de causa humana requieren otro tipo de enfoque en su evaluación y control que las causadas por sismos, por varias razones:
  - Por el mismo hecho de su causa humana estas vibraciones son controlables, si se entienden bien su generación, características y efectos.
  - No pueden llegar a tener la intensidad de movimientos sísmicos, pero son mucho más frecuentes.
  - El tipo de vibraciones generalmente es diferente a las sísmicas, en casi todas las características de forma de onda (contenido frecuencial, envolvente, duración, etc.).
2. Al ver que las vibraciones producidas por las voladuras no son lo suficientemente importantes como para producir daños en las estructuras de las poblaciones colindantes a la planta UNACEM, se recomienda realizar evaluaciones y/o monitoreos vibratorios con más regularidad para tener un registro histórico de lo que ocurre en la zona.
3. Es importante mantener informada a la población de los resultados de este estudio para que así tengan la tranquilidad de que las voladuras provocadas dentro de la planta de cementos UNACEM no afectan ni provocan daños estructurales en sus viviendas y no serán un peligro para su integridad física.

## BIBLIOGRAFÍA

**Benjumea, J. (2003).** Vibraciones causadas por actividad humana. Caracterización, efectos y manejo en la Ingeniería Civil. Colombia: Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería. Tesis de para Obtener el Título de Ingeniero Civil.

**C. Scherpenisse (2011).** Curso de perforación y voladura para Exsa

**Empresa Enaex de Chile (2001).** II Curso de Tronadura de Enaex A Cielo Abierto

**Kuroiwa Horiuchi, Julio. (2002).** Reducción de desastres: viviendo en armonía con la naturaleza. Lima, Perú: Quebecor World Perú S.A.

**Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014).** Norma técnica de edificación E.030.

**Paz, M. (1992).** Dinámica Estructural: Teoría y Cálculo. Editorial Reverte. Barcelona, España.

**Paz, Mario (1985).** Structural Dynamics: Theory and Computation. Van Nostrand Reinhold Co. New York, EEUU.

**Peña, Virgilio (2014).** Monitoreo Vibratorio de Viviendas Colindantes a la Planta de Unacem – Villa María de Triunfo – Lima.

**Piqué, J. y Scaletti, H. (1991).** Análisis Sísmico de Edificios. Colección del Ingeniero Civil, CDL-CIP. Lima, Perú.

**República del Perú Ministerio de Energía y Minas. (1995).** Guía Ambiental para la Perforación y Voladuras en Operaciones Mineras. Lima, Perú

**Ruiz, D. / Otalora, C. / Rodríguez J. (2001)** Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura. Puerto Rico: Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico.

**Sarria, A. (2004).** Investigación no destructiva y cargas extremas en estructuras. Ediciones Uniandes, Bogotá, Colombia.

**Tuñón, C. (1988).** Manual de uso de explosivos: en minas canteras e ingeniería civil. Barcelona, España: Omega.

**Vásquez, Gabriela (2015).** Evaluación Sísmica de Presa La Chonta usando un Modelo Plano de Deformaciones. Perú: Universidad Ricardo Palma. Tesis de para Obtener el Título de Ingeniero de Civil.

**ANEXO 01:**  
MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			DISEÑO METODOLÓGICO
			VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES	
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿En qué medida los efectos dinámicos producidos por voladuras, en la explotación minera de la planta de cementos UNACEM, afecta a las edificaciones del centro poblado Virgen de Lourdes?</p> <p><b>PROBLEMA ESPECÍFICOS</b> -¿En qué medida se pueden afectar los costos de las viviendas por las fallas que presentan en su estructura producto de las voladuras?  -¿En qué medida se pueden afectar los costos de los locales comerciales por las fallas que presentan en su estructura producto de las voladuras?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Evaluar en qué medida los efectos dinámicos producidos por voladuras, en la explotación minera de la planta de cementos UNACEM, podrían afectar las edificaciones del centro poblado Virgen de Lourdes</p> <p><b>OBJETIVO ESPECÍFICOS</b> - Evaluar en qué medida se afectarían los costos de las viviendas si las fallas que presentan en su estructura son producto de las voladuras.  - Evaluar en qué medida se afectarían los costos de los locales comerciales si las fallas que presentan en su estructura son producto de las voladuras.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b> Los efectos dinámicos producidos por voladuras, en la explotación minera de la planta de cementos UNACEM, podrían afectar a las edificaciones del centro poblado Virgen de Lourdes.</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</b> - Al evaluar los efectos dinámicos producidos por voladura se determinara si podrían afectar los costos de las viviendas del centro poblado Virgen de Lourdes.  - Al evaluar los efectos dinámicos producidos por voladura se determinara si podrían afectar los costos de los locales comerciales del centro poblado Virgen de Lourdes.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENT E:</b>  Efectos dinámicos producidos por voladuras</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>  Efectos en las edificaciones en el centro poblado x</p>	<p>Costo de las viviendas unifamiliares</p> <p>Costo de los locales comerciales</p> <p>Situación de los pobladores que viven cerca de la planta cementera UNACEM encuestas</p> <p>Efectos estructurales</p>	<p>- Identificación de las viviendas más afectadas.</p> <p>- Identificación de las viviendas en las zonas más vulnerables.</p> <p>- Revisión de la información recolectada por la ONG que recibe las quejas de los pobladores de Virgen de Lourdes.</p> <p>- Toma de datos en campo de las vibraciones por las voladuras en UNACEM.</p> <p>- Análisis espectral.</p> <p>- Análisis estructural mediante software.</p>	<p><b>Tipo y nivel de la investigación:</b> <u>Cuantitativa:</u> Porque se evaluara las variables con el fin de convertirlas en datos perceptibles y realizar la evaluación materia de esta investigación. <u>Descriptivo:</u> Porque analizara, realizara cálculos para evaluar si hay efectos estructurales en las viviendas del poblado Virgen de Lourdes. <b>Diseño de la investigación</b> <u>No experimental:</u> Porque se realiza sin manipular deliberadamente las variables, lo que hace es tomar datos de campo y aplicarlos en un software de análisis estructural. <u>Explicativo:</u> Porque estudiaremos en nuestras variables los efectos estructurales producidos por voladura y la influencia en las viviendas de los pobladores de la zona a evaluar estableciendo relaciones de causa y efecto.</p>