PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

"IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE CALIBRACIÓN DE LA ENERGÍA DE PENETRACIÓN DINÁMICA SEGÚN LA NORMATIVA ASTM D4366-16, CON APLICACIÓN AL ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE LICUEFACCIÓN EN SUELOS GRANULARES EN UNA ZONA ESPECÍFICA DE MANABÍ"

AUTORA:

DOMÉNICA SALOMÉ OCAÑA ÁVILA

DIRECTOR:

M.Sc. ING. GUILLERMO REALPE

QUITO, 2019

DEDICATORIA

A la persona más importante de mi vida, por ser mi motor y fortaleza para seguir adelante… a ti mamita te dedico este esfuerzo; porque no hay mejor sensación que ver tu rostro lleno de felicidad y orgullo. Te amo con todo mi corazón, nunca terminaré de compensarte por todo lo que has hecho y sigues haciendo por mí.

Salomé

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios, por acompañarme durante este camino y permitirme culminarlo con éxito, porque sin él nada hubiera sido posible.

A mis padres, Nora y Antonio, por su paciencia, amor y soporte; a mis hermanos, Luis, Paola, Xavier y Tatiana, por siempre aconsejarme y alentarme a ser mejor; a mis sobrinos, Martín, Paolita, Isabella, Matías, Martina, Amelia y Samia, por contagiarme de su alegría e inocencia… Los amo a todos, con toda mi alma.

A mis amigos, porque en este tiempo tuve la gracia de conocer a personas increíbles... a ustedes mis “Panitas”, especialmente a Gaby, por convertirse en mi gran e incondicional amiga y confidente; a Fabo, mi mejor amigo, que aún en el momento más triste siempre logró sacarme una carcajada; a Chris y Feli, mi dupla perfecta, mis consejeros y cómplices infaltables para todo… A ustedes mis colegas, gracias por todos los grandes momentos.

Al Ingeniero Guillermo Realpe, por ser un gran maestro y brindarme su conocimiento para que este trabajo se haya logrado con éxito; a los Ingenieros, Juan Carlos Montero y Jorge Albuja, por su tiempo y excelente orientación. Al personal del Laboratorio de suelos de la PUCE, principalmente al Ing. Sebastián Morales por su apoyo y predisposición a colaborar en todo lo relacionado al desarrollo en campo de la investigación.

RESUMEN

Esta investigación trata sobre la implementación de un método de calibración de la medida de energía del SPT, en distintos equipos de perforación del laboratorio de Mecánica de suelos o área de Geotecnia de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador; basándose en las normativas ASTM D1586 y ASTM D4633, con la intensión de verificar la metodología, y comprobar el control que se puede generar a través de un análisis estadístico de los resultados de este proceso. Una vez realizada la evaluación de todos los parámetros que intervienen en el proceso, se comprobó que es factible controlar adecuadamente la energía en los equipos del laboratorio.

Sobre la base de la posibilidad real de controlar el nivel real de energía por medio de la metodología planteada, se pudo evidenciar la variación que puede presentar un análisis de potencial de licuefacción a través de la resistencia a la penetración, cuando no se consideran valores correctos de energía.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA I

AGRADECIMIENTOS II

RESUMEN III

ÍNDICE DE FIGURAS XII

ÍNDICE DE IMÁGENES XIV

ÍNDICE DE TABLAS XVII

ÍNDICE DE ANEXOS XX

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN 1

1.1. JUSTIFICACIÓN 1

1.2. OBJETIVOS 3

1.2.1. Objetivo General 3

1.2.2. Objetivos Específicos 3

1.3. HIPÓTESIS 3

1.4. METODOLOGÍA 4

CAPÍTULO II: PROCESO HISTÓRICO EN EL DESARROLLO DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR 6

2.1. DESARROLLO DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR 6

Origen del Ensayo de Penetración Estándar 6

2.2. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR - SPT (ASTM D1586) 13

2.2.1. Elementos que conforman el sistema de penetración 14

2.2.1.1. Métodos de Perforación 14

2.2.1.2. Tipos de Tuberías de Perforación 14

2.2.1.3. Tipos de Martillos 16

2.2.1.4. Sistema de elevación y caída del martillo 19

Método A 19

Método B 19

CAPÍTULO III: INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA MECÁNICA Y SU ROL EN LA MEDIDA DE ENERGÍA DEL SPT 22

3.1. ANÁLISIS DE ENERGÍAS 22

3.1.1. Energía Cinética 22

3.1.2. Energía Potencial 23

3.1.3. Conservación de la Energía 23

3.1.4. Energía Potencial y Cinética en el Ensayo de Penetración Estándar 25

3.2. MEDIDA DE ENERGÍA EN EL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (ASTM D4633) . 27

3.2.1. Transferencia de Energía en las Tuberías de Perforación 28

3.2.1.1. Método de Fuerza al Cuadrado (EF2) 29

3.2.1.2. Método de Fuerza y Velocidad (EFV) 31

3.2.1.3. Registros de fuerza y velocidad 36

CAPÍTULO IV: PROCESO DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN 38

4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS....38

4.1.1. Descripción del Equipo de Medida de Energía....38

Método de procesamiento de información....42

4.1.2. Descripción del Equipo de Perforación....43

4.1.2.1. Descripción Máquina Acker....43

4.1.2.2. Descripción Máquinas Longyear 1 y Longyear 2....46

4.1.2.3. Descripción Equipo Manual....49

4.2. PROCEDIMIENTO PREPARATORIO DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN 52

4.2.1. PROCESO DE CALIBRACIÓN DE MÁQUINA ACKER....52

4.2.2. PROCESO DE CALIBRACIÓN DE MÁQUINA LONGYEAR 1....58

4.2.3. PROCESO DE CALIBRACIÓN DE MÁQUINA LONGYEAR 2....62

4.2.4. PROCESO DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO MANUAL....67

4.3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN PARA LA CALIBRACIÓN DE EQUIPOS....72

4.3.1. EVALUACIÓN DE MEDICIONES DE ENERGÍA – MÉTODO GENERAL....73

4.3.2. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN MÁQUINA ACKER....76

Resultados de penetración....76

Resultados de mediciones de energía....79

4.3.3. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN MÁQUINA LONGYEAR 1....83

Resultados de penetración....83

Resultados de mediciones de energía....86

4.3.4. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN MÁQUINA LONYEAR 2 89

Resultados de penetración 89

Resultados de mediciones de energía 92

4.3.5. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN EQUIPO MANUAL 95

Resultados de penetración 95

Resultados de mediciones de energía 98

CAPÍTULO V: TRABAJOS EN LABORATORIO 101

5.1. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS) 101

5.2. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216 – 10) 104

5.2.1. CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD 105

5.3. GRANULOMETRÍA (ASTM D422) 106

5.3.1. CÁLCULO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO 107

5.4. LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) 109

5.4.1. LÍMITE LÍQUIDO (LL) 109

5.4.1.1. Cálculo del límite líquido 111

5.4.2. LÍMITE PLÁSTICO (LP).....111

5.4.2.1. Cálculo del límite plástico.....112

5.5. RESULTADOS DE CLASIFICACIÓN SUCS.....113

5.5.1. RESULTADOS DE MUESTRAS OBTENIDAS DE CALIBRACIÓN MÁQUINA ACKER 113

5.5.2. RESULTADOS DE MUESTRAS OBTENIDAS DE CALIBRACIÓN MÁQUINA LONGYEAR 1..114

5.5.3. RESULTADOS DE MUESTRAS OBTENIDAS DE CALIBRACIÓN MÁQUINA LONGYEAR 2..114

5.5.4. RESULTADOS DE MUESTRAS OBTENIDAS DE CALIBRACIÓN EQUIPO MANUAL 115

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE LICUEFACCIÓN 116

6.1. FENÓMENO DE LICUEFACCIÓN DE SUELOS.....116

6.1.1. Evaluación a la resistencia a la licuefacción de suelos 117

Relación de Esfuerzo Cíclico (CSR) 117

Relación de Resistencia Cíclica (CRR).....119

Influencia de Contenido de Finos.....121

Otras correcciones.....122

Factores de Escala de Magnitud (MSFs) 123

Factor de Seguridad (FS) 124

Correcciones para altos esfuerzos de sobrecarga, esfuerzos de corte estáticos, y edad del depósito.....125

Factor de corrección $\boldsymbol{K\sigma}$ 125

Factor de corrección de inclinación de superficie $\boldsymbol{K\alpha}$.....126

Influencia de la edad del depósito.....126

6.2. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE LICUEFACCIÓN.....128

Parámetros de cálculo para la determinación de la licuefacción 129

Influencia de la medida de energía en la determinación de la licuefacción 130

6.2.1. Resultados de análisis de potencial de licuefacción.....131

Análisis con nivel de energía del 45%.....131

Análisis con nivel de energía del 70%.....133

Análisis con nivel de energía del 85%.....135

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 137

7.1. CONCLUSIONES.....137

7.2. RECOMENDACIONES.....139

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....146

ANEXOS 150

Anexos Capítulo IV.....150

Registros completos para cada profundidad de Máquina Acker.....150

Sondeo 1.....150

Sondeo 2.....154

Registros completos para cada profundidad de Máquina Longyear 1.....159

Registros completos para cada profundidad de Máquina Longyear 2.....164

Registros completos para cada profundidad del Equipo Manual.....169

Gráficas de fuerza y velocidad de calibración Máquina Acker.....174

Sondeo 1 - Profundidad 4.00 – 4.45.....174

Sondeo 1 - Profundidad 4.50 – 5.00.....182

Sondeo 1 - Profundidad 5.00 – 5.45.....193

Sondeo 1 - Profundidad 5.55 – 6.00.....203

Sondeo 2 - Profundidad 1.00 – 1.45.....216

Sondeo 2 - Profundidad 1.50 – 1.95.....220

Sondeo 2 - Profundidad 2.00 – 2.45.....223

Sondeo 2 - Profundidad 2.55 – 3.00.....232

Sondeo 2 - Profundidad 3.00 – 3.45.....238

Gráficas de fuerza y velocidad de calibración Máquina Longyear 1 254

Profundidad 20.80 – 21.25.....254

Profundidad 21.50 – 21.95.....261

Profundidad 22.00 – 22.45.....269

Profundidad 22.50 – 22.95.....273

Profundidad 23.00 – 23.45.....278

Gráficas de fuerza y velocidad de calibración Máquina Longyear 2 282

Profundidad 1.50 – 1.95.....282

Profundidad 2.00 – 2.45.....285

Profundidad 2.50 – 3.00.....292

Profundidad 3.00 – 3.45.....299

Profundidad 3.55 – 4.00.....305

Gráficas de fuerza y velocidad de calibración Equipo Manual.....316

Profundidad 1.00 – 1.45.....316

Profundidad 1.50 – 2.00.....324

Profundidad 2.00 – 2.45.....334

Profundidad 2.55 – 3.00.....340

Profundidad 3.00 – 3.45.....347

Anexos Capítulo V 354

Longitudes de recuperación de muestras de calibración Máquina Acker 354

Longitudes de recuperación de muestras de calibración Máquina Longyear 1 356

Longitudes de recuperación de muestras de calibración de Máquina Longyear 2.....357

Longitudes de recuperación de muestras de calibración del Equipo Manual 358

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tubería de muestreo de Gow.....7

Figura 2. Equipo de Penetración de Mohr. Componentes del muestreador de cuchara partida. 8

Figura 3. Muestreador de Cuchara Partida. 11

Figura 4. Tipos de zapatas de corte.....12

Figura 5. Tipos de tuberías de perforación.....16

Figura 6. Gráfico esquemático de Martillo tipo Donut y Martillo de Seguridad.....17

Figura 7. Definiciones del número de vueltas del cabo y ángulo para (a) Rotación Antihoraria, y (b) Rotación Horaria del Malacate.....20

Figura 8. Ejemplo de Conservación de la Energía Mecánica. 24

Figura 9. Representación de las Energías Cinética y Potencial durante el SPT.....26

Figura 10. Transmisión de energía de una tubería uniforme. 28

Figura 11. Resumen de mediciones por el método EFV y EF2. 34

Figura 12. Ejemplo de buenas gráficas de Fuerza y Velocidad - Tiempo. 37

Figura 13. Disposición de los elementos que componen el equipo de medida de energía. 39

Figura 14. Acelerómetro piezorresistivo. 40

Figura 15. Distribución de datos de aceleración dentro del software.....42

Figura 16. Ubicación de los sondeos. 57

Figura 17. Ubicación del sondeo.....61

Figura 18. Ubicación del sondeo.....66

Figura 19. Ubicación del sondeo.....71

Figura 20. Corrección manual del desfase de tiempo entre las curvas de fuerza y velocidad. 73

Figura 21. Ejemplo de gráfica de Fuerza y Velocidad. Equipo Manual. Profundidad 2.55 – 3.00. Golpe 24. 75
Figura 22. Distribución de valores de ETR. 82
Figura 23. Distribución de valores de ETR. 88
Figura 24. Distribución de valores de ETR. 94
Figura 25. Distribución de valores de ETR. 100
Figura 26. Carta de plasticidad. 103
Figura 27. Curvas de distribución del tamaño de partículas (curvas granulométricas). ..108
Figura 28. Curvas $\boldsymbol{rd}$ vs. Profundidad, desarrolladas por Seed e Idriss. 118
Figura 29. Curva SPT de arena limpia para sismos de magnitud 7.5. 120
Figura 30. Ubicación del sondeo. 128
Figura 31. Gráfico Factor de seguridad versus Profundidad al 45% de energía. 131
Figura 32. Gráfico Factor de seguridad versus Profundidad al 70% de energía. 133
Figura 33. Gráfico Factor de seguridad versus Profundidad al 85% de energía. 135

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Componentes del sistema de impacto del muestreador. Esquema: Doménica Ocaña Ávila. 18

Imagen 2. Sistema General de Penetración. Sistema de Caída del Martillo “Cabo–Malacate”. Esquema: Doménica Ocaña Ávila. 21

Imagen 3. Equipo de medida de energía. 38

Imagen 4. Acelerómetros del equipo de medida de energía. 41

Imagen 5. Medidores de deformación del equipo de medida de energía. 41

Imagen 6. Máquina Acker ACE. 43

Imagen 7. Barrena helicoidal para proceso de perforación. 44

Imagen 8. Martillo de seguridad (Safety) 45

Imagen 9. Malacate del sistema 45

Imagen 10. Polea y cabo de máquina Acker. 45

Imagen 11. Máquina Longyear 2 46

Imagen 12. Panel de control del sistema de orugas. 47

Imagen 13. Panel de control de perforación. 47

Imagen 14. Martillo automático. 48

Imagen 15. Máquina Longyear 1 48

Imagen 16. Estructura del equipo manual. 49

Imagen 17. Malacate. 50

Imagen 18. Polea y cabo del sistema. 50

Imagen 19. Martillo Donut. 51

Imagen 20. Barrena Manual - Posteadora. 51

Imagen 21. Preparación del equipo. 52

Imagen 22. Avance de la perforación. 53

Imagen 23. Equipo de medición de energía instalado. Esquema: Doménica Ocaña Ávila. 54
Imagen 24. Marcación de tubería de perforación. 55
Imagen 25. Medición de la longitud de tubería (LT). 55
Imagen 26. Número de vueltas del cabo. 56
Imagen 27. Perforación con revestimiento. 58
Imagen 28. Instalación del equipo de medida de energía. Esquema: Doménica Ocaña Ávila. 59
Imagen 29. Marcación de los incrementos de 15 cm. 60
Imagen 30. Preparación del equipo. 62
Imagen 31. Avance de la perforación. 63
Imagen 32. Preparación del equipo de medida de energía. 63
Imagen 33. Equipo de medida de energía instalado. Esquema: Doménica Ocaña Ávila. .64
Imagen 34. Marcación de los incrementos de 15 cm. 65
Imagen 35. Preparación del equipo manual. 67
Imagen 36. Avance del sondeo (Barrenas manuales). 68
Imagen 37. Equipo de medición de energía instalado. Esquema: Doménica Ocaña Ávila. 69
Imagen 38. Marcación de los incrementos de 15 cm. 69
Imagen 39. Número de vueltas del cabo. 70
Imagen 40. Peso de muestra de suelo húmeda para contenido de humedad. 104
Imagen 41. Muestras de suelo para contenido de humedad. 105
Imagen 42. Muestras remojadas para granulometría. 106
Imagen 43. Conjunto de tamices para análisis por cribado. 107
Imagen 44. Elementos para ensayo de límite líquido. 109
Imagen 45. Ensayo de límite líquido, antes del ensayo y después del ensayo. 110
Imagen 46. Ensayo de límite plástico. 111

Imagen 47. Peso de la cápsula con muestra húmeda para límite plástico. 112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de Mohr - Terzaghi en base al NSPT. Peck et al. (1953). 10

Tabla 2. Tipos de Tuberías de Perforación. 15

Tabla 3. Valores promedio de relación de energía (ETR) utilizando los métodos EFV y EF2. 35

Tabla 4. Resultados de ensayo de penetración. 76

Tabla 5. Registro de información general del ensayo. 77

Tabla 6. Lista de chequeo de los elementos del equipo de perforación. 78

Tabla 7. Resultados de energía para todas las profundidades. 80

Tabla 8. Resultados de ensayo de penetración. 83

Tabla 9. Registro de información general del ensayo. 84

Tabla 10. Lista de chequeo de los elementos del equipo de perforación. 85

Tabla 11. Resultados de energía para todas las profundidades. 86

Tabla 12. Resultados de ensayo de penetración. 89

Tabla 13. Hoja de registro de información general del ensayo. 90

Tabla 14. Lista de chequeo de los elementos del equipo de perforación. 91

Tabla 15. Resultados de energía para todas las profundidades. 92

Tabla 16. Resultados de ensayo de penetración. 95

Tabla 17. Hoja de registro de información general del ensayo. 96

Tabla 18. Lista de chequeo de los elementos del equipo de perforación. 97

Tabla 19. Resultados de energía para todas las profundidades. 98

Tabla 20. Sistema Unificado de Clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos. 102

Tabla 21. Sistema Unificado de Clasificación; símbolos de grupo para suelos limosos y arcillosos 102

Tabla 22. Clasificación de muestras obtenidas de calibración máquina Acker - Sondeo 1. 113
Tabla 23. Clasificación de muestras obtenidas de calibración máquina Acker - Sondeo 2. 113
Tabla 24. Clasificación de muestras obtenidas de calibración máquina Longyear 1. 114
Tabla 25. Clasificación de muestras obtenidas de calibración máquina Longyear 2. 114
Tabla 26. Clasificación de muestras obtenidas de calibración Equipo Manual. 115
Tabla 27. Factores de corrección para SPT. 123
Tabla 28. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada. 129
Tabla 29. Parámetros para cálculo de potencial de licuefacción. 130
Tabla 30. Resultados de potencial de licuefacción al 45% de energía. 132
Tabla 31. Resultados de potencial de licuefacción al 70% de energía. 134
Tabla 32. Resultados de potencial de licuefacción al 85% de energía. 136
Tabla 33. Valores de relación de energía teóricos y reales de equipos de perforación analizados. 138
Tabla 34. Valores recomendados de ETR y $\boldsymbol{CE}$ para configuraciones del ensayo SPT..139
Tabla 35. Hoja modelo de registro de capacitación del personal. 141
Tabla 36. Hoja modelo de chequeo de equipos de perforación con sistema de martillo automático. 142
Tabla 37. Hoja modelo de chequeo de equipos de perforación con sistema de martillo manual. 143
Tabla 38. Hoja modelo de proceso de ensayo para equipos con sistemas automáticos. 144
Tabla 39. Hoja modelo de proceso de ensayo para equipos con sistemas de cabo malacate. 145
Tabla 40. Resultados de medición de energía. Profundidad 4.00 - 4.45. 150
Tabla 41. Resultados de medición de energía. Profundidad 4.50 - 5.00. 151

Tabla 42. Resultados de medición de energía. Profundidad 5.00 - 5.45. 152
Tabla 43. Resultados de medición de energía. Profundidad 5.55 - 6.00. 153
Tabla 44. Resultados de medición de energía. Profundidad 1.00 - 1.45. 154
Tabla 45. Resultados de medición de energía. Profundidad 1.50 - 2.00. 155
Tabla 46. Resultados de medición de energía. Profundidad 2.00 - 2.45. 156
Tabla 47. Resultados de medición de energía. Profundidad 2.50 - 3.00. 157
Tabla 48. Resultados de medición de energía. Profundidad 3.00 - 3.45. 158
Tabla 49. Resultados de medición de energía. Profundidad 20.80 - 21.25. 159
Tabla 50. Resultados de medición de energía. Profundidad 21.50 - 21.95. 160
Tabla 51. Resultados de medición de energía. Profundidad 22.00 - 22.45. 161
Tabla 52. Resultados de medición de energía. Profundidad 22.50 - 22.95. 162
Tabla 53. Resultados de medición de energía. Profundidad 23.00 - 23.45. 163
Tabla 54. Resultados de medición de energía. Profundidad 1.50 - 2.00. 164
Tabla 55. Resultados de medición de energía. Profundidad 2.00 - 2.45. 165
Tabla 56. Resultados de medición de energía. Profundidad 2.50 - 3.00. 166
Tabla 57. Resultados de medición de energía. Profundidad 3.00 - 3.50. 167
Tabla 58. Resultados de medición de energía. Profundidad 3.55 - 4.00. 168
Tabla 59. Resultados de medición de energía. Profundidad 1.00 - 1.45. 169
Tabla 60. Resultados de medición de energía. Profundidad 1.55 - 2.00. 170
Tabla 61. Resultados de medición de energía. Profundidad 2.00 - 2.50. 171
Tabla 62. Resultados de medición de energía. Profundidad 2.55 - 3.00. 172
Tabla 63. Resultados de medición de energía. Profundidad 3.00 - 3.45. 173

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Muestras obtenidas de calibración máquina Acker - Sondeo 1 354

Anexo 2. Muestras obtenidas de calibración máquina Acker - Sondeo 2 355

Anexo 3. Muestras obtenidas de calibración máquina Longyear 1.....356

Anexo 4. Muestras obtenidas de calibración máquina Longyear 2.....357

Anexo 5. Muestras obtenidas de calibración de Equipo Manual. 358

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación

A lo largo del tiempo, en el ámbito geotécnico se han implementado metodologías de ensayos in situ, que intentan acercarse a los principios teóricos; sin embargo, debido a las limitaciones propias de la implementación, sus procedimientos resultan ser calificados como empíricos. Algunas de las propiedades físicas y mecánicas obtenidas a través de ensayos en campo (empíricos), son empleadas en análisis geotécnicos como por ejemplo de la capacidad de carga de la cimentación de estructuras, o la determinación del potencial de licuefacción.

Este análisis supone que se lo puede determinar en base a varios parámetros que son obtenidos mediante ensayos, prácticas y guías normalizadas, para elaborar un estudio geotécnico que esté conforme con la normativa pertinente, proporcionando información que sea confiable para utilizarlo en cualquier proyecto de obra civil.

Como es de conocimiento general, uno de los ensayos más reconocidos y utilizados a nivel mundial, (aproximadamente a partir de la década de los setentas en el Ecuador), es el Ensayo de Penetración Estándar (SPT), que consiste en el hincado de una sonda normalizada (cuchara partida) en el fondo de un sondeo, por medio del impacto de una energía estandarizada la cual es producida por un martillo de 63.5 kg que cae desde una altura de 76.2 cm, permitiendo la penetración y el muestreo.

Este método de ensayo, el cual por tradición ha sido aplicado en cualquier tipo de suelo y utilizado con mayor confiabilidad en suelos granulares, tiene la facilidad de correlacionarlo con otras variables geotécnicas, obteniendo resultados para diseños conservadores según J. Bowles. Este ensayo define una propiedad que es la compacidad de los suelos, la misma

que puede ser expresada por medio del concepto de densidad relativa; esta propiedad está directamente relacionada con la resistencia del depósito del material, por lo que es factible correlacionarla a parámetros geomecánicos, y por lo tanto a la capacidad portante.

Uno de los inconvenientes que presenta la ejecución de este ensayo, es que la transferencia de energía que se entrega durante el proceso suele ser incierta y no corresponde al 100%, debido a factores como el peso del martillo, altura de caída, rendimiento del operador, entre otros. Por lo tanto, este resultado tendrá variaciones y se lo deberá cuantificar y corregir por medio de factores que den trazabilidad respecto a una energía teórica, aplicando correlaciones que apliquen factores de energía y proporcionen un resultado normalizado.

Actualmente en el Ecuador han ocurrido sucesos catastróficos como fue el terremoto del pasado 16 de abril de 2016, y a raíz de este suceso se ha incrementado la frecuencia de los movimientos telúricos; siendo la zona costera una de las más afectadas. En este último fuerte evento, se verificó la presencia del fenómeno conocido como “Licuefacción”; situación que obliga a revisar las metodologías que posibilitan su estimación. Una de éstas, con grandes limitaciones, utiliza la compacidad de los depósitos a través del ensayo de penetración estándar (SPT), en el cual el nivel de energía tiene un rol muy importante. Por lo que se pretende analizar a la licuefacción como un fenómeno originado por la excitación sísmica de depósitos de suelo saturados, siendo el SPT uno de los ensayos que permite la estimación de este fenómeno, donde el nivel de energía tiene un rol muy importante.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Implementar la metodología de medida y calibración de la energía de penetración dinámica en varios equipos que ejecutan el ensayo SPT según la normativa ASTM D4633, y aplicar en un caso específico de análisis de potencial de licuefacción en suelos granulares.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Implementar el método de calibración de energía emitida por un equipo de penetración dinámica (SPT), según las normativas ASTM D4366 y ASTM D1586; mediante procesos operativos que permitan precisar la transferencia real de la misma.

- Estimar la influencia de la variación de energía del Ensayo de Penetración Estándar en la metodología del cálculo del potencial de licuefacción (Método de Youd e Idriss) en suelos granulares en un sector específico de Portoviejo, siguiendo los delineamientos de la norma ASTM 6066.

1.3. Hipótesis

La transferencia de energía durante un Ensayo de Penetración Estándar depende de múltiples variables tales como: la altura de caída, la masa del martillo, y los tipos de equipos (manuales o automáticos), pudiendo entonces, provocar energías distintas; variables dentro de un mismo proceso; se debe, por tanto, verificar la energía teórica que entrega un proceso, constatando que sea constante y a su vez controlable.

El desconocimiento de la energía que realmente entrega un equipo o su estandarización en la ejecución del ensayo del SPT, puede generar deficiencias en la determinación del potencial de licuefacción cuando se emplea este método, ya que la estimación de este fenómeno tiene una relación directa con la energía normalizada que debería ser entregada o calibrada en el ensayo.

1.4. Metodología

Para la ejecución de esta investigación, se tomará como referencia la información obtenida de publicaciones que han sido elaborados por expertos en el tema; los cuales serán de ayuda para conocer los aspectos históricos relacionados con la medida de energía; además, se obtendrá información de la normativa ASTM vigente, que proporciona orientaciones para la realización de los cálculos pertinentes que se requieran.

Se verificarán tres equipos de distinta composición: equipo Longyear hidráulico automático, máquina Acker hidráulica con sistema manual cabo – malacate, y equipo manual con sistema manual cabo – malacate. Con la ayuda de catálogos y fotografías, se podrá realizar la descripción de los equipos utilizados en campo para su respectiva calibración.

Durante los procedimientos de calibración, se requerirá de hojas de datos, que serán desarrolladas, para registrar la información obtenida en los ensayos de campo de forma manual. Se crearán también, tablas independientes para cada proceso; es decir, para cada equipo, y que contengan todos los campos necesarios para tabular los datos que se reporten de los procesos de ensayo.

Los ensayos en campo a realizar para la calibración de los equipos de perforación, se los llevará cabo con ayuda de personal que cuente con la experiencia necesaria para realizar

este trabajo técnicamente; y se los ejecutarán en zonas donde se tenga un material apropiado para que las mediciones a realizarse resulten confiables.

Estos procesos de calibración se realizarán en base a las normativas ASTM D1586 “Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split - Barrel Sampling of Soils y ASTM D4633 “Standard Test Method for Energy Measurement for Dynamic Penetrometers”, constatando que se cumpla con todos los requerimientos que en ellas se exponen.

La verificación del potencial de licuefacción será analizada en la provincia de Manabí, en un sector específico de la ciudad de Portoviejo; para la determinación de este fenómeno, el valor N deber ser ajustado al 60% de la energía entregada por el martillo durante la penetración, pudiendo generarse errores en los resultados al estar fuera del rango de energía. El cálculo de la estimación del potencial de licuefacción se lo realizará mediante el método de Youd e Idriss basado en los parámetros de CSR Y CRR, que serán analizados en el capítulo VI de este documento.

CAPÍTULO II: PROCESO HISTÓRICO EN EL DESARROLLO DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

2.1. Desarrollo del Ensayo de Penetración Estándar

Origen del Ensayo de Penetración Estándar

El Ensayo de Penetración Estándar es un antiguo ensayo, que ha ido evolucionando con el paso de los años; este procedimiento ha sido utilizado y se lo sigue aplicando actualmente para investigaciones geotécnicas de todo tipo.

Su historia se remonta al año 1902, donde el coronel Charles R. Gow realizó algunas perforaciones exploratorias con la ayuda de un muestreador de 1 pulgada de diámetro, el cual era impactado por un martillo de 110 lb con una serie de golpes repetitivos; este procedimiento se llevó a cabo con el propósito de estimar el costo de la excavación manual para caissons de campana, dando así, origen al procedimiento dinámico de introducir tuberías de muestreo en el suelo (Rogers, 2006).

Las perforaciones por lavado con cuchillas de corte eran el método más utilizado en aquel tiempo, pero estos cortadores eran muy limitados y no se podía diferenciar el cambio en sus capas a medida que la perforación avanzaba; es por esto, que en este año (1902), Gow dio inicio a la toma de muestras secas mediante un muestreador con punta cortadora para hallar el cambio en las capas del suelo y realizarlo cada vez que se localizara alguno de estos cambios (Osorio, 2012).

En la Figura 1 se puede apreciar la forma del muestreador de Gow, y las partes de las que estaba constituido; esta tubería de muestreo, tenía un diámetro de 1 pulgada como se mencionó anteriormente, con aberturas para ventilación y biselado cónico, y además contaba con una longitud entre 12 a 18 pulgadas, por la cual circulaba agua para el lavado y extracción del suelo de la perforación, para quitar cualquier exceso o contaminación que se encontrara dentro (Osorio, 2012).

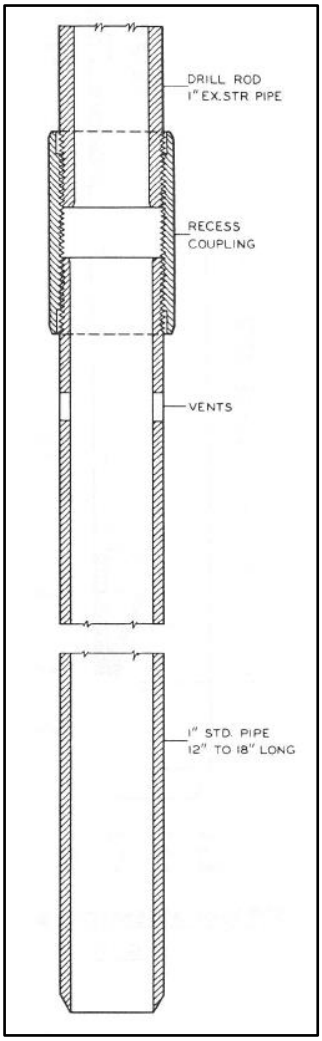


Figura 1. Tubería de muestreo de Gow.[1]

Charles R. Gow fue el propietario y fundador de la compañía Gow Construction en Boston, pero en el año 1922 vendió su empresa a Raymond Concrete Pile Co. (RCPC); la cual continuó empleando su dispositivo, siendo este manipulado por tres perforadores que al final de la década de 1920, ejecutaron la toma de muestras en Boston, Nueva York y Filadelfia bajo la dirección de Harry Mohr, Linton Hart y Gordon Fletcher respectivamente. Este muestreador de "Cuchara Partida" fue dado a conocer en 1927, y fabricado con un diámetro exterior de 2 pulgadas; dimensión con la que actualmente se lo conoce (Rogers, 2006).

[1] Rogers, J. D. (2006). Subsurface Exploration Using the Standard Penetration Test and the Cone Penetrometer Test. Environmental & Engineering Geoscience, XII(2), 161–179.

El ingeniero Harry Mohr realizó la medición de valores numéricos de la fuerza motriz de su equipo de perforación, dando como valor un peso promedio de 140 lb (63.5 kg), con una altura de caída promedio de 30 pulgadas (76.2 cm); registrando el número de golpes requeridos para conducir el muestreador 12 pulgadas (30 cm). (Rogers, 2006, pág. 161)

Basándose en los procedimientos de perforación e investigaciones realizadas por sus compañeros L. Hart y G. Fletcher; en 1930, Harry Mohr, empezó a establecer el método de penetración, con los valores promedios de peso y altura de caída con los que se habían realizado las pruebas, siendo en 1937 estandarizado, y posteriormente publicado como su documento de grado en la Universidad de Harvard en 1940 (Osorio, 2012).

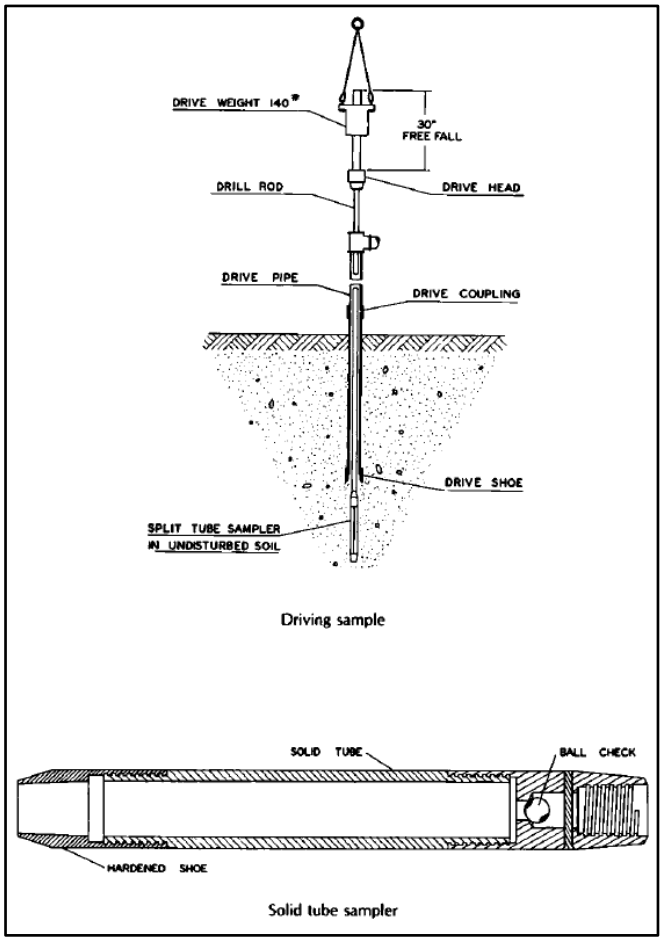


Figura 2. Equipo de Penetración de Mohr. Componentes del muestreador de cuchara partida.[2]

[2] Rogers, J. D. (2004). Notes on Standard Penetration Test. GE 441 Advanced Engineering Geology & Geotechnics.

En la publicación de Mohr titulada “Exploration of Soil Conditions and Sampling Operations”, se encuentra estipulado el procedimiento de penetración con el que se realizaron los ensayos investigativos estableciendo que durante la ejecución del Ensayo de Penetración se debe registrar el número de golpes necesarios para introducir la “Cuchara Partida” en el suelo, tomando en cuenta que la primera sesión de golpes no es registrada ya que se considera como una fase de asentamiento. La combinación de la segunda y tercera ronda de golpes con las que el muestreador avanza 12 pulgadas es el valor que debe ser registrado como el número de golpes del SPT, o también denominado “Valor N”.

Este valor es considerado como la Resistencia de Penetración del Suelo ante la caída de un martillo de 140 lb a una altura de 30 pulgadas, sobre un muestreador de 2 pulgadas de diámetro externo, que proporciona una recuperación de muestra alterada de 1-3/8 de pulgadas de diámetro aproximadamente. En la Figura 2 (Inferior) se presenta el muestreador de cuchara partida, además de los mejoramientos que se realizaron en este, como la implementación de una esfera de chequeo que evita la pérdida de muestra mientras se lleva a cabo la penetración (Osorio, 2012).

En los años consecuentes, se fabricaron algunas tuberías de muestreo con mayor longitud y diámetro que recuperaban muestras de mayor tamaño que las que se obtenía con el muestreador antes mencionado, y fue así como se creó el tubo tipo Shelby como también el Proctor y Raymond. Pero Terzaghi prefirió continuar con el uso de la cuchara partida estándar de 2 pulgadas, ya que Harry Mohr había recolectado información sobre datos de penetración por más de 30 años en Boston, y además la compañía Raymond continuó utilizando este método estandarizado alrededor de los Estados Unidos.

Terzaghi, juntamente con Arthur Casagrande, patrocinaron la adopción del procedimiento de muestreo de la “Cuchara Partida” mediante el auspicio del Comité de Muestreo y Ensayos de la División de Mecánica de Suelos y Cimentaciones del ASCE, que fue fundada en 1938. Este trabajo se llevó a cabo en la Universidad de Harvard por Juul Hvorslev, con

su trabajo de titulación “The Present Status of the Art of Obtaining Undisturbed Samples of Soils”, y así los procedimientos de muestreo subsuperficial fueron relativamente estandarizados en 1940. (Rogers, 2006, pág. 163)

Según Terzaghi, el número de golpes que se obtenía del procedimiento de penetración proporcionaba información en campo de gran importancia que podía ser correlacionada con las propiedades mecánicas del suelo; es por esto que, junto con Harry Mohr crearon correlaciones entre el número de golpes (Resistencia a la Penetración) y algunas propiedades como la densidad relativa, consistencia, e incluso la capacidad de carga admisible en arcillas y arenas. Estas correlaciones fueron dadas a conocer en 1948 y posteriormente en 1953 se presentaron otras referentes al número de golpes y la consistencia para limos y arcillas, y también para la densidad relativa en arenas como se muestra en la Tabla 1 a continuación.

Densidad Relativa		**Consistencia**		
Arenas y Gravas	**Golpes/Pie (NSPT)**	**Limos y Arcillas**	**Resistencia (tsf)**	**Golpes/Pie (NSPT)**
Muy suelta	0 - 4	Muy suave	0 - 1/4	0 - 2
Suelta	4 - 10	Suave	1/4 - 1/2	2 - 4
Mediana	10 - 30	Firme	1/2 - 1	4 - 8
Densa	30 - 50	Rígida	1 - 2	8 - 16
Muy densa	Más de 50	Muy rígida	2 - 4	16 - 32
		Dura	Más de 4	Más de 32

Tabla 1. Clasificación de Mohr - Terzaghi en base al NSPT. Peck et al. (1953).[3]

La aparición de correlaciones y la estandarización del procedimiento de penetración se convirtieron prontamente en un “Método de Clasificación” de suelos que fue utilizado a nivel nacional en los Estados Unidos. Durante una conferencia en la Universidad de Texas, Terzaghi dio el nombre de “Standard Penetration Test (SPT)” con su traducción al español “Ensayo de Penetración Estándar” al procedimiento de penetración de cuchara partida, el cual fue adoptado por la ASCE y el Cuerpo de Ingenieros; para el año 1950 Sprague y

[3] Rogers, J. D. (2006). Subsurface Exploration Using the Standard Penetration Test and the Cone Penetrometer Test. Environmental & Engineering Geoscience, XII(2), 161–179.

Henwood comenzaron a producir una nueva versión del muestreador de Gow – Raymond con las dimensiones que actualmente se lo conoce.

En 1958, este procedimiento fue adoptado por la ASTM como un Método de Ensayo Estándar D1586. La Figura 3, muestra las partes y dimensiones del muestreador; las cuales corresponden a las medidas estandarizadas que se encuentra en la versión actual de la normativa del año 2018.

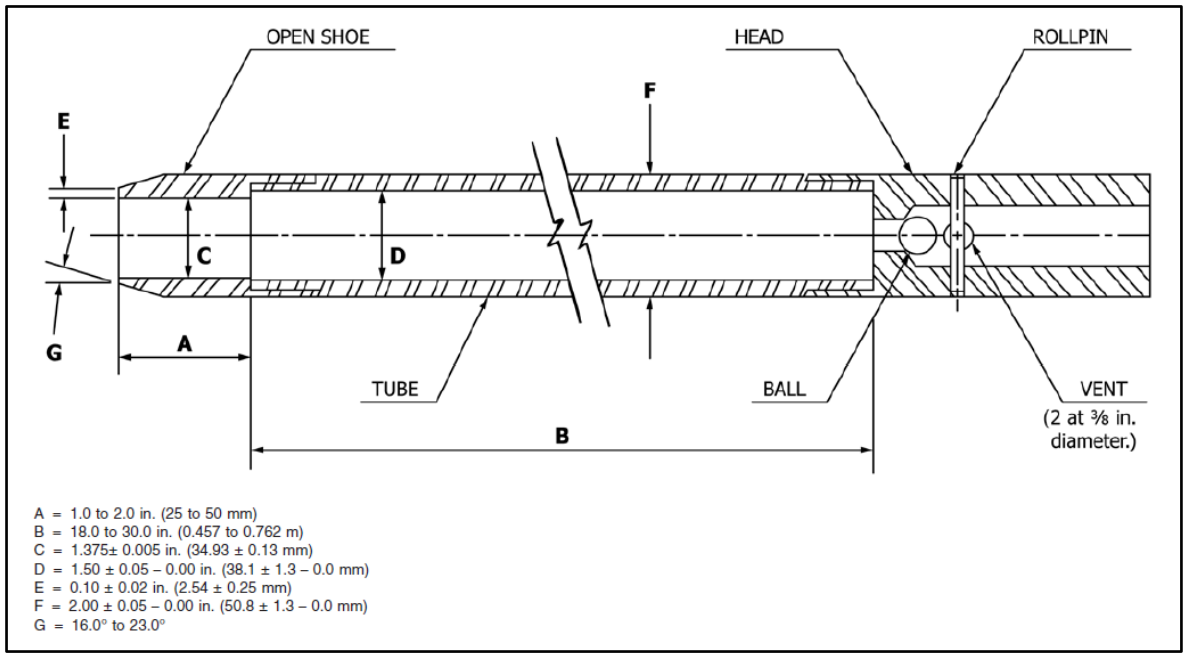


Figura 3. Muestreador de Cuchara Partida.[4]

El estándar ASTM D1586 ha sido empleado desde entonces como una normativa a nivel mundial, con algunas diferencias en las dimensiones ya estandarizadas. Los muestreadores de impacto usualmente emplean tres tipos de zapatas de corte las cuales pueden tener una punta afilada, o punta achatada como se muestra en la Figura 4; estas se diferencian en el ángulo que corresponde a la medida “G” de la Figura 3.

[4] ASTM International. (1 de Noviembre de 2011). Designation: D1586-11. Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils. West Conshohocken, Pensilvania, United States.



Figura 4. Tipos de zapatas de corte.[5]

Durante las investigaciones y perforaciones realizadas a lo largo de todos los años de desarrollo del procedimiento de muestreo SPT, algunos inconvenientes fueron notados, los cuales interfieren en los resultados que se obtienen a partir del Valor N. Principalmente, se había llegado a la conclusión que este procedimiento es más confiable cuando se lo lleva a cabo en suelos granulares, ya que en limos y arcillas la resistencia podía variar debido a que son suelos naturalmente húmedos. Estos suelos, al ser materiales con un variable contenido de agua, pueden adquirir más humedad y no llegar a la rigidez que se predijo con la ejecución del SPT (Rogers, 2006).

Otro problema que se encontró en este procedimiento fue debido a que las partículas de suelo eran de un tamaño mayor al del diámetro de la zapata del muestreador; en estos suelos granulares de gran magnitud como las gravas y rocas, el número de golpes que se registraba era muy elevado y podía ser malinterpretado como un rechazo de la perforación, o el encuentro de un lecho de roca (Rogers, 2006).

[5] Rogers, J. D. (2006). Subsurface Exploration Using the Standard Penetration Test and the Cone Penetrometer Test. Environmental & Engineering Geoscience, XII(2), 161–179.

2.2. Ensayo de Penetración Estándar - SPT (ASTM D1586)

El procedimiento de muestreo de cuchara partida fue estandarizado por la ASTM (American Society of Testing Materials), en 1958 como la Designación D1586, con el nombre “Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils”, con algunas actualizaciones hasta el momento, siendo la versión más reciente la del año 2018.

El objetivo del ensayo de penetración estándar es la determinación de la resistencia del suelo a la penetración de un muestreador normalizado (Valor N); obteniendo muestras alteradas, las cuales son utilizadas para fines de clasificación. La normativa expone varios parámetros como método de ensayo, descripción de los equipos, registro de información, etc.; dentro de los cuales, se exponen a continuación los más influyentes dentro de la investigación.

En el punto anterior se expuso que el procedimiento de muestreo del SPT conlleva algunos inconvenientes debido al tamaño de partículas del suelo como también la confiabilidad de los resultados, dependiendo del tipo de suelo en el que se lleve a cabo el ensayo; en la normativa ASTM D1586 la limitación que existe se refiere específicamente al tamaño de las partículas, el cual debe ser aproximadamente la mitad del diámetro del muestreador. Este tamaño de partícula deberá ser entonces menor que 255 mm, que corresponde a la mitad del diámetro de la cuchara partida de 2 pulgadas.

2.2.1. Elementos que conforman el sistema de penetración

2.2.1.1. Métodos de Perforación

Según la normativa, el equipo de perforación escogido debe producir una perforación adecuada antes de incorporar el muestreador en el pozo, y garantizar que el ensayo de penetración se realice en un suelo intacto. Los siguientes métodos son recomendados por la normativa para avanzar un pozo:

- Método de perforación rotatorio de agujero abierto
- Método de perforación helicoidal continuo de vástago hueco
- Método de perforación por lavado
- Método de perforación helicoidal continuo de vástago sólido. (ASTM International, 2011)

A nivel mundial, existe una gran variedad de equipos con tecnología particular, desarrollada por cada empresa que los produce, tanto para llevar a cabo la perforación, como también para el proceso de penetración. Se conoce en el medio, empresas como la Boart Longyear, Acker Drill Company, y en los últimos años un incremento considerable de equipos procesados, ajustados en mecánicas del país. Para la ejecución de los ensayos pertinentes a esta investigación, se utilizarán tres tipos de equipos de perforación que serán descritos en el Capítulo V de este documento.

2.2.1.2. Tipos de Tuberías de Perforación

En el mercado se comercializan varios tipos de tuberías de perforación en diferentes diámetros y longitudes; estas longitudes pueden ir hasta los tres metros de largo incluyendo el acople. En la ejecución del SPT las tuberías más utilizadas y recomendadas por la normativa ASTM D4366 son las de tipo AW, o BW; los diámetros y áreas correspondientes a estas tuberías se muestran en la Tabla 2.

Tubería de Perforación	Área		Diámetro Externo		Diámetro Interno			
					Pared Paralela		Pared Alterada	
	pulg²	cm²	pulg	cm	pulg	cm	pulg	cm
E	0,834	5,381	1,313	3,334	0,813	2,064	-	-
A	0,847	5,465	1,625	4,128	1,125	2,858	-	-
B	1,301	8,394	1,906	4,842	-	-	1,406	3,572
N	1,289	8,316	2,375	6,033	-	-	2	5,08
EW	0,795	5,129	1,375	3,493	0,938	2,381	-	-
AW	1,178	7,600	1,75	4,445	1,25	3,175	1,438	3,651
BW	1,141	7,361	2,125	5,398	1,375	3,493	1,75	4,445
NW	1,212	7,819	2,625	6,668	2	5,080	2,313	5,874

Tabla 2. Tipos de Tuberías de Perforación.[6]

Los tamaños de las tuberías con doble letra de símbolo “W” representan espesores de pared más gruesos que los de símbolo simple (Kovacs, Salomone, & Yokel, 1983).

Los espesores de estas tuberías pueden ser de pared paralela o de pared alterada; las tuberías de pared paralela tienen un área transversal constante a través de toda su longitud, con excepción del acople (Figura 5 – Parte Inferior), mientras que las tuberías de pared alterada tienen un espesor de pared reducido en el interior de la tubería, justo después de los pasadores, como se muestra en la Figura 5 – Parte Superior. (Kovacs, Salomone, & Yokel, 1983, pág. 16)

[6] Kovacs, W. D., Salomone, L. A., & Yokel, F. Y. (1983). Comparison of Energy Measurements in the Standard Penetration Test Using the Cathead and Rope Method. National Bureau of Standards Report to the US Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C.

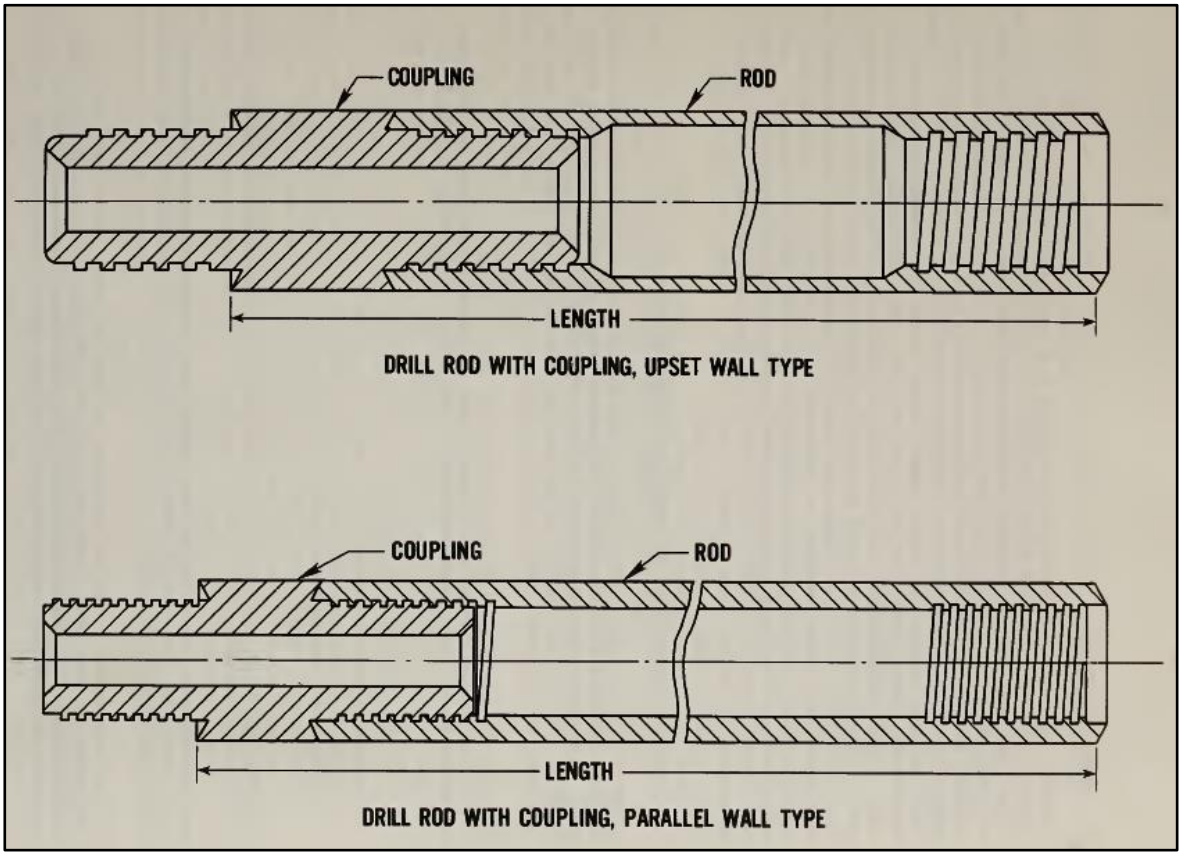


Figura 5. Tipos de tuberías de perforación.[7]

Estas tuberías forman parte del sistema de penetración las cuales van conectadas a la cuchara partida en el fondo, y por encima a la cabeza de golpe y al martillo. Las tuberías más utilizadas en este ensayo son las del tipo AW en el laboratorio de la PUCE.

2.2.1.3. Tipos de Martillos

La normativa ASTM D1586 describe dos tipos de martillos para el avance del muestreador en el suelo; ambos consisten en un sistema de martillo – cabeza de golpe como se indica en la Figura 6. El martillo tipo 1 “Donut” (lado izquierdo), es el sistema más comúnmente utilizado y es llamado así por su estructura cilíndrica parecida a la forma de una “dona” con

[7] Kovacs, W. D., Salomone, L. A., & Yokel, F. Y. (1983). Comparison of Energy Measurements in the Standard Penetration Test Using the Cathead and Rope Method. National Bureau of Standards Report to the US Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C.

un hoyo en el medio por el cual pasa una tubería guía; el martillo cae sobre la “cabeza de golpe” y seguidamente golpea a las tuberías de perforación, produciendo el muestreo. Este martillo debe tener un peso estándar de 63.5 ± 0.5 kg (140 ± 2 lb).

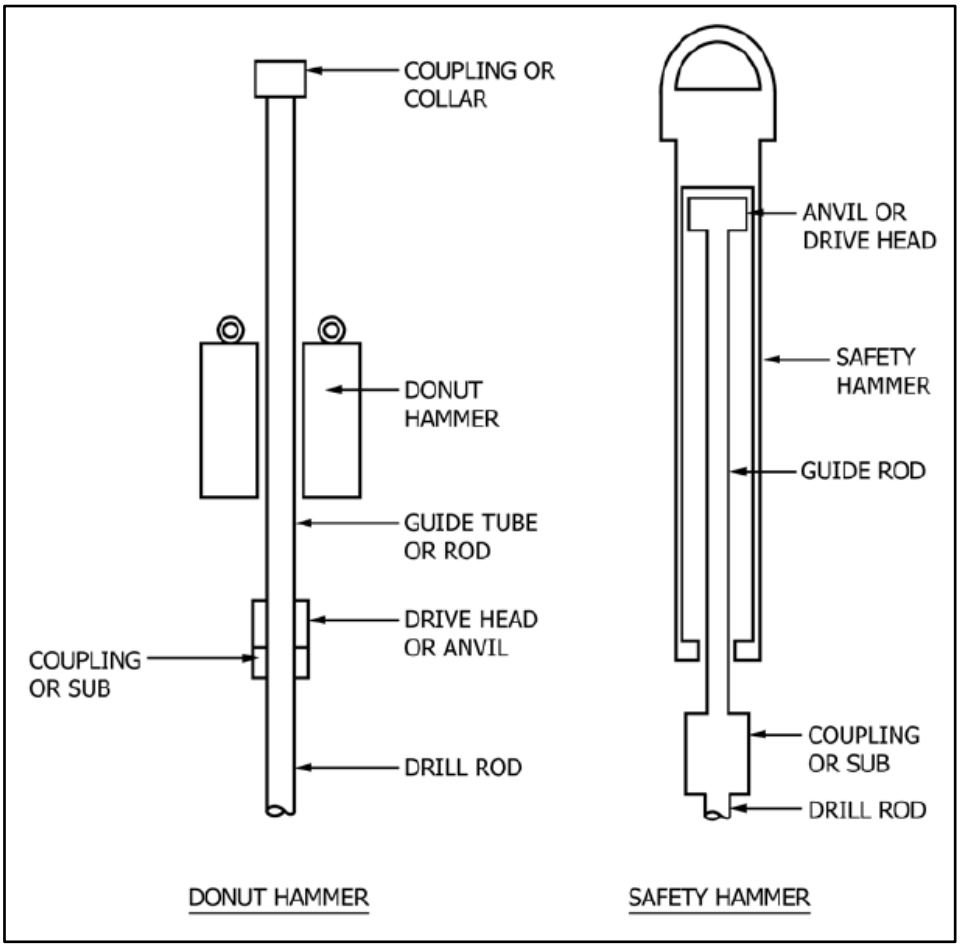


Figura 6. Gráfico esquemático de Martillo tipo Donut y Martillo de Seguridad.[8]

El martillo tipo 2 “Martillo de Seguridad” (lado derecho), es un sistema cerrado parecido al mecanismo del martillo tipo Donut, con una tubería guía y cabeza de golpe interna que golpea a un acople y posteriormente a las tuberías de perforación. Este sistema es el más recomendado debido a razones de seguridad.

[8] ASTM International. (1 de Noviembre de 2011). Designation: D1586-11. Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils. West Conshohocken, Pensilvania, United States.

La imagen 1 fue tomada en campo y muestra los elementos que conforman el “Sistema de Impacto del Muestreador” mediante el martillo tipo Donut; el sistema consta de un acople, tubería guía, martillo, cabeza de golpe, y tubería de perforación; tal como se presenta en el gráfico esquemático de la Figura 6. La tubería de perforación está conectada a la cuchara partida que se encuentra dentro del suelo, después de haberse producido el muestreo. Esta muestra obtenida es calificada como una “muestra de suelo alterada” apta únicamente para fines de clasificación e identificación, como se manifiesta en la norma ASTM D1586.

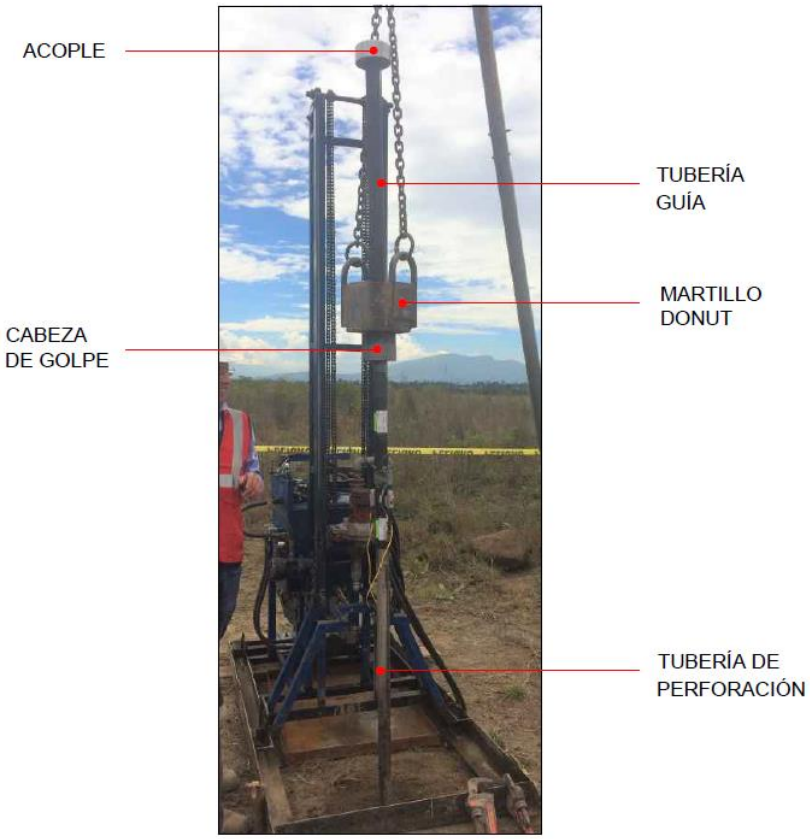


Imagen 1. Componentes del sistema de impacto del muestreador. Esquema: Doménica Ocaña Ávila.

2.2.1.4. Sistema de elevación y caída del martillo

La Designación D1586 presenta dos métodos de caída del martillo, los cuales pueden ser utilizados asegurándose que cuando el aparato de elevación se vuelva a levantar, este no cause una penetración de la muestra mientras se enganche y levante el martillo nuevamente (ASTM International, 2011).

Método A

En este método, se pueden utilizar sistemas de elevación de martillos automáticos, los cuales deben caer a una altura de 76 ± 3 cm (30 ± 1 pulg.). Esta altura de caída debe ser ajustada debido a que el método es muy variable durante su desempeño.

Método B

El método cabo - malacate es un procedimiento manual que consiste en tirar de un cabo de manila que se encuentra unido al martillo, siguiendo el proceso de enrollar el cabo en el malacate, y dejarlo caer a la altura de caída especificada de 76.2 cm; es decir que este método depende predominantemente de la habilidad de la persona que lo desarrolle.

Uno de los parámetros a cumplir de este método es el número de vueltas que el cabo en el malacate debe dar para producir el impacto del martillo a la altura deseada. Este número de vueltas se simboliza en la Figura 7, donde el punto a) representa la orientación antihoraria del enrollado del cabo, con un número de vueltas de 1 ¾ cuando el cabo sale de la parte superior del malacate; y el punto b) representa la rotación horaria con un número de vueltas de 2 ¼ cuando el cabo sale de la parte inferior del malacate (ASTM International, 2011).

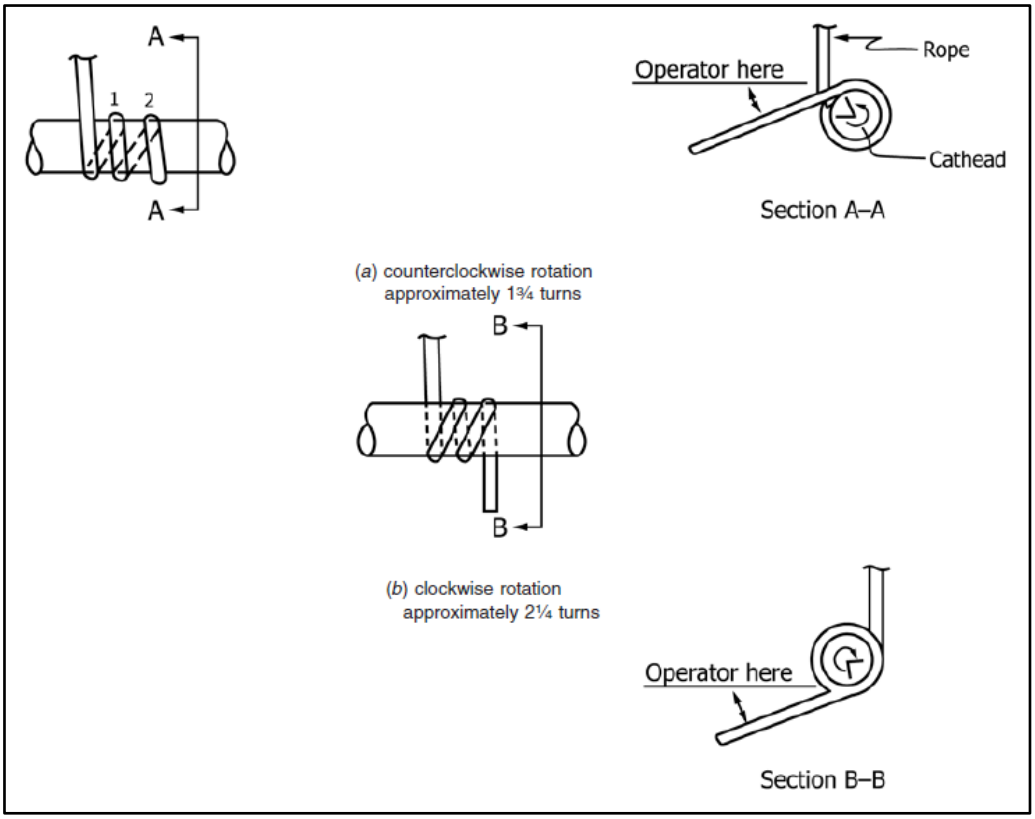


Figura 7. Definiciones del número de vueltas del cabo y ángulo para (a) Rotación Antihoraria, y (b) Rotación Horaria del Malacate.[9]

El cabo debe estar limpio, seco y libre de grasa, y debe ser reemplazado cuando se deshilache, se queme o presente algún daño (ASTM International, 2011). La polea por la que pasa el cabo no debe estar grasosa y permitir su libre deslizamiento durante el proceso de impacto del martillo.

La fotografía de la Imagen 2 muestra el sistema cabo-malacate con el que se produce la elevación y caída del martillo; el cabo se encuentra conectado al malacate y al martillo deslizándose por la polea ubicada en la parte superior de la torre de perforación, produciendo así la penetración y el muestreo. Se muestra también el modelo completo para

[9] ASTM International. (1 de Noviembre de 2011). Designation: D1586-11. Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils. West Conshohocken, Pensilvania, United States.

la ejecución del ensayo, incluyendo el sistema de impacto del martillo, como también el equipo de perforación con el que se avanzó el pozo.

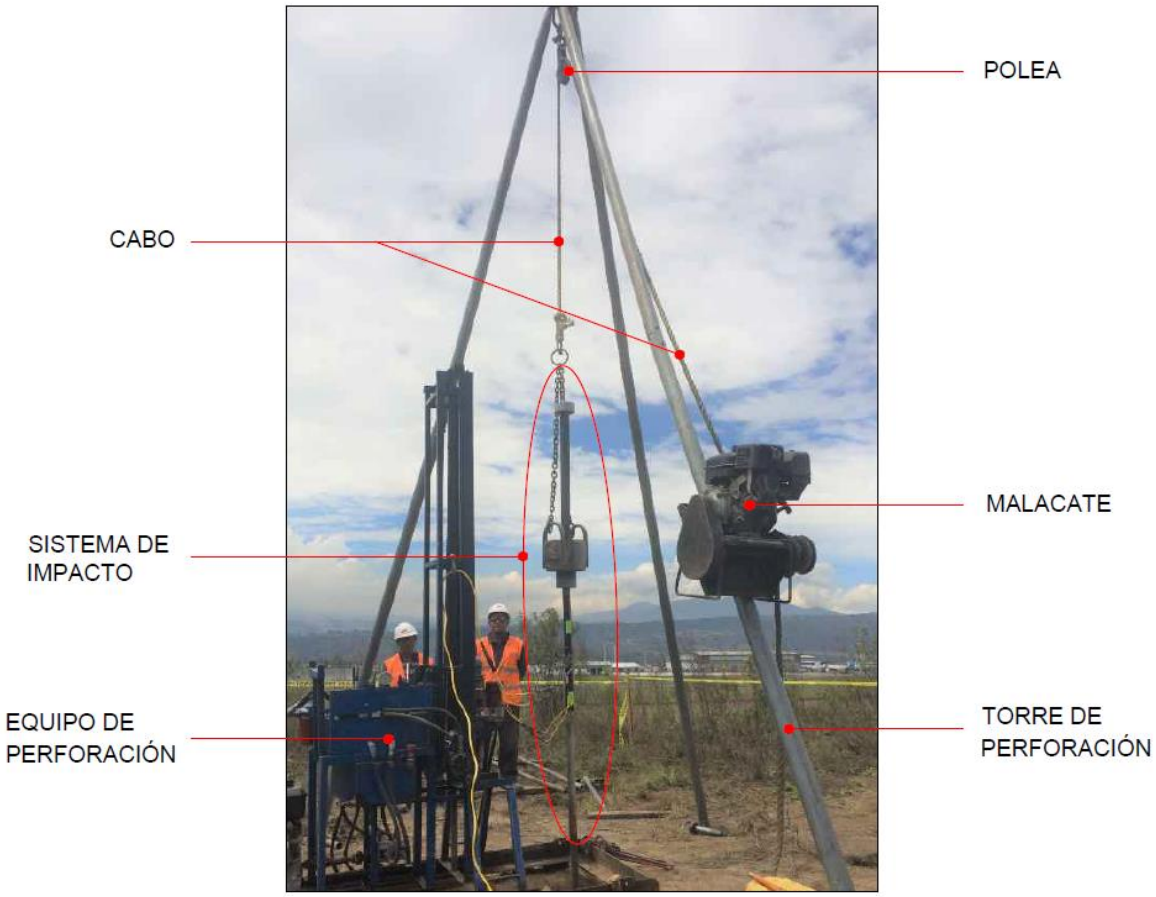


Imagen 2. Sistema General de Penetración. Sistema de Caída del Martillo "Cabo–Malacate". Esquema: Doménica Ocaña Ávila.

CAPÍTULO III: INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA MECÁNICA Y SU ROL EN LA MEDIDA DE ENERGÍA DEL SPT

3.1. Análisis de Energías

El universo está compuesto por materia, y cada partícula que este posee por más minúscula que sea disipa energía la cual puede presentarse en varias formas como son: la electricidad, calor, luz solar, viento, etc., haciendo que el concepto de energía sea muy amplio; pero la definición que se pretende analizar en este capítulo corresponde al concepto físico que engloba a la energía mecánica.

Se considera como “Energía” a la capacidad que tiene un cuerpo para producir un trabajo; es decir, que este sea capaz de provocar una fuerza sobre otro cuerpo para crear un trabajo sobre él. Esta energía está relacionada directamente con la masa de los objetos (cuerpos), por lo que se puede decir que todo objeto que tiene masa tiene energía, ya sea que esta se encuentre en reposo (E=0) o en movimiento (E≠0) (Tippens, 2007).

La energía mecánica se clasifica en dos tipos de energía que son: la energía cinética y la energía potencial.

3.1.1. Energía Cinética

Se define a la energía cinética como la capacidad de un cuerpo para producir trabajo en función de su movimiento (velocidad), la cual se define con la siguiente expresión:

$$E_c = \frac{1}{2} m V^2 \qquad (1)$$

Dónde:

m: es la masa del cuerpo, y,

V: es la velocidad con la que el cuerpo se moviliza.

De la expresión (1), la energía cinética es directamente proporcional a la masa del cuerpo y a la velocidad al cuadrado con la que se moviliza, es decir, no depende de la dirección en la que el cuerpo se esté moviendo (Vallejo & Zambrano, 2011).

3.1.2. Energía Potencial

La energía potencial es la capacidad de un cuerpo para producir trabajo en función de su posición (altura), y esta se define con la siguiente ecuación.

$$E_p = mgh \qquad (2)$$

Dónde:

g: es la aceleración de la gravedad,

h: es la altura a la que se encuentra el cuerpo en análisis, y,

m: es la masa del cuerpo.

En el análisis de la energía potencial, el signo depende de la elección del nivel de referencia. Si el cuerpo se encuentra sobre el nivel de referencia, la energía potencial es positiva. Si el cuerpo se encuentra bajo el nivel de referencia, la energía potencial es negativa. (Vallejo & Zambrano, 2011, pág. 70)

3.1.3. Conservación de la Energía

"La energía no se crea, ni se destruye, solo se transforma"

La idea que enuncia este principio es que la "Energía" que tiene un cuerpo puede transformarse de una forma a otra, siendo la energía total del sistema la sumatoria de todas las energías que este posee, la cual permanecerá constante durante cualquier proceso.

Las diferentes formas de energía que tiene un cuerpo pueden cambiar durante el proceso, pero la cantidad total de energía del sistema permanece constante (Vallejo & Zambrano, 2011).

La conservación de la energía mecánica es la sumatoria de la energía cinética y potencial, siendo el ejemplo más común, el mecanismo de funcionamiento de una montaña rusa, como se muestra en la Figura 8.

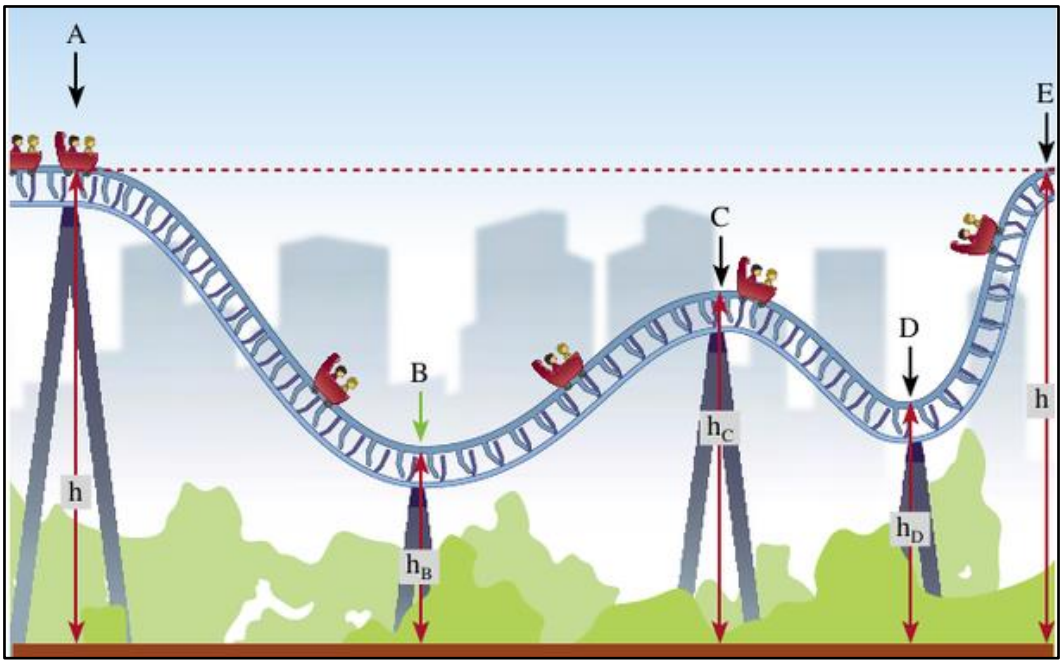


Figura 8. Ejemplo de Conservación de la Energía Mecánica.[10]

En el punto A, la energía cinética es nula, ya que el carrito se encuentra en reposo, sin embargo, sí existe energía potencial al tener una altura “h”. Seguidamente, el carrito continúa su recorrido en el punto B, C y D llegando con una velocidad “V”, por lo cual se tiene la presencia de energía cinética como también potencial, al tener las alturas “hB”, “hC”, y “hD”.

[10] Valenzuela, D. (s.f.). Fisic Education. Obtenido de Fisic Education: https://www.fisic.ch/contenidos/energ%C3%ADa-mec%C3%A1nica-y-trabajo/conservaci%C3%B3n-de-la-energ%C3%ADa-mec%C3%A1nica/

Al punto E, el carrito llega con energía cinética y energía potencial, teniendo este punto las mismas condiciones que el punto A, es decir, la energía fue transformándose de un punto a otro, pero la energía total del sistema es la que permanece constante durante el proceso, cumpliéndose el Principio de Conservación de la Energía. Esto se considera que sucede en un sistema teórico libre de pérdidas de energía, las cuales se pueden dar por la fricción de las ruedas sobre la superficie de deslizamiento del carrito, la fricción del viento, entre otros factores.

3.1.4. Energía Potencial y Cinética en el Ensayo de Penetración Estándar

Durante la ejecución del Ensayo de Penetración Estándar se presenta el proceso de transformación de energía potencial a cinética; esta transformación es afectada por algunas variables tales como: la altura de caída, la masa del martillo, la fricción del tipo de martillo, o las condiciones de los componentes del sistema. En el proceso normalizado se controla la altura de caída de 76.2 cm y la masa del martillo de 63.5 kg, definiendo una energía potencial teórica inicial de 475 Joules obtenida a partir de la expresión (2).

En la Figura 16 se muestra un esquema de Kovacs et al. 1983, donde se puede apreciar cómo se genera la transformación energía en el sistema de penetración. El punto A representa la energía potencial antes que se produzca el impacto del martillo; una vez que el martillo impacta la cabeza de golpe, se produce un cambio de energía potencial a cinética (punto B); pero esta será menor a la energía potencial con la que se inició el impacto debido a las pérdidas por fricción o a que el sistema no se encuentra en un verdadero estado de caída libre. Además, el punto B’ representa una reducción adicional de energía que pasa a través de la cabeza de golpe (Kelley & Lens, 2010).

La energía cinética resultante antes del impacto Ev, produce una onda de esfuerzo que pasa por el sistema. En el punto C, la energía transferida a la tubería de perforación Ei, es

menor que la energía potencial disponible Ev, debido a las pérdidas que se producen a través de la cabeza de golpe y la tubería de perforación. La eficiencia de la cabeza de golpe para transmitir la energía cinética disponible ha sido definida como la Relación de Transferencia de Energía "ETR" (Kovacs, Salomone, & Yokel, 1983). Este y otros términos serán definidos y analizados en los métodos de cálculo de la medida de energía que se presentan a continuación.

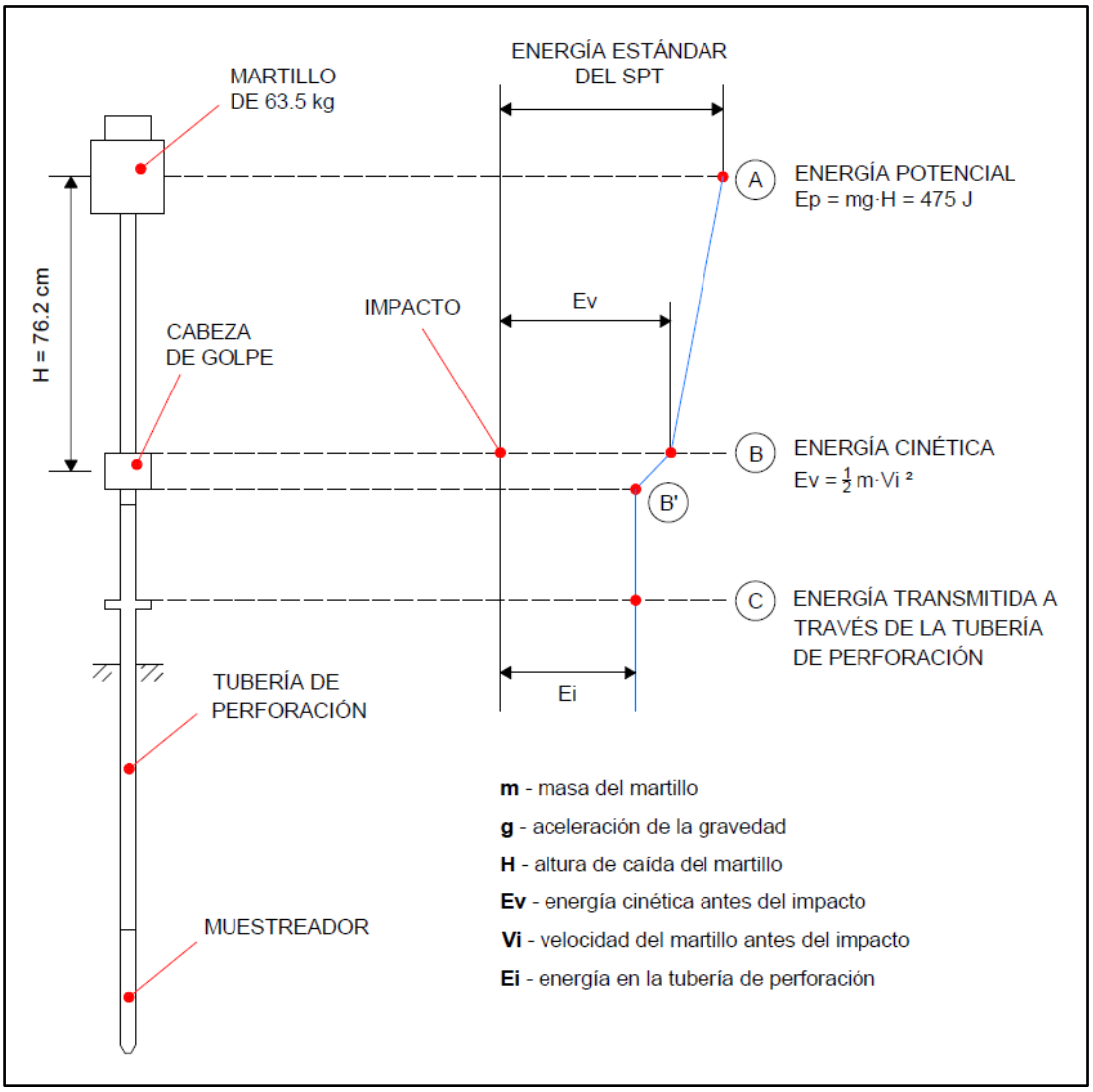


Figura 9. Representación de las Energías Cinética y Potencial durante el SPT.[11]

[11] Kovacs, W. D., Salomone, L. A., & Yokel, F. Y. (1983). Comparison of Energy Measurements in the Standard Penetration Test Using the Cathead and Rope Method. National Bureau of Standards Report to the US Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C.

3.2. Medida de Energía en el Ensayo de Penetración Estándar (ASTM D4633)

La liberación de energía que se produce mientras se lleva a cabo el Ensayo de Penetración Estándar es un parámetro muy importante que interfiere en los resultados de los valores N obtenidos de la penetración del suelo; esta energía ha demostrado ser variable a causa de algunos factores que pueden hacer que no alcance un porcentaje óptimo que permita llegar a resultados confiables. La incertidumbre que ha generado que la energía entregada no corresponda al 100% sino a un porcentaje menor, (con valores para equipos automáticos del 70%, y para equipos manuales del 45%) ha producido que se realicen investigaciones acerca de cuáles son, y cómo afectan estos factores a medida que se realiza el ensayo y por lo tanto en la determinación del N del SPT.

La medición de energía en penetrómetros dinámicos es un procedimiento adoptado por la ASTM en 1986, como la Designación D 4633 con el nombre de “Standard Test Method for Energy Measurement for Dynamic Penetrometers”; esta normativa describe el procedimiento de ensayo para medir la energía que ingresa a las tuberías de perforación, durante la penetración de un muestreador debido al impacto de un martillo de peso normalizado; los registros de las mediciones de energía se generan a través de dos acelerómetros conectados a un procesador digital proporcionando datos de fuerza, velocidad y aceleración.

En la versión antigua de la norma, el método utilizado para determinar la energía transferida era el método de “Fuerza al cuadrado”, pero en la actualidad el método más confiable para determinar esta energía es el de “Fuerza y Velocidad”. Cada uno de estos métodos serán descritos y analizados en los siguientes puntos.

3.2.1. Transferencia de Energía en las Tuberías de Perforación

La transmisión de energía puede ser calculada mediante el principio de Trabajo y Energía partiendo de la suposición de que el material de la tubería es lineal y elástico, su área transversal es uniforme, y tiene una propagación de onda unidimensional; por definición, un incremento del trabajo (W) se da cuando una variable de fuerza (F) en el tiempo (t) actúa sobre un desplazamiento (∆δ), como se muestra en la Figura 10 (Morgano & Liang, 1992).

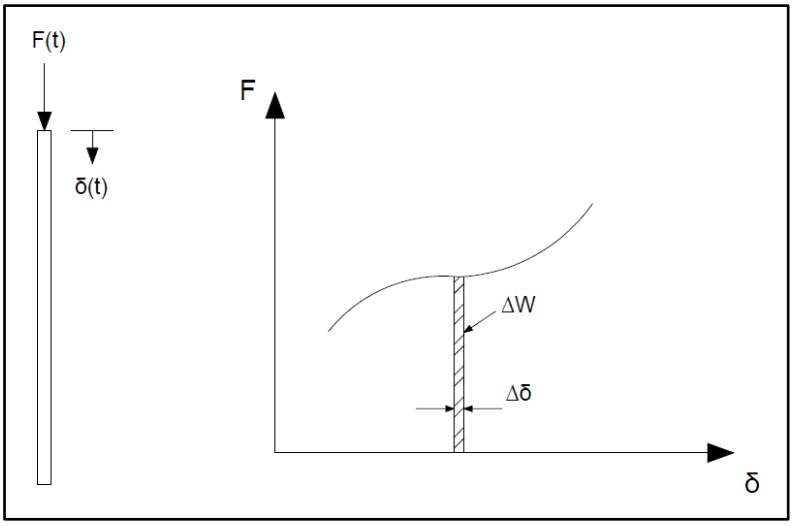


Figura 10. Transmisión de energía de una tubería uniforme.[12]

Según la física, el trabajo (W) es igual a la energía (E); por lo tanto, el producto de una fuerza y un desplazamiento es igual al trabajo, por lo tanto, se obtiene que la variación del trabajo (W) es igual a una variable de fuerza en el tiempo F(t), por la variación del desplazamiento (∆δ).

$$\Delta W = F(t)\Delta\delta \qquad (3)$$

Igualmente, la variación del desplazamiento puede ser descrita como una variable de velocidad en el tiempo v(t), por la variación del tiempo (∆t).

[12] Morgano, C. M., & Liang, R. (1992). Energy transfer in SPT - Rod length effect. Application of Stress-Wave Theory to Piles, 121-127.

$$\Delta W = F(t)v(t)\Delta t \qquad (4)$$

Al resolver la ecuación diferencial, sabiendo que la transferencia de energía inicia en el tiempo t1=0 a un tiempo t2, se llega a la siguiente expresión:

$$E = W = \int_{t_{1=0}}^{t_2} F(t)v(t)dt \qquad (5)$$

Si las medidas de fuerza y velocidad son tomadas en la parte superior de la tubería de perforación, la energía transferida resultante del impacto del martillo puede ser calculada según la integral del producto de la fuerza y velocidad con respecto al tiempo (Morgano & Liang, 1992).

A partir de la expresión obtenida para la transferencia de energía se deriva el antiguo método conocido como “Fuerza al cuadrado” (EF2); método que ha sido cuestionado por varios autores, debido a la gran variabilidad que existe con los resultados del método que se utiliza actualmente de “Fuerza y Velocidad” (EFV).

3.2.1.1. Método de Fuerza al Cuadrado (EF2)

Este antiguo método fue analizado en 1977 por Schmertmann y Palacious, donde usaban celdas de carga de medidores de deformación para medir la fuerza de impacto sobre el tiempo. Varias mediciones fueron realizadas con diferentes tipos de tuberías y martillos, y se encontró que la mayor parte de la penetración ocurría durante el primer pulso de la onda, lo cual era bueno ya que este método no podía ser aplicado más allá del retorno de la onda de esfuerzo (Farrar, 1998).

Según el estudio de Schmertmann y Palacious, se concluyó que el martillo deja de transferir energía al tiempo t = 2L/c, donde “L” es la longitud de la tubería de perforación, y “c” es la velocidad de propagación de la onda de esfuerzo (5123 m/s). Esto se basa en la suposición de que la onda de esfuerzo se reflejará en el muestreador haciendo que la cabeza de golpe se separe del martillo, una vez que la onda alcance la parte superior de la tubería (Morgano & Liang, 1992). Para el método F2 la energía transferida a la tubería se calcula:

$$EF2 = \frac{cK_1K_2}{EA}\int_0^{\Delta t}[F(t)]^2 dt \qquad (6)$$

Dónde:

A: es el área transversal de la tubería de perforación arriba y debajo del dispositivo de medición de energía,

c: velocidad de la onda de compresión en la tubería de perforación,

E: es el módulo de elasticidad de la tubería de perforación,

$EF2$: máxima energía transmitida a la tubería de perforación durante el evento de impacto,

$F(t)$: fuerza dinámica en la tubería de perforación como una función del tiempo,

K_1: factor de corrección teórico para tener en cuenta la cercanía del dispositivo de medición a la superficie de impacto,

K_2: factor de corrección teórico para corregir el hecho de que parte de la energía de la primera onda de compresión se corta prematuramente, y,

Δt: duración del primer pulso de compresión, que comienza en t=0 (Farrar, 1998).

Los factores de corrección eran recomendados en la antigua norma, pero a medida que se adquiría experiencia, se observó que ninguno de estos factores se aplicaba correctamente al método de fuerza al cuadrado “EF2” (ASTM International, 2016).

En la década de 1980, las mediciones continuaron ejecutándose con el método de fuerza al cuadrado, utilizando un dispositivo de Instrumentos Binarios. El dispositivo era un sistema análogo que se conectaba a las celdas de carga insertadas en la tubería de perforación, pero Kovacs descubrió un error en este dispositivo que continuaba integrando más allá del tiempo 2L/c bajo condiciones de conducción difíciles; es decir cuando el número de golpes es mayor a 50 (N > 50), esto era un problema porque al integrar más allá del tiempo 2L/c, se obtenían valores de energía sobre el 100%, casi doblando el contenido de energía (Farrar, 1998).

Las celdas de carga de medidores de deformación estaban siendo reemplazadas por celdas de carga piezométricas. La celda de carga piezométrica tenía un rendimiento pobre y unos altos picos de fuerza cuestionables, debido al efecto de su propia masa bajo altas aceleraciones; además, el uso de tuberías de perforación más largas del tipo NW causaba que se presentaran puntos de corte adelantados de carga cero, y para solucionar este problema se debía usar tuberías más pequeñas del tipo AW (Farrar, 1998).

3.2.1.2. Método de Fuerza y Velocidad (EFV)

Este método es el que la normativa ASTM D4633 utiliza para calcular la energía transferida a la tubería, el método es determinado según la siguiente expresión:

$$EFV = \int_0^{máx} F(t)v(t)dt \qquad (7)$$

Dónde:

EFV: máxima energía transmitida a la tubería de perforación durante el evento de impacto,

$F(t)$: fuerza medida por la tubería instrumentada como una función del tiempo,

$máx$: tiempo de máxima energía en la tubería de perforación durante el evento de impacto, y,

$v(t)$: velocidad de la partícula medida en la tubería instrumentada como una función del tiempo (Farrar, 1998).

La relación de energía de la tubería de perforación es la comparación entre la energía calculada con cualquiera de los métodos mencionados y la energía cinética nominal del SPT antes del impacto; esta relación es conocida como la "Relación de Transferencia de Energía (ETR)", y se la calcula con la siguiente expresión:

$$ETR = \frac{E_r}{E_v} \qquad (8)$$

Dónde:

E_r: energía transferida a la tubería durante el primer pulso de la onda de compresión (primer impacto),

E_v: energía cinética justo antes del impacto (Morgano & Liang, 1992).

Como se ha mencionado, en la normativa se utiliza el método EFV, en el cual, la relación de transferencia de energía (ETR) se obtiene mediante la energía calculada con este método y la máxima energía potencial teórica.

$$ETR = \frac{EFV}{PE} \qquad (9)$$

Dónde:

EFV: máxima energía transmitida a la tubería durante el evento de impacto, y,

PE: máxima energía potencial teórica (ASTM International, 2016).

Algunas de las ventajas de este método es que en el cálculo de la energía transferida la integración se realiza a través de la forma de onda completa, capturando la energía completa en el sistema; además, si la proporcionalidad no se presenta durante el primer intervalo de tiempo “2L/c”, la suposición del método de fuerza al cuadrado no es correcta, y por lo tanto la integración del método de fuerza y velocidad proporciona la correcta energía del sistema (Farrar, 1998).

En la década de 1990 Goble, Rausche, Links y Asociados (GRL) realizaron algunas mediciones con la ayuda de Pile Dynamics, utilizando el equipo “Pile Driving Analyzer (PDA)”. En la Figura 11 se muestra un resumen de mediciones realizadas por GRL en el cual se indica las variaciones que existen entre ambos métodos; la mayoría de los datos recolectados por GRL fueron en tuberías de corta longitud, lo que resulta en forma de ondas más complejas para analizar, además, la integración del método EF2 es errónea ya que se integró sobre el tiempo “2L/c” en lugar del tiempo de corte de carga cero; para buenas formas de onda, el corte de carga cero ocurre ligeramente más tarde que “2L/c” y los datos para este método podrían ser bajos para tuberías más pequeñas en donde, el contenido de energía en la parte final de la onda es más significativo (Farrar, 1998).

Para evitar la complejidad y los posibles errores utilizando el método EF2 (ya que es altamente improbable que exista una propagación de onda unidireccional real en cualquier sistema de penetrómetro dinámico), se creó el método de Fuerza y Velocidad (EFV) el cual es ahora el método recomendado en la normativa ASTM D4633-16. El método EFV es el único método fundamentalmente correcto para medir el contenido de energía, integrando la fuerza y la velocidad en todo el evento de onda para medir el contenido de energía total del evento. (Kelley & Lens, 2010).

Date /Author/Agency	Series	Hammer Type	Rod Type	Hammer Rate	Avg. ER_i FV	Avg. ER_i F2
1990 Goble CDOT-USBR		CME Automatic	AW		86	86
1991, Sy, UBC study		Safety Hammer NW guide	AW		60	54
1992, Frost, Diedrich Drill		Diedrich Automatic	NWJ	14	89	100+*
1992, Frost, Diedrich Drill		Diedrich Automatic	AW	14	64	85
1993, GRL Texas A&M		Safety Hammer	N	48	50	51
1994 GRL ASCE Seattle		BK -81 Auto	AWJ	59	66	67
1994 GRL ASCE Seattle	A-2	Safety Hammer	BW	53	51	56
1994 GRL ASCE Seattle	A-3	CME Auto	AWJ	51	81	81
1994 GRL ASCE Seattle	B-3	Safety Hammer Spooling Winch	NWJ	45	23	21
1994 GRL ASCE Seattle	B-6	CME Auto	AWJ	58	73	74
1995, GRL Oregon DOT	E-R9-1	Safety	AW	21	82	61
1995, GRL Oregon DOT	B-R3-1	Safety	BW	37	61	61
1995, GRL Oregon DOT	A-R8-1	Safety	BW	27	78	82
1995, GRL Oregon DOT	B-R3-2	Safety	BW	39	65	65
1995, GRL Oregon DOT	A-R7-1	Safety Spooling Winch	BW	27	48	54
1995, Jackson, B.C. Hydro		Safety	AW		67	58
1995, Jackson, B.C. Hydro		Unknown Automatic	AW		95	89
1995, GRL Oregon DOT	C-R5-1	Mobile Auto	BW	49	62	60
1995, GRL Oregon DOT	D-R6-1	CME Auto	BW	58	82	95
1995, GRL Oregon DOT	B-R4-1	CME Auto	BW	54	78	93
1995, GRL Oregon DOT	A-R2-1	CME Auto	BW	56	78	118
1995, GRL Oregon DOT	A-R1-1	CME Auto	BW	56	82	102
1997, Lamb, Minn. DOT		CME Auto	N	>58	66	
1997, Lamb, Minn. DOT		CME Auto	N	55	78	
1997, Lamb, Minn. DOT		CME Auto	N	55	86	
1997, Lamb, Minn. DOT		Rope Spooling	N		75	
1997, Lamb, Minn. DOT		Mobile Spooling Winch	N		43	
1997, Lamb, Minn. DOT		Safety Hammers (3)	N	40-50	67	

* area probably wrong?

Figura 11. Resumen de mediciones por el método EFV y EF2.[13]

[13] Farrar, J. A. (1998). Summary of Standard Penetration Test (SPT) energy measurement experience. Geotechnical Site Characterization, II, 919-926.

Según los valores de GLR, en los sistemas automáticos se asume que entregan una alta energía de acuerdo con el método EF2 de hasta más del 100% (valor ilógico); esta tendencia fue confirmada en muchos casos comparando los valores N de martillos automáticos y martillos operados por cabo y malacate. Por otro lado, los datos del método EFV que son resultados más lógicos, implican que los martillos automáticos entregan menos energía que la asumida para el método EF2; generando diferencias del 20% entre EFV y EF2 debido a que, para los martillos automáticos, el equipo de medición está muy cerca del impacto de la cabeza de golpe y esto causa efectos finales perjudiciales, incluyendo altas frecuencias de vibración (Farrar, 1998).

La Tabla 3 muestra un promedio de los valores de relación de energía expuestos por GRL para martillos automáticos y martillos safety ensayados con tipo de tubería AW; además, se encontraron valores de relación de energía del martillo donut obtenidos de otras fuentes, con el fin de tener un valor de referencia para los tres tipos de martillos y poderlos comparar con los porcentajes que se obtengan de las mediciones en campo.

Tipo de martillo	ETR (EF2)	ETR (EFV)	Fecha / Autor / Agencia
Automático	83%	84%	1994 GRL ASCE Seattle, 1990 Globe CDOT - USBR
Safety	60%	75%	1995 GRL Oregon DOT, 1995 Jackson B. C. Hydro
Donut Cabo - Malacate	38%	54%	Energy Ratio Measurements of SPT equipment", Dong-Soo Kim et al. (2004)

Tabla 3. Valores promedio de relación de energía (ETR) utilizando los métodos EFV y EF2.[14]

[14] Kelley, S. P., & Lens, J. E. (10 de Enero de 2010). Evaluation of SPT Hammer Energy Variability. Windsor, Vermont, Estados Unidos. Obtenido de http://www.aot.state.vt.us/documents/archivedresearch/2010%20%2003%20Evaluation%0of%20SPT%20Hammer%20Energy%20Variability.pdf

3.2.1.3. Registros de fuerza y velocidad

Durante el ensayo, el operador verifica la calidad de los datos; la verificación de los datos incluye una buena coincidencia y definición en los trazos de las ondas de las curvas de fuerza y velocidad. Las medidas de fuerza y velocidad deben ser proporcionales a la impedancia de la tubería (EA/c, donde E = Módulo de elasticidad para el acero, A = área de la sección transversal del acero y c = velocidad de propagación de onda en el acero de 5123 m/s) durante el primer tiempo 2L/c, donde L se define como la longitud de la tubería debajo del punto de medición. Después de que transcurre el tiempo 2L/c, los trazos de las ondas de fuerza y velocidad deben divergir unas de otras y luego los registros de fuerza y velocidad deben ir casi a cero al final de cada registro. Los registros sucesivos de fuerza y velocidad también deberían ser generalmente similares (Kelley & Lens, 2010).

La Figura 12 muestra buenas gráficas de medición de energía del martillo, con las cuales se podrá comparar las curvas generadas de las mediciones realizadas y determinar la calidad de los datos obtenidos. Las tres gráficas que se presentan tienen la tendencia que se mencionó en el párrafo anterior, ambas curvas son proporcionales hasta que llegan al tiempo 2L/c, e inmediatamente que ha transcurrido este tiempo, las curvas divergen unas de otras; esta divergencia continúa y seguidamente la fuerza y velocidad empiezan a acercarse a cero.

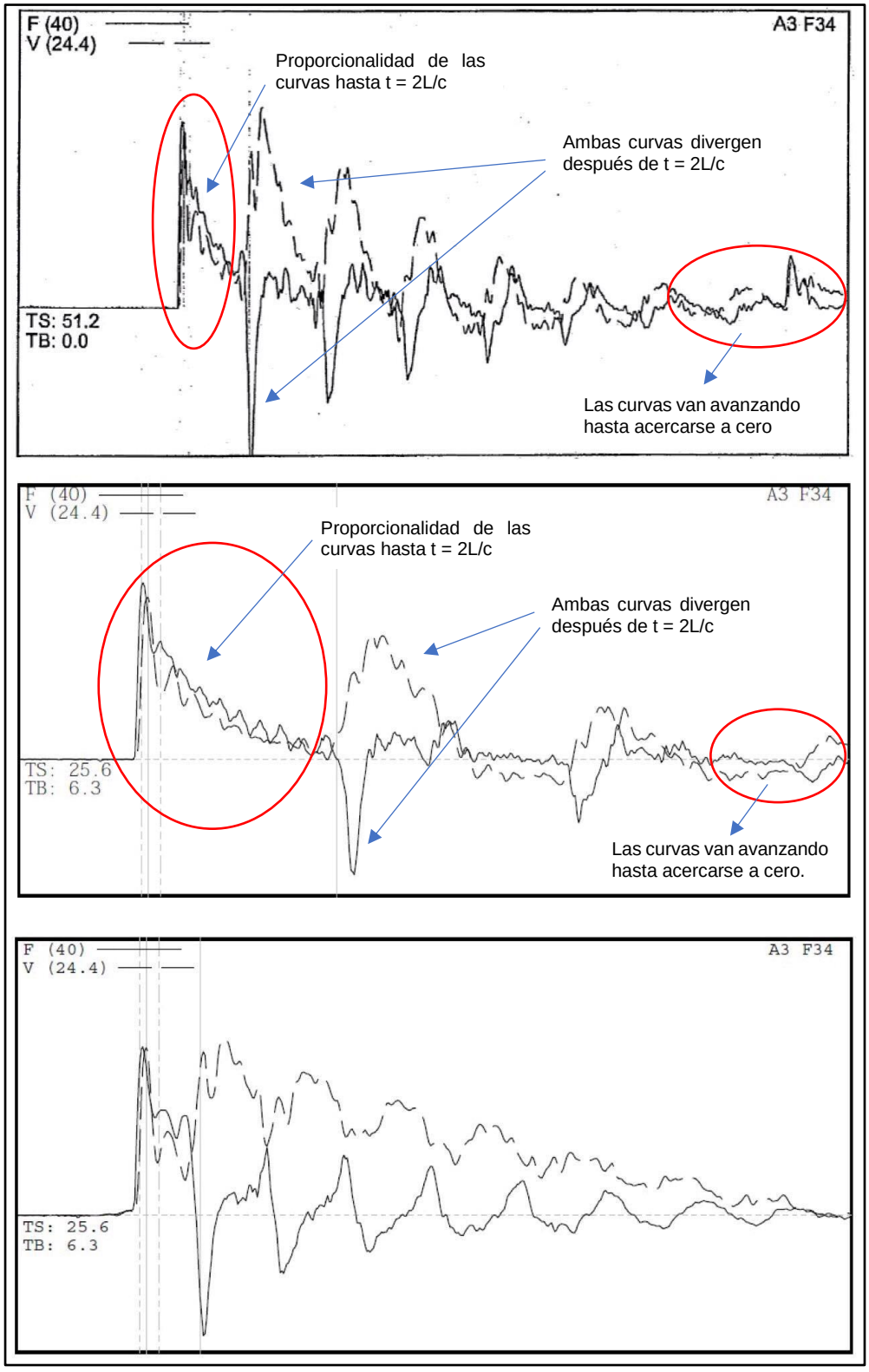


Figura 12. Ejemplo de buenas gráficas de Fuerza y Velocidad - Tiempo.[15]

[15] Kelley, S. P., & Lens, J. E. (10 de Enero de 2010). Evaluation of SPT Hammer Energy Variability. Windsor, Vermont, Estados Unidos. Obtenido de http://www.aot.state.vt.us/documents/archivedresearch/2010%20%2003%20Evaluation%0of%20SPT%20Hammer%20Energy%20Variability.pdf

CAPÍTULO IV: PROCESO DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

4.1. Descripción de los equipos utilizados

4.1.1. Descripción del Equipo de Medida de Energía

El “SPT Analyzer”, es un equipo fabricado por la compañía Pile Dynamics Inc. (PDI), el cual calcula la energía transferida a una tubería instrumentada durante el SPT. Este equipo viene calibrado por la compañía, y utiliza mediciones de fuerza y velocidad para mejorar la confiabilidad de los valores N del SPT (Pile Dynamics, Inc, 2017).



Imagen 3. Equipo de medida de energía.

El equipo consta de una sección de tubería de perforación AW, de 60 cm de longitud, instrumentada con dos medidores de deformación a los cuales se conectan dos acelerómetros; la sección instrumentada se conecta a la parte superior de tubería de

perforación, y sobre ella se coloca inmediatamente la cabeza de golpe. Los sensores que están conectados a la barra instrumentada obteniendo automáticamente los datos de área y calibración de la barra y mostrarlos en la pantalla (Pile Dynamics, Inc, 2017).

En la Figura 13 se muestra un esquema de los elementos que componen el equipo de medida de energía, así como la disposición general del sistema, incluyendo la cabeza de golpe y tubería de perforación por encima y debajo de la tubería respectivamente. Los medidores de deformación se encuentran adheridos a la tubería, mientras que los acelerómetros son conectados a la barra a través de tornillos que deben estar correctamente ajustados antes de dar inicio al ensayo.

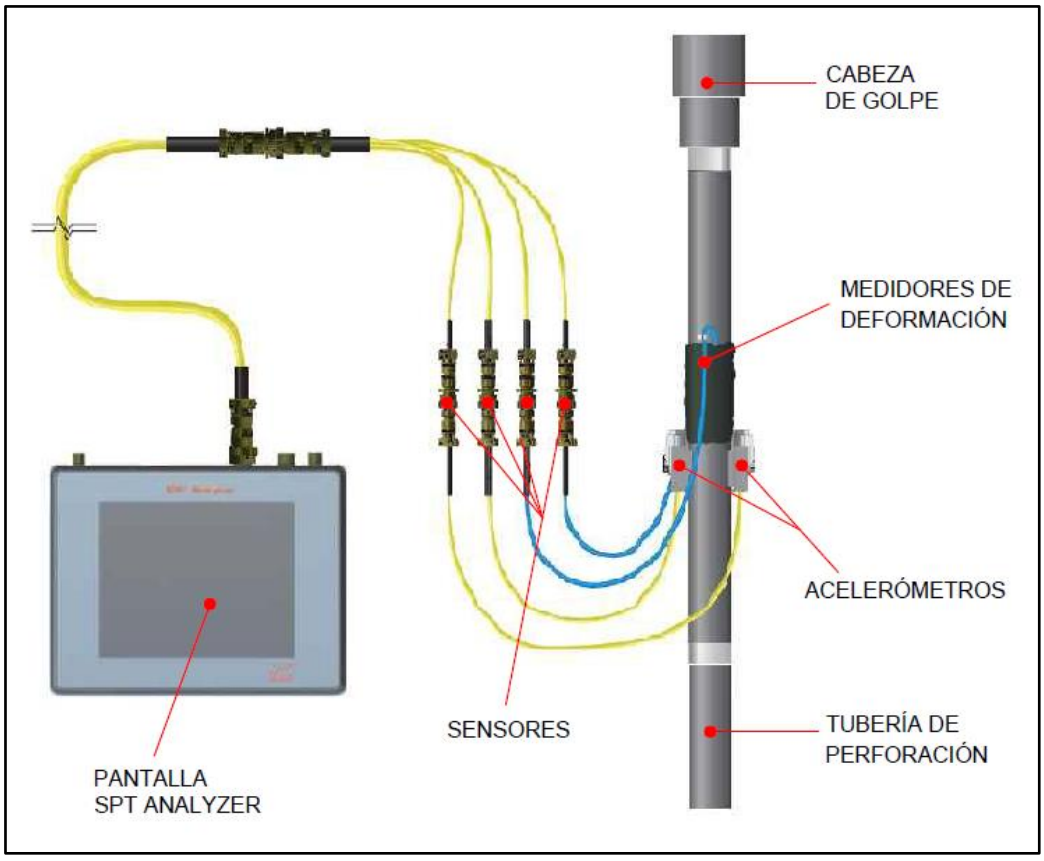


Figura 13. Disposición de los elementos que componen el equipo de medida de energía.[16]

[16] Pile Dynamics, I. (Septiembre de 2015). Manual for the SPT Analyzer System.

Los acelerómetros que contiene el equipo son acelerómetros piezorresistivos, cuyo comportamiento consiste en que la resistencia varía en función a la deformación. Para entenderlo de mejor manera, se considera al sistema como un hilo metálico al cual se lo somete a una carga dinámica (generada por el impacto del martillo), produciendo una deformación que se convierte en una carga eléctrica; es decir una resistencia; este alambre se mueve y retrae generando un desplazamiento en un momento instantáneo en milisegundos, genera un valor cualitativo de aceleración. Como se muestra en la Figura 14, el acelerómetro se compone de un circuito de puente de Wheatstone que mide la intensidad de la corriente generada por el impacto de la masa inercial sobre el sustrato, que es el mismo principio que se consideró como el hilo metálico.

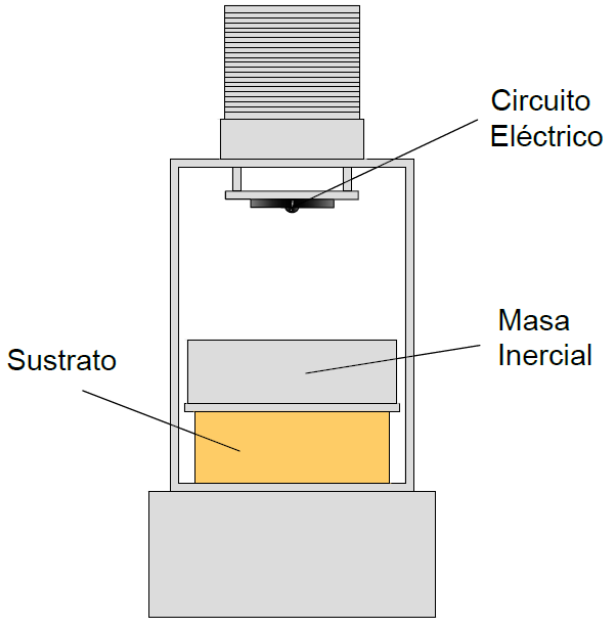


Figura 14. Acelerómetro piezorresistivo.

De igual manera, los medidores de deformación o galgas extensiométricas que contiene el equipo de medida de energía, aplican este mismo principio para medir la fuerza, basándose en las deformaciones causadas por esfuerzos mecánicos. Estos medidores de deformación son conocidos en la literatura como celdas de carga, que miden las cargas eléctricas generadas por el impacto, y que son transformadas en registros de fuerza.



Imagen 4. Acelerómetros del equipo de medida de energía.



Imagen 5. Medidores de deformación del equipo de medida de energía.

Método de procesamiento de información

El equipo tiene dos formas de sistemas de adquisición de datos. Los sistemas analógicos que integran electrónicamente la aceleración medida a través de circuitos electrónicos y digitalizan la velocidad resultante; y los sistemas digitales que adquieren datos de aceleración y la integran digitalmente (ASTM International, 2016). Para este procedimiento, se asume que los datos medidos de aceleración se encuentran dispersos, obteniéndose una función que contenga todos estos registros, como se representa en la Figura 15; este proceso, por lo tanto, realiza una depuración de la información, y esta función será integrada con respecto al tiempo (medido en milésimas de segundo) obteniendo datos de velocidad procesados. Los datos de fuerza por otra parte, se obtendrán solamente a partir de los registros de los medidores de deformación, como se mecionó anteriormente.

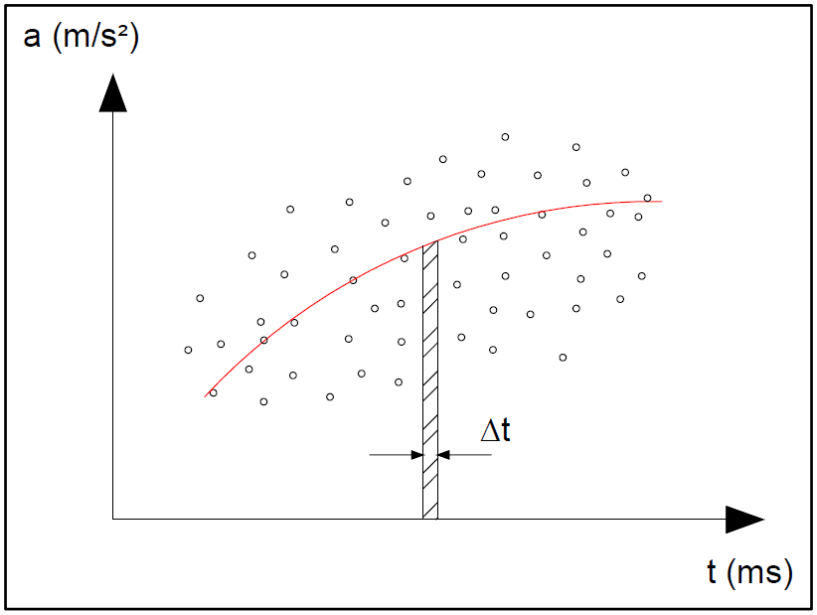


Figura 15. Distribución de datos de aceleración dentro del software.

4.1.2. Descripción del Equipo de Perforación

4.1.2.1. Descripción Máquina Acker

La máquina Acker ACE es un equipo de perforación con un peso aproximado de 3000 lb, que es operado a través de un motor de 28 HP que permite el avance de un pozo a una profundidad deseada según la capacidad del equipo, mediante una sonda rotatoria, a la cual se conectan los tubos muestreadores (cuchara partida) y las tuberías de perforación que cuentan con acoples para unirse a los extensores, permitiendo la excavación y el muestreo.



Imagen 6. Máquina Acker ACE.

El método rotatorio de agujero abierto es el método empelado para avanzar la perforación con este equipo; la sonda que se conecta al equipo puede ser una barrena helicoidal de vástago sólido que permite el avance de un pozo como se indica en la Imagen 6; proporcionando en la mayoría de los casos, una perforación limpia antes que ensayos de penetración o toma de muestras se lleven a cabo.



Imagen 7. Barrena helicoidal para proceso de perforación.

Para el procedimiento del SPT, la máquina Acker ACE emplea un sistema manual, es decir dependiente del operador, a través del sistema cabo – malacate para la acción del levantamiento y caída del martillo; este martillo es del tipo Safety (con cabeza de golpe interna) de 63.5 kg como se muestra en la Imagen 7, y proporciona una altura de caída de 76.2 cm aproximadamente. El sistema requiere de una polea “grande” con superficie completamente lisa, la cual se encuentra en buenas condiciones al igual que el cabo y malacate que se muestran en las Imágenes 8 y 9 respectivamente.



Imagen 8. Martillo de seguridad (Safety).



Imagen 9. Malacate del sistema.



Imagen 10. Polea y cabo de máquina Acker.

4.1.2.2. Descripción Máquinas Longyear 1 y Longyear 2

El equipo Delta Base 520 es un equipo de perforación que posee una torre que alcanza los 7 metros de altura y funciona por medio de un motor a diesel con una capacidad de 4 litros que impulsa el circuito hidráulico; este sistema hidráulico alimenta todas las funciones de operación, configuración y perforación utilizando métodos de rotatorios variados.



Imagen 11. Máquina Longyear 2.

Todas las opciones de manejo y control sobre el sistema de orugas están convenientemente ubicadas. Los símbolos gráficos se utilizan para indicar funciones de control y monitoreo. El panel de control de perforación está situado en un brazo giratorio en el lado derecho de la máquina, en el cual se encuentran todos los elementos de mando para las funciones de perforación.



Imagen 12. Panel de control del sistema de orugas.



Imagen 13. Panel de control de perforación.

El equipo cuenta con un sistema automático para la ejecución del SPT, con un contador de golpes digital; una vez realizada la perforación, el muestreador y las tuberías de perforación se conectan al martillo disponible para realizar la penetración y muestreo. El martillo es elevado automáticamente mediante un sistema de cadena y tiene un peso de 63.5 kg, la altura de caída que proporciona es de 76.2 centímetros, con una tasa de impacto de 1 a 30 bpm (golpes por minuto).



Imagen 14. Martillo automático.



Imagen 15. Máquina Longyear 1.

4.1.2.3. Descripción Equipo Manual

El equipo de perforación manual es un sistema que consta de un “castillo” conformado por tres tubos que se conectan en la parte superior y sostienen una polea por la cual pasa un cabo que es manipulado para el levantamiento de un martillo. El levantamiento del martillo se realiza a través de un malacate que funciona mediante un motor a diesel o gasolina, permitiendo realizar maniobras con el cabo y así producir la penetración y el muestreo.



Imagen 16. Estructura del equipo manual.

Como se mencionó, el equipo manual es operado mediante el sistema cabo – malacate; es decir, es dependiente de la eficiencia con que el operador se desempeñe durante la ejecución del ensayo. El sistema consta de un malacate que tiene un diámetro promedio de 118.98 milímetros, una polea de tamaño mediano, y un cabo de 2.5 centímetros de diámetro aproximadamente. Todos estos elementos se encuentran en buenas condiciones.



Imagen 17. Malacate.



Imagen 18. Polea y cabo del sistema.

Para este equipo de perforación, el martillo utilizado es el martillo Donut (Imagen 18) que tiene un peso de 63.30 kg (139.25 lb), cuyo valor se encuentra dentro del rango establecido en la normativa de 140 ± 2 lb; además, el sistema proporciona una altura de caída de 75.5 cm, que igualmente se encuentra dentro del rango establecido en la ASTM de 76 ± 3 cm.



Imagen 19. Martillo Donut.

El peso del martillo, la altura de caída y la medida de las dimensiones del cabo, malacate y otros elementos del sistema, se realizaron previamente, en un proceso de preparación del equipo.

La perforación puede ser ejecutada a través de cualquiera de las máquinas descritas anteriormente (Acker, Longyear), o a su vez, mediante barrenas manuales o posteadoras cuando se trate de perforaciones superficiales.



Imagen 20. Barrena Manual - Posteadora.

4.2. Procedimiento preparatorio de calibración de los Equipos de Perforación

4.2.1. Proceso de calibración de Máquina Acker

La calibración de la máquina Acker, se realizó el día 14 de octubre de 2018 en el campus de la PUCE ubicado en Nayón; junto con la ayuda del personal del laboratorio, se preparó a la máquina verificando que todos sus componentes se encuentren en óptimas condiciones. En el capítulo anterior se realizó la descripción de los elementos que conforman este equipo, verificando que sus elementos se encuentren en según las especificaciones pertinentes de la normativa ASTM D1586 y ASTM D4633.



Imagen 21. Preparación del equipo.

Una vez instalado el equipo, se procede a realizar la perforación del pozo, como se indica en la Imagen 22. Para el avance del pozo se empleó el método de perforación rotatoria, mediante un barreno helicoidal sólido, alcanzando hasta una profundidad de 4 metros, donde se iniciará la penetración del muestreador. Se escogió esta profundidad debido a que la normativa asume que se obtendrán mejores señales de energía con una mayor longitud de la tubería de perforación.



Imagen 22. Avance de la perforación.

Después de haber avanzado el pozo y se ha realizado la limpieza hasta la profundidad deseada como expone la normativa ASTM D1586, se instala el equipo de medida de energía, teniendo la debida precaución de que los cables que se conectan a los medidores de deformación, no se doblen ni se estropeen, debido a que son muy frágiles y podría producirse daños en el equipo.

El equipo de medida de energía es colocado sobre la tubería de perforación, y por encima de este se colocó una sección de tubería de 60 cm incluyendo los acoples, como se muestra en la Imagen 23; se añadió esta sección debido a que el equipo no debe ser golpeado directamente para producir mejor resultados de energía. En la parte superior de la sección de tubería es colocada la cabeza de golpe y el martillo para dar inicio al ensayo de penetración.



Imagen 23. Equipo de medición de energía instalado. Esquema: Doménica Ocaña Ávila.

Se marca la tubería de perforación con los tres incrementos sucesivos de 15 cm como se indica en la Imagen 24, verificando que las marcas se encuentren visibles durante todo el proceso de penetración. Se mide también la longitud (LT) que corresponde a la longitud de la tubería desde la superficie de la perforación hasta la mitad de la ubicación entre los medidores de deformación y los acelerómetros de la tubería instrumentada como se muestra en la Imagen 25.



Imagen 24. Marcación de tubería de perforación.



Imagen 25. Medición de la longitud de tubería (LT).

Además de la longitud de la tubería (LT), se toma también la longitud de la perforación (LP) que corresponde a los metros de profundidad a los que se realizó la perforación; la suma de estas longitudes debe ser ingresada en el programa de medición de energía SPT Analyzer para continuar con la ejecución del ensayo.

El número de vueltas del cabo en el malacate es un parámetro que debe ser registrado durante el ensayo, como se muestra en Imagen 26; para cada intervalo de penetración se tienen 2 ¼ vueltas del cabo.



Imagen 26. Número de vueltas del cabo.

La Figura 16 muestra la ubicación de los sondeos ejecutados.



Figura 16. Ubicación de los sondeos.[17]

[17] Google Earth Pro. (16 de Octubre de 2018). Quito, Pichincha, Ecuador.

4.2.2. Proceso de calibración de Máquina Longyear 1

La calibración de la máquina Longyear 1 fue realizada en el sur de la ciudad de Quito en el sector de la Mena; la perforación en la que se realizó el ensayo se encontraba a una profundidad de 20.80 metros debido a que en los primeros 15 metros se tenía un relleno en el que el total de número de golpes era muy bajo (de hasta 5) y no era favorable para realizar las mediciones de energía. La perforación fue realizada por el método rotario, y como se puede apreciar en la Imagen 27, se utilizó tuberías de revestimiento HQ de 3 pulgadas.



Imagen 27. Perforación con revestimiento.

Durante el proceso de perforación realizado el día 22 de noviembre de 2018, se encontró con la presencia de nivel freático a una profundidad de 8.45 metros. El día 23 de noviembre se dio inicio al proceso de calibración a partir de los 20.80 metros mencionados anteriormente.

Al tener la perforación avanzada, se realiza inmediatamente la instalación del equipo de medida de energía con la ayuda de los trabajadores, en la instalación del equipo se toma en cuenta que en la parte superior de la tubería instrumentada se debe agregar una sección pequeña de tubería para que los golpes no caigan directamente sobre ella; y no se produzcan daños en el equipo. La sección agregada fue una tubería de 20 centímetros de longitud como se muestra en la Imagen 28.



Imagen 28. Instalación del equipo de medida de energía. Esquema: Doménica Ocaña Ávila.

Seguidamente, se marca la tubería de perforación en sus tres incrementos sucesivos de 15 cm y a su vez me mide la longitud de tubería (LT) desde el nivel de la superficie hasta la parte media donde se encuentran los acelerómetros y medidores de deformación y la longitud de la perforación (LP). Este procedimiento se lo realiza para cada medición de energía.



Imagen 29. Marcación de los incrementos de 15 cm.

La Figura 17 muestra la ubicación del sondeo ejecutado.



Figura 17. Ubicación del sondeo.[18]

[18] Google Earth Pro. (1 de Diciembre de 2018). Quito, Pichincha, Ecuador.

4.2.3. Proceso de calibración de Máquina Longyear 2

La calibración de la máquina Longyear 2, se realizó el día 17 de octubre de 2018 en el campus de la PUCE ubicado en Nayón; junto con la ayuda del personal del laboratorio, se realizó una revisión de los componentes del equipo, verificando que se encuentren en óptimas condiciones antes de llevar a cabo el ensayo. Se analizó el equipo, verificando que se encuentre operable y con sus elementos lubricados.



Imagen 30. Preparación del equipo.

Una vez que el equipo ha sido analizado se da inicio a la perforación del pozo, para lo cual se utilizó el método rotario con helicoidal continuo sin ningún tipo de revestimiento como se indica en la Imagen 31; se realizó la perforación hasta la profundidad de 1.5 metros donde se daría inicio al proceso de penetración.



Imagen 31. Avance de la perforación.

Al tener la perforación avanzada hasta la profundidad deseada, se prepara el equipo de medida de energía y se lo coloca sobre la tubería de perforación que se encuentra ya dentro del sondeo. Sobre el equipo de medida de energía se colocó una sección pequeña de tubería, como se ha realizado en todos los procedimientos anteriores. La sección de tubería añadida fue una tubería de 60 cm de longitud.

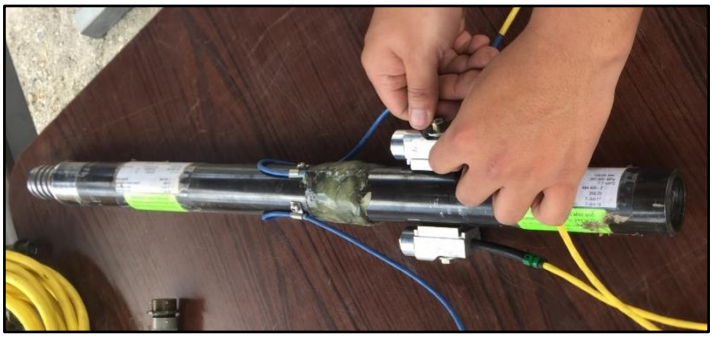


Imagen 32. Preparación del equipo de medida de energía.

Cuando el equipo está instalado como se muestra en la Imagen 33, se debe verificar la verticalidad del sistema, constatando que se encuentre nivelado para dar inicio con el ensayo; este parámetro es muy importante debido a que se puede producir variaciones y pérdidas de energía si el sistema no se encuentra lo más recto posible.

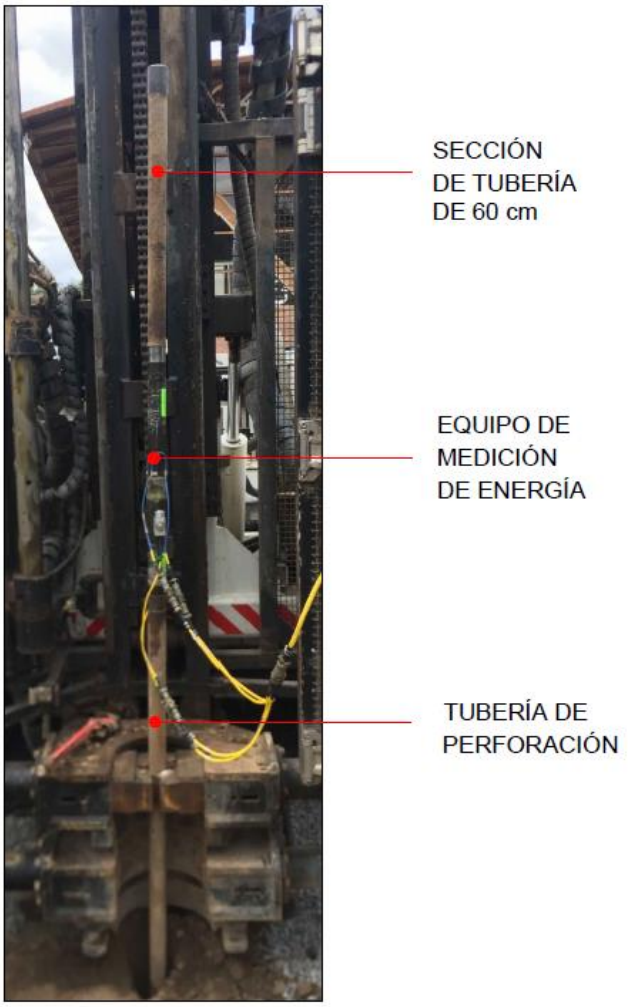


Imagen 33. Equipo de medida de energía instalado. Esquema: Doménica Ocaña Ávila.

Después de verificar el sistema, se marcan las tuberías de perforación en sus tres incrementos sucesivos de 15 cm como se puede apreciar en la Imagen 34, y además de mide la longitud de la tubería (LT) para sumarla con la longitud de la perforación (LP) para ingresarlas en el software. Se verifica que los medidores se encuentren bien conectados y en un lugar en el que no se estropeen para dar inicio a la medición.



Imagen 34. Marcación de los incrementos de 15 cm.

La Figura 18 muestra la ubicación del sondeo ejecutado.



Figura 18. Ubicación del sondeo.[19]

[19] Google Earth Pro. (9 de Noviembre de 2018). Quito, Pichincha, Ecuador.

4.2.4. Proceso de calibración del Equipo Manual

La calibración del equipo manual se realizó el día 7 de noviembre de 2018 en el campus principal de la PUCE ubicado en la 12 de octubre; como se indica en la Imagen 34, se preparó el equipo con ayuda del personal de laboratorio revisando todos los elementos que conforman el sistema como el castillo, polea, malacate, cabo, etc. En la sección anterior se realizó la descripción de los elementos que conforman este equipo, verificando que sus elementos se encuentren en según las especificaciones de la normativa ASTM D1586 y ASTM D4633.



Imagen 35. Preparación del equipo manual.

Para el avance del sondeo, se utilizó el método de perforación a través de barrenas manuales y posteadoras como se indica en la Imagen 36, avanzando con la perforación hasta una profundidad de un metro.



Imagen 36. Avance del sondeo (Barrenas manuales).

Cuando se alcanzó la profundidad deseada en el sondeo, se instala el sistema completo de muestreador, tubería de perforación equipo de medición de energía y martillo; se añadió también una sección pequeña de tubería de 20 cm de longitud, entre el martillo y el equipo de medición de energía, que como se mencionó en los procedimientos precedentes, ayudará para que se generen mejores registros de energía al no golpear directamente sobre el equipo (Imagen 37).

Seguidamente, se marca la tubería de perforación en sus tres incrementos de 15 cm como se indica en la Imagen 38, y adicionalmente se toma la longitud de tubería (LT), junto con la longitud de la perforación (LP), ingresando estos datos en el monitor del SPT Analyzer, revisando que se encuentren debidamente conectados los medidores de deformación y aceleración para dar inicio al proceso de penetración y medición de energía.



Imagen 37. Equipo de medición de energía instalado. Esquema: Doménica Ocaña Ávila.



Imagen 38. Marcación de los incrementos de 15 cm.

Como el equipo emplea un sistema manual cabo – malacate, se debe tomar en cuenta el número de vueltas que da el cabo sobre el malacate que fueron de 2 ¼ como se muestra en la Imagen 39, para cada profundidad de medición; se midió también el diámetro del cabo que fue de 2.5 cm aproximadamente.



Imagen 39. Número de vueltas del cabo.

La Figura 19 muestra la ubicación del sondeo realizado.



Figura 19. Ubicación del sondeo.[20]

[20] Google Earth Pro. (9 de Noviembre de 2018). Quito, Pichincha, Ecuador.

4.3. Metodología de investigación para la calibración de equipos

La calibración de los cuatro equipos de perforación disponibles en el laboratorio de suelos de la PUCE se realizó con el avance de 5 pozos; para la máquina Acker se necesitaron dos sondeos, y uno para la máquina Longyear 1, Longyear 2, y el equipo manual. Las perforaciones de todos los sondeos fueron realizadas con el método rotatorio con helicoidal de vástago continuo, a excepción del sondeo de la calibración del equipo manual, el cual fue ejecutado manualmente con posteadoras, como se mencionó en el procedimiento preparatorio para cada equipo.

Para este estudio, los equipos proporcionan tres diferentes martillos de impacto expuestos en la ASTM D1586, con los cuales se podrá realizar una comparación entre cada sistema de martillo. La máquina Acker dispone del martillo de seguridad (Safety), el equipo manual el martillo Donut, y las máquinas Longyear 1 y 2 el martillo donut automático.

Las medidas de energía se realizaron a 0.50 metros de diferencia entre cada avance de perforación, con un total de 24 mediciones de energía; 9 para la calibración de la máquina Acker, y 5 para cada uno de los equipos restantes.

Durante el proceso de calibración de las máquinas, el clima que se presentó fue despejado y soleado, con excepción del día de la calibración de la máquina Longyear 1, el cual fue un día nublado parcialmente lluvioso sin presentar inconvenientes en el ensayo.

Los resultados de los ensayos de penetración se presentan para cada profundidad, incluyendo la longitud de recuperación de las muestras de las cuales se proporcionan fotografías en el capítulo de Anexos; se realizó también la clasificación SUCS que será presentada en el capítulo VI, incluyendo tablas y gráficas de granulometría y límites.

4.3.1. Evaluación de mediciones de energía – Método General

Se realizó un análisis individual por cada golpe, corrigiendo el punto de partida de las curvas de fuerza y velocidad; los registros obtenidos muestran que ambas curvas vienen desplazadas como se muestra en la Figura 20 (superior), y lo que se busca, es modificar de forma manual el origen de ellas, haciendo que inicien en el mismo punto; es decir que el punto A y B sea el mismo como se indica en la Figura 20 (inferior).

Estos pequeños cambios de tiempo entre la fuerza y la velocidad deben eliminarse desplazando el tiempo de una señal a otra para tener en cuenta los pequeños cambios de fase hasta, como máximo, 0,1 milisegundos (ASTM International, 2016).

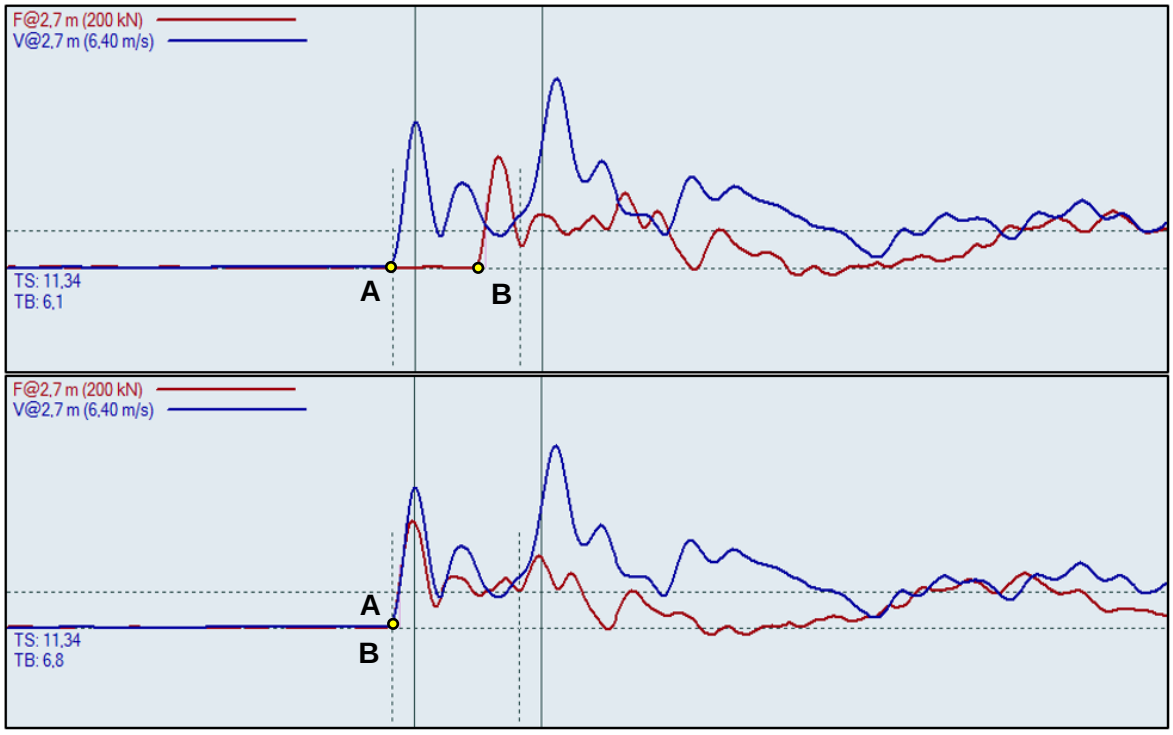


Figura 20. Corrección manual del desfase de tiempo entre las curvas de fuerza y velocidad.

Se analizaron un total de 1055 datos en toda la investigación, de los cuales, 503 corresponden a la calibración de la máquina Acker, 166 de la máquina Longyear 1; 199 datos para la máquina Longyear 2, y 187 datos para el equipo manual. Estos resultados se encuentran tabulados y presentados en el capítulo de Anexos, con las respectivas gráficas modificadas por cada impacto.

Las tablas de resultados contienen los datos correspondientes a las mediciones de energía según el método EFV y EF2, además de la relación de transferencia de energía (ETR), energía máxima transferida (EMX), energía del martillo (ER), y la fuerza y velocidad máxima (FMX, VMX) medida en los sensores del equipo; cada uno de estos parámetros se calcula para cada profundidad con su respectivo promedio, desviación estándar, y el máximo y mínimo valor.

Una vez que se ha obtenido el porcentaje real energía que entrega cada equipo, se podrá determinar el factor de corrección de energía CE, el cual se obtiene dividiendo la relación de energía obtenida para el 60%, y podrá ser aplicado en la corrección del número de golpes, junto con otros factores.

En la Figura 21, se indica un ejemplo de un buen registro de una gráfica de fuerza y velocidad modificada como se mencionó anteriormente, donde se puede apreciar que se cumple con la proporcionalidad deseada; las curvas de fuerza y velocidad tienen la misma tendencia hasta el tiempo 2L/c, que es el tiempo al que viaja la onda de esfuerzo desde el inicio de la medición hasta el final del penetrómetro y de vuelta al lugar de medición; al pasar este lapso de tiempo, la tendencia de las curvas divergen una de otra, y esta diferencia continúa hasta que la fuerza y velocidad van acercándose a cero.

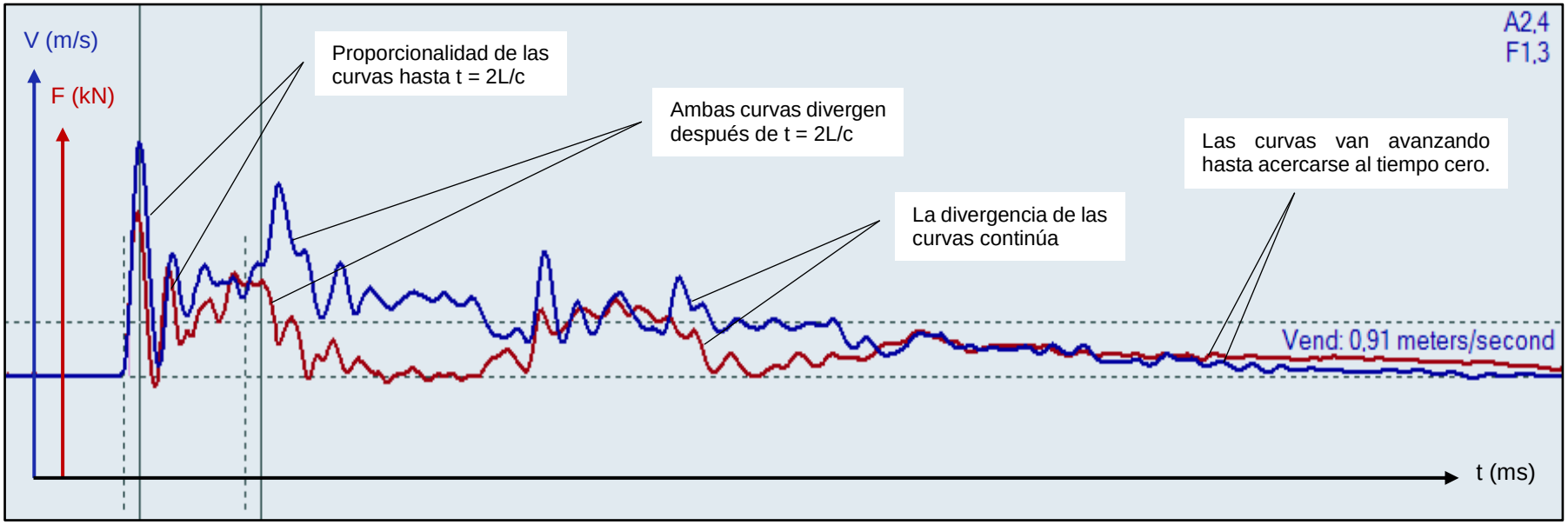


Figura 21. Ejemplo de gráfica de Fuerza y Velocidad. Equipo Manual. Profundidad 2.55 – 3.00. Golpe 24.

4.3.2. Resultados de calibración Máquina Acker

Resultados de penetración

Para el primer proceso de penetración se realizaron 4 mediciones de energía a 4 distintas profundidades; durante la penetración se notó que el muestreador avanzaba muy poco, y el número de golpes se acercaba al rango recomendado por la norma ASTM D4633 de hasta 50 golpes para generar buenos registros, por lo que se realizó el avance de un nuevo pozo a casi un metro de distancia del anterior, en el cual se realizaron 5 mediciones. En la penetración del segundo sondeo, se llegó a un total de más de 100 golpes entre los tres incrementos de 15 cm, por lo que el ensayo fue detenido, como lo expone la normativa ASTM D1586. Los resultados de los valores N registrados en campo, así como la recuperación de la muestra se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de ensayo de penetración.

Pozo	Profundidad (m)	LP (m)	LT (m)	LE (m)	# Golpes			Valor N	Recuperación (cm)
					15 cm	30 cm	45 cm		
SONDEO P1	4,00 - 4,50	4,00	1,00	5,0	10	19	23	42	43
	4,50 - 5,00	4,50	1,20	5,7	16	17	33	50	43
	5,00 - 5,50	5,00	1,25	6,3	11	19	29	48	38
	5,50 - 6,00	5,50	1,24	6,7	24	28	28	56	36
SONDEO P2	1,00 - 1,50	1,00	1,06	2,1	7	8	9	17	39
	1,50 - 2,00	1,50	1,23	2,7	6	8	11	19	38
	2,00 - 2,50	2,00	1,17	3,2	10	21	27	48	45
	2,50 - 3,00	2,50	1,19	3,7	6	16	22	38	43
	3,00 - 3,50	3,00	1,02	4,0	22	32	50	82	50
LP: Longitud de perforación. LT: Longitud de tubería. LE: Longitud equivalente.									

Para el sondeo 1 se tienen 52, 66, 59, y 80 golpes para cada profundidad, considerando los 45 cm de hincado y para el segundo sondeo se tienen 24, 25, 58, 44, y 104 golpes para cada profundidad.

En la Tabla 5 y 6 se muestra la información general de la calibración con los datos correspondientes a los equipos de perforación y de medida de energía.

Tabla 5. Registro de información general del ensayo.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Proyecto:	Calibración Máquina Acker ACE	**Fecha inicio:**	14/10/2018
Ubicación:	Campus PUCE Nayón	**Fecha finalización:**	14/10/2018
Hora de inicio:	09h00	**Hora de finalización:**	13h00

INFORMACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN DE ENERGÍA				
Equipo de medición de energía:	SPT Analyzer - Pile Dynamics Inc.			
Operadores:	Ing. Sebastián Morales Ing. Andrés Muñoz			
Calibración del equipo:	**Fecha de calibración inicial:**			07/06/2017
	Fecha de nueva calibración:			07/06/2019
Tubería Instrumentada:	**Tipo:**	AW	**Área:**	7.70 cm2
	Módulo de elasticidad:		207 000 Mpa	

INFORMACIÓN DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN			
Equipo de Perforación:	Máquina Acker ACE	**Nº Serie:**	----------
Método de perforación:	Método rotatorio de agujero abierto		
Operadores:	Aldemar Quiroz - Perforador, Wilson Simbaña - Perforador Luis Espinoza - Ayudante, Johny Espinoza - Ayudante		
Tipo de martillo:	Martillo de seguridad (Safety)		
	Peso: 63.5 kg	**Altura caída:**	76.2 cm
Sistema de caída del martillo:	Sistema cabo - malacate		
	Nº de vueltas del cabo:		2 ¼
	Tasa de impacto:		1 a 20 gpm

Observaciones:

Se realizó el avance de un segundo pozo debido a que el muestreador avanzaba con dificultad.

Tabla 6. Lista de chequeo de los elementos del equipo de perforación.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROCESO DE VERIFICACIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN PREVIO A LA EJECUCIÓN DE MEDIDAS DE ENERGÍA

EQUIPOS CON SISTEMA DE CAÍDA CABO - MALACATE			
Equipo:	**Acker ACE**	**Fecha de última calibración:**	14/10/2018
		Fecha de nueva calibración:	14/04/2019
Tipo de martillo:	**Safety Manual**	**Tasa de impacto:**	1 a 20 gpm
		Lubricación de elementos:	Diesel

VERIFICACIÓN DE DIMENSIONES				
Parámetro	**Dimensión**	**Rango establecido**		**Cumple**
Peso del martillo	140 lb	140 ± 2 lb	ASTM D1586	SI
Altura de caída	76.2 cm	76 ± 3 cm	ASTM D1586	SI
Diámetro del malacate	12 cm	15 - 25 cm	ASTM D1586	NO
Diámetro del cabo*	2.6 cm	----------	----------	----------

* La normativa ASTM, no establece ningún valor de referencia del diámetro del cabo, pero en el medio se acostumbra a registrar este dato.

VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS					
Elemento	**Condición**				
	Limpio	**Graso / Oxidado**	**Nuevo**	**Desgastado**	**Mediano uso**
Malacate	X				X
Cabo	X		X		
Polea	X				X

Observaciones:

Resultados de mediciones de energía

La Tabla 7 muestra los valores de energía para cada sondeo y cada profundidad, así como también el valor de la relación de energía, fuerza y velocidad. Los porcentajes de relación de energía fueron calculados por los dos métodos expuestos de fuerza y velocidad (EFV) y fuerza al cuadrado (EF2) haciendo un promedio de todas la mediciones realizadas. Los valores de relación de transferencia de energía obtenidos por el método de fuerza y velocidad (ETR1) varían entre 59% y 96%, siendo estos sus valores mínimo y máximo respectivamente, y una desviación estándar del 7%; mientras que por el método de fuerza al cuadrado los porcentajes de relación de energía (ETR2) se encuentran entre 30% y 128% con una desviación estándar del 18%.

Analizando estos resultados, se puede notar que los datos obtenidos por el método EF2 son ilógicos, ya que es imposible que un valor de relación de energía exceda el 100%, además que la dispersión de datos es más grande; por lo que los valores que se aceptan corresponden al método EFV.

Como se indica en la Tabla 7, la desviación estándar promedio de todos los datos compilados es del 7% (método EFV); es decir no existe tanta dispersión de datos con respecto a su media, la Figura 22 muestra la ocurrencia de los valores de ETR como una distribución normal típica, asemejándose a la forma de una campana.

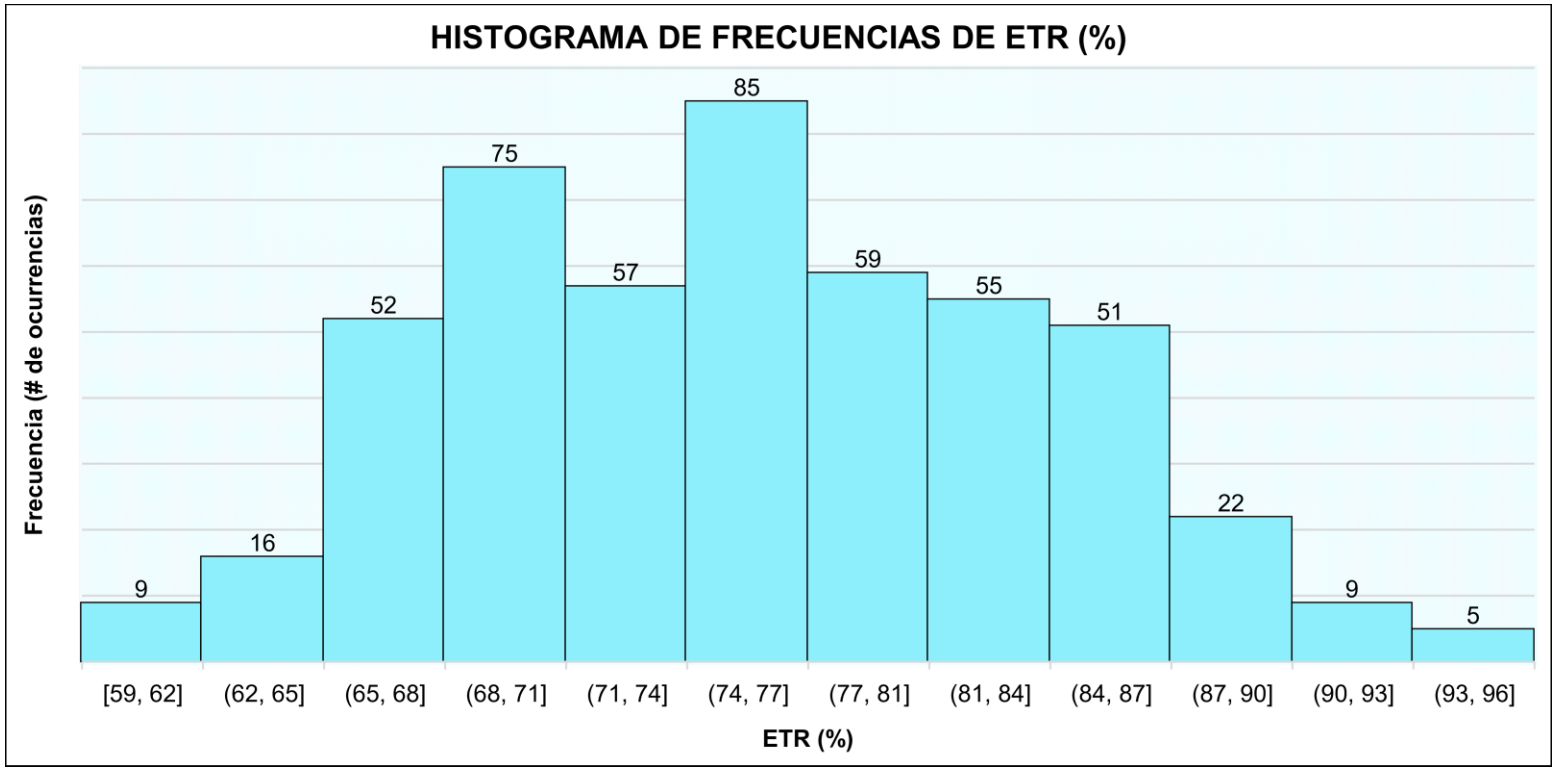
Tabla 7. Resultados de energía para todas las profundidades.

PROFUNDIDAD (m)	PARÁMETRO	EFV (J)	EF2 (J)	ER (J)	ETR1 (%)	ETR2 (%)	VMX (m/s)	FMX (KN)
Todas las profundidades (503 datos)	Promedio	364	274	475	77	58	5	99
	D. Estándar	35	84	0	7	18	1	8
	Máximo	457	605	475	96	128	7	121
	Mínimo	278	145	475	59	30	3	81
Sondeo 1 4,00 - 4,45	Promedio	356	252	475	75	53	4	98
	D. Estándar	19	19	0	4	4	1	5
	Máximo	400	284	475	84	60	7	109
	Mínimo	313	167	475	66	35	3	89
Sondeo 1 4,50 - 5,00	Promedio	325	264	475	68	56	3	96
	D. Estándar	14	12	0	3	2	0	3
	Máximo	362	297	475	76	63	4	105
	Mínimo	288	216	475	61	46	3	91
Sondeo 1 5,00 - 5,45	Promedio	334	248	475	70	52	4	94
	D. Estándar	23	19	0	5	4	0	6
	Máximo	377	283	475	79	60	5	103
	Mínimo	278	204	475	59	43	3	81
Sondeo 1 5,55 - 6,00	Promedio	367	290	475	77	61	5	93
	D. Estándar	26	56	0	5	12	0	6
	Máximo	428	425	475	90	89	5	104
	Mínimo	322	233	475	68	49	4	83
Sondeo 2 1,00 - 1,45	Promedio	387	182	475	81	38	6	104
	D. Estándar	29	17	0	6	4	0	4
	Máximo	436	208	475	92	44	6	110
	Mínimo	319	145	475	67	30	5	95
Sondeo 2 1,50 - 1,95	Promedio	391	209	475	82	44	5	107
	D. Estándar	22	13	0	5	3	0	3
	Máximo	426	232	475	90	49	6	110
	Mínimo	352	189	475	74	40	5	100
Sondeo 2 2,00 - 2,45	Promedio	403	249	475	85	52	5	112
	D. Estándar	24	17	0	5	4	0	4
	Máximo	457	294	475	96	62	6	121
	Mínimo	348	196	475	73	41	4	101
Sondeo 2 2,55 - 3,00	Promedio	384	243	475	81	51	5	103
	D. Estándar	20	13	0	4	3	0	3
	Máximo	439	274	475	93	58	7	110
	Mínimo	350	207	475	74	44	5	91
Sondeo 2 3,00 - 3,45	Promedio	345	427	475	73	95	5	96
	D. Estándar	36	129	0	8	24	0	5
	Máximo	425	605	475	89	128	6	110
	Mínimo	265	204	475	56	43	4	85

Para el martillo de seguridad (Safety) se tiene un promedio de ETR1 de 77%, y un ETR2 de 58%; según los valores que se tomaron como referecia, el valor de relación de energía para este martillo por el método EFV es de 75% y por el método EF2 es de 60%; comparando los resultados obtenidos se tiene una diferencia de 2% para EFV y 2% para EF2, siendo la misma diferencia entre ambos métodos, pero los valores de EF2 son muy dispersos.

Con un total de 503 datos analizados, finalmente se tiene como resultado que el porcentaje promedio de relación energía que entrega la máquina Acker a través del martillo safety es del 77% y un factor de corrección de energía de 1.28, es decir que se obtendría un N_{77} corregido a partir de este valor.

Figura 22. Distribución de valores de ETR.



4.3.3. Resultados de calibración Máquina Longyear 1

Resultados de penetración

A partir de los 20.80 metros se realizaron 5 mediciones de energía por cada 0.5 metros, llegando hasta los 23.45 metros de profundidad. Durante la penetración no se presentaron inconvenientes y se generaron buenos resultados de número de golpes, es decir que no fueron valores tan altos como los que se presentaron para la calibración anterior. Los resultados de los valores N registrados en campo, así como la recuperación de la muestra se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8. Resultados de ensayo de penetración.

Pozo	Profundidad (m)	LP (m)	LT (m)	LE (m)	# Golpes			Valor N	Recuperación (cm)
					15 cm	30 cm	45 cm		
SONDEO P1	20,80 - 21,25	20,80	1,77	22,6	7	16	20	36	54
	21,50 - 21,95	21,50	1,68	23,2	11	14	25	39	44
	22,00 - 22,45	22,00	1,36	23,4	5	7	12	19	55
	22,50 - 22,95	22,50	1,45	24,0	9	12	14	26	45
	23,00 - 23,45	23,00	1,85	24,9	5	5	9	14	33
LP: Longitud de perforación. LT: Longitud de tubería. LE: Longitud equivalente.									

Se tiene un total de 43, 50, 24, 35, y 19 golpes para cada profundidad del sondeo.

En la Tabla 9 y 10 se muestra la información general de la calibración con los datos correspondientes a los equipos de perforación y de medida de energía, así como la lista de chequeo del equipo de perforación.

Tabla 9. Registro de información general del ensayo.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Proyecto:	Calibración Máquina Longyear 1	**Fecha inicio:**	23/11/2018
Ubicación:	Sector La Mena - Sur de Quito	**Fecha finalización:**	23/11/2018
Hora de inicio:	08h30	**Hora de finalización:**	11h30

INFORMACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN DE ENERGÍA				
Equipo de medición de energía:	SPT Analyzer - Pile Dynamics Inc.			
Operadores:	Ing. Samuel Chávez			
Calibración del equipo:	**Fecha de calibración inicial:**			07/06/2017
	Fecha de nueva calibración:			07/06/2019
Tubería Instrumentada:	**Tipo:**	AW	**Área:**	7.70 cm2
	Módulo de elasticidad:		207 000 Mpa	

INFORMACIÓN DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN			
Equipo de Perforación:	Máquina Longyear 1	**Nº Serie:**	57050X01
Método de perforación:	Método rotatorio de agujero abierto		
Operadores:	Aldemar Quiroz - Perforador Luis Espinoza - Ayudante, Johny Espinoza - Ayudante		
Tipo de martillo:	Martillo Automático		
	Peso:	63.5 kg	**Altura caída:** 76.2 cm
Sistema de caída del martillo:	Sistema automático		
	Tasa de impacto:	1 a 30 gpm	
	Modo de lubricación:	Diesel	

Observaciones:

Se utilizó tubería de revestimiento HQ de 3 pulgadas, y se presenció nivel freático a una profundidad de 8.45 metros.

Tabla 10. Lista de chequeo de los elementos del equipo de perforación.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROCESO DE VERIFICACIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN PREVIO A LA EJECUCIÓN DE MEDIDAS DE ENERGÍA

EQUIPOS CON SISTEMA DE CAÍDA AUTOMÁTICO			
Equipo:	**Deltabase Longyear 1**	**Fecha de última calibración:**	23/11/2018
		Fecha de nueva calibración:	23/11/2019
Tipo de martillo:	**Donut Automático**	**Tasa de impacto:**	1 a 30 gpm
		Método de lubricación:	Diesel

VERIFICACIÓN DE DIMENSIONES				
Parámetro	**Dimensión**	**Rango establecido**		**Cumple**
Peso del martillo	140 lb	140 ± 2 lb	ASTM D1586	SI
Altura de caída	76.2 cm	76 ± 3 cm	ASTM D1586	SI

VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS			
Parámetro	**Condición**		
	Muy Buena	**Buena**	**Regular**
Sistema de caída automático	X		
Sistema hidráulico	X		
Panel de control	X		

Observaciones:

Resultados de mediciones de energía

En la Tabla 11 se indican los datos obtenidos para cada profundidad del sondeo con su respectivo promedio, desviación estándar y los valores máximos y mínimos de cada parámetro. Los valores de relación de transferencia de energía obtenidos por el método de fuerza y velocidad (ETR1) varían entre 78% y 92% con una desviación estándar del 3%, mientras que por el método de fuerza al cuadrado los porcentajes de relación de energía (ETR2) se encuentran entre 21% y 80% con una desviación estándar del 5%.

Tabla 11. Resultados de energía para todas las profundidades.

PROFUNDIDAD (m)	PARÁMETRO	EFV (J)	EF2 (J)	ER (J)	ETR1 (%)	ETR2 (%)	VMX (m/s)	FMX (KN)
Todas las profundidades (166 datos)	Promedio	403	346	473	85	73	5	98
	D. Estándar	12	22	3	3	5	1	8
	Máximo	432	381	475	92	80	6	123
	Mínimo	370	98	469	78	21	4	76
20,80 - 21,25	Promedio	409	344	469	87	74	5	101
	D. Estándar	13	11	0	3	2	0	4
	Máximo	432	360	469	92	77	6	112
	Mínimo	375	322	469	80	69	4	90
21,50 - 21,95	Promedio	406	346	475	86	73	4	103
	D. Estándar	7	36	0	1	8	0	6
	Máximo	421	360	475	89	76	5	123
	Mínimo	386	98	475	81	21	4	94
22,00 - 22,45	Promedio	406	353	475	86	74	5	93
	D. Estándar	8	12	0	2	3	1	10
	Máximo	423	381	475	89	80	6	120
	Mínimo	386	336	475	81	71	4	76
22,50 - 22,95	Promedio	390	346	475	82	73	5	94
	D. Estándar	9	13	0	2	3	0	6
	Máximo	415	375	475	88	79	6	110
	Mínimo	377	323	475	79	68	4	83
23,00 - 23,45	Promedio	399	342	475	84	72	5	92
	D. Estándar	14	15	0	3	3	1	10
	Máximo	422	369	475	89	78	6	111
	Mínimo	370	325	475	78	68	4	77

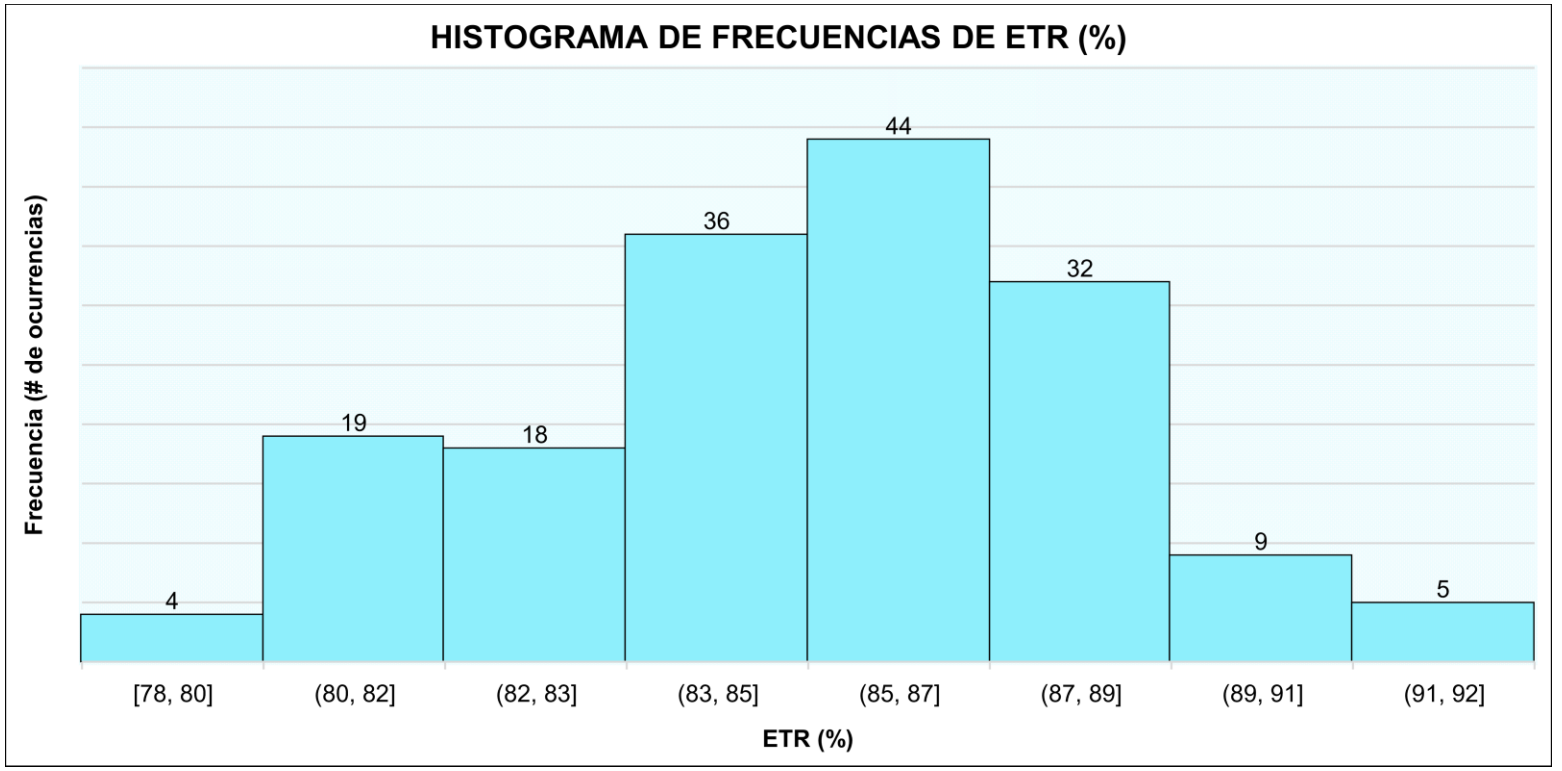
Analizando estos resultados, se puede notar que los datos obtenidos por el método EF2 se encuentran dentro de un rango muy amplio, aunque su desviación estándar no sea muy elevada, se tiene un valor de relación de energía del 21% mucho menor de lo que se estima obtener; por lo que los valores que se aceptan como confiables corresponden al método EFV.

Los valores de relación de energía de fuerza y velocidad para todas las profundidades tienen una desviación estándar promedio del 3%; es decir que no existe tanta dispersión en los datos obtenidos; la Figura 23 muestra la ocurrencia de los valores de ETR como una distribución normal típica, asemejándose a la forma de una campana.

Para el martillo automático se tiene un promedio de ETR1 de 85%, y un ETR2 de 73%; según la literatura, los valores de relación de energía para este martillo por el método EFV es de 84% y por el método EF2 un valor de 83%; comparando los resultados obtenidos se tiene una diferencia de 1% para EFV y 10% para EF2.

Con un total de 166 datos analizados se tiene como resultado que el porcentaje promedio de relación de energía que entrega la máquina Longyear 1 a través del martillo automático es del 85% y un factor de corrección de energía de 1.42; es decir que se obtendría un N_{85} corregido a partir de este valor.

Figura 23. Distribución de valores de ETR.



4.3.4. Resultados de calibración Máquina Lonyear 2

Resultados de penetración

La perforación se inició a los 1.50 metros con un total de 5 mediciones de energía a 5 distintas profundidades por cada 0.50 metros; se llegó hasta los 4 metros de profundidad sin presentar ningún inconveniente durante todo el ensayo. Los resultados de número de golpes registrados en campo, así como la recuperación de la muestra se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12. Resultados de ensayo de penetración.

Pozo	Profundidad (m)	LP (m)	LT (m)	LE (m)	# Golpes			Valor N	Recuperación (cm)
					15 cm	30 cm	45 cm		
SONDEO P1	1,50 - 2,00	1,50	1,23	2,7	5	7	8	15	41
	2,00 - 2,50	2,00	1,30	3,3	9	15	21	36	46
	2,50 - 3,00	2,50	1,22	3,7	9	16	16	32	48
	3,00 - 3,50	3,00	1,20	4,2	11	15	17	32	50
	3,55 - 4,00	3,55	1,31	4,9	17	20	25	45	48
LP: Longitud de perforación. LT: Longitud de tubería. LE: Longitud equivalente.									

Se tiene un total de 20, 45, 41, 43, y 62 golpes para cada profundidad del sondeo.

En la Tabla 13 y 14 se muestra la información general de la calibración con los datos correspondientes a los equipos de perforación y de medida de energía, así como la lista de chequeo del equipo de perforación.

Tabla 13. Hoja de registro de información general del ensayo.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Proyecto:	Calibración Máquina Longyear 2	**Fecha inicio:**	17/10/2018
Ubicación:	Campus PUCE Nayón	**Fecha finalización:**	17/10/2018
Hora de inicio:	11h30	**Hora de finalización:**	13h30

INFORMACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN DE ENERGÍA				
Equipo de medición de energía:	SPT Analyzer - Pile Dynamics Inc.			
Operadores:	Ing. Sebastián Morales Ing. Samuel Chávez			
Calibración del equipo:	**Fecha de calibración inicial:**	07/06/2017		
	Fecha de nueva calibración:	07/06/2019		
Tubería Instrumentada:	**Tipo:**	AW	**Área:**	7.70 cm2
	Módulo de elasticidad:	207 000 Mpa		

INFORMACIÓN DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN			
Equipo de Perforación:	Máquina Longyear 2	**Nº Serie:**	57050X03
Método de perforación:	Método rotatorio de agujero abierto		
Operadores:	Wilson Simbaña - Perforador Darwin Reyes - Ayudante		
Tipo de martillo:	Martillo Automático		
	Peso: 63.5 kg	**Altura caída:**	76.2 cm
Sistema de caída del martillo:	Sistema automático		
	Tasa de impacto:	1 a 30 gpm	
	Modo de lubricación:	Diesel	

Observaciones:

Tabla 14. Lista de chequeo de los elementos del equipo de perforación.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROCESO DE VERIFICACIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN PREVIO A LA EJECUCIÓN DE MEDIDAS DE ENERGÍA

EQUIPOS CON SISTEMA DE CAÍDA AUTOMÁTICO			
Equipo:	**Deltabase Longyear 2**	**Fecha de última calibración:**	17/10/2018
		Fecha de nueva calibración:	17/10/2019
Tipo de martillo:	**Donut Automático**	**Tasa de impacto:**	1 a 30 gpm
		Método de lubricación:	Diesel

VERIFICACIÓN DE DIMENSIONES				
Parámetro	**Dimensión**	**Rango establecido**		**Cumple**
Peso del martillo	140 lb	140 ± 2 lb	ASTM D1586	SI
Altura de caída	76.2 cm	76 ± 3 cm	ASTM D1586	SI

VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS			
Parámetro	**Condición**		
	Muy Buena	**Buena**	**Regular**
Sistema de caída automático	X		
Sistema hidráulico	X		
Panel de control	X		

Observaciones:

Resultados de mediciones de energía

En la Tabla 15 se muestra un resumen de los datos obtenidos para cada profundidad del sondeo con su respectivo promedio, desviación estándar y los valores máximos y mínimos de cada parámetro. Los valores de relación de transferencia de energía obtenidos por el método de fuerza y velocidad (ETR1) varían entre 79% y 90%, con una desviación estándar del 2%, mientras que por el método de fuerza al cuadrado los porcentajes de relación de energía (ETR2) se encuentran entre 35% y 95% con una desviación estándar del 12%.

Tabla 15. Resultados de energía para todas las profundidades.

PROFUNDIDAD (m)	PARÁMETRO	EFV (J)	EF2 (J)	ER (J)	ETR1 (%)	ETR2 (%)	VMX (m/s)	FMX (KN)
Todas las profundidades (199 datos)	Promedio	400	274	475	84	58	5	107
	D. Estándar	11	56	0	2	12	0	6
	Máximo	429	450	475	90	95	6	117
	Mínimo	376	165	475	79	35	4	86
1,50 - 2,00	Promedio	413	182	475	87	38	5	110
	D. Estándar	9	10	0	2	2	0	5
	Máximo	429	201	475	90	42	5	117
	Mínimo	397	165	475	84	35	5	100
2,00 - 2,45	Promedio	408	266	475	86	56	5	109
	D. Estándar	8	62	0	2	13	0	3
	Máximo	421	415	475	89	87	6	113
	Mínimo	379	215	475	80	45	4	100
2,50 - 3,00	Promedio	394	259	475	83	55	5	108
	D. Estándar	8	20	0	2	4	0	6
	Máximo	408	374	475	86	79	5	117
	Mínimo	378	242	475	80	51	4	96
3,00 - 3,45	Promedio	391	277	475	82	58	5	100
	D. Estándar	9	33	0	2	7	0	8
	Máximo	409	430	475	86	91	5	116
	Mínimo	376	248	475	79	52	4	86
3,55 - 4,00	Promedio	401	318	475	85	67	5	108
	D. Estándar	7	45	0	1	9	0	4
	Máximo	416	450	475	88	95	6	114
	Mínimo	382	281	475	81	59	4	98

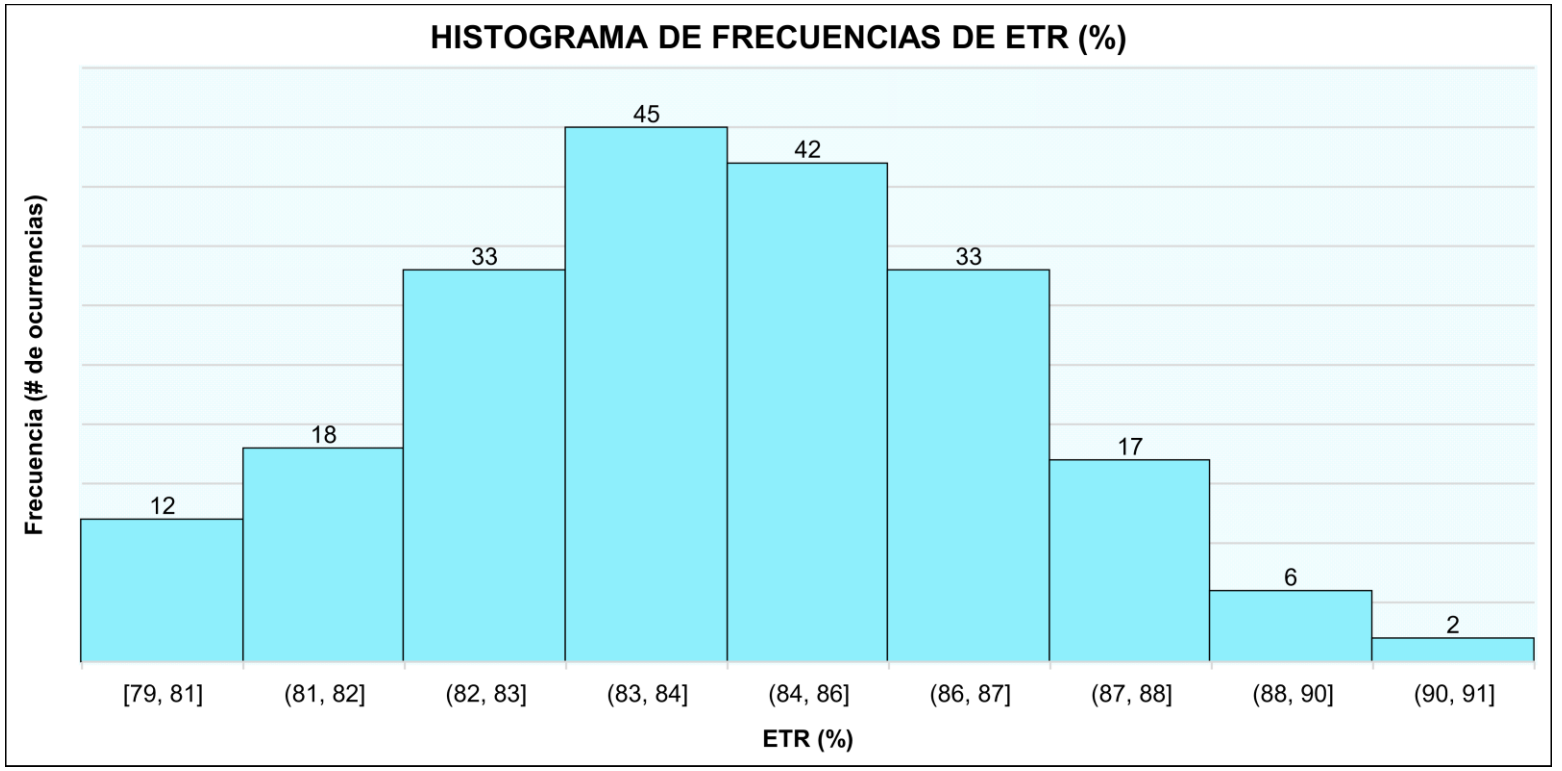
Analizando estos resultados, se puede notar que existe mayor dispersión de datos según el método EF2 y con un valor promedio de relación de energía de 58% que se considera muy bajo para un sistema de martillo automático, por lo que los valores que se aceptan corresponden al método EFV.

Los valores de relación de energía para todas las profundidades adoptados como confiables, tienen una desviación estándar promedio del 2%; es decir que no existe tanta dispersión en los datos con respecto a su media; la Figura 24 muestra la ocurrencia de los valores de ETR como una distribución normal típica, asemejándose a la forma de una campana.

Para el martillo automático se tiene un promedio de ETR1 de 84%, y un ETR2 de 58%; según la literatura, los valores de relación de energía para este martillo por el método EFV es de 84% y por el método EF2 el 83%; comparando los resultados obtenidos se tiene una diferencia de 0% para EFV y 25% para EF2.

Finalmente con un total de 199 datos analizados se tiene como resultado que el porcentaje promedio de relación de energía que entrega la máquina Longyear 2 a través del martillo automático es del 84% y un factor de corrección de energía de 1.40; es decir que se obtendría un N_{84} corregido a partir de este valor.

Figura 24. Distribución de valores de ETR.



4.3.5. Resultados de calibración Equipo Manual

Resultados de penetración

La perforación se inició al un metro de profundidad, obteniendo 5 mediciones de energía a 5 distintas profundidades por cada 0.50 metros, llegando a los 3.50 metros de profundidad. Los resultados de los valores N registrados en campo, así como la recuperación de la muestra se presenta en la Tabla 16.

Tabla 16. Resultados de ensayo de penetración.

Pozo	Profundidad (m)	LP (m)	LT (m)	LE (m)	# Golpes			Valor N	Recuperación (cm)
					15 cm	30 cm	45 cm		
SONDEO P1	1,00 - 1,50	1,00	0,88	1,9	8	13	20	33	42
	1,55 - 2,00	1,55	1,10	2,7	9	17	24	41	44
	2,00 - 2,50	2,00	0,88	2,9	9	10	14	24	48
	2,55 - 3,00	2,55	1,00	3,6	7	13	17	30	47
	3,00 - 3,50	3,00	1,17	4,2	6	9	14	23	47
LP: Longitud de perforación. LT: Longitud de tubería. LE: Longitud equivalente.									

Se tiene un total de 41, 50, 33, 37, y 29 golpes para cada profundidad del sondeo.

En la Tabla 17 y 18 se muestra la información general de la calibración con los datos correspondientes a los equipos de perforación y de medida de energía, así como la lista de chequeo del equipo de perforación.

Tabla 17. Hoja de registro de información general del ensayo.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Proyecto:	Calibración Equipo Manual	**Fecha inicio:**	07/11/2018
Ubicación:	Campus PUCE Matriz	**Fecha finalización:**	07/11/2018
Hora de inicio:	10h30	**Hora de finalización:**	12h00

INFORMACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN DE ENERGÍA				
Equipo de medición de energía:	SPT Analyzer - Pile Dynamics Inc.			
Operadores:	Ing. Sebastián Morales Ing. Samuel Chávez			
Calibración del equipo:	**Fecha de calibración inicial:**	07/06/2017		
	Fecha de nueva calibración:	07/06/2019		
Tubería Instrumentada:	**Tipo:**	AW	**Área:**	7.70 cm2
	Módulo de elasticidad:	207 000 Mpa		

INFORMACIÓN DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN			
Equipo de Perforación:	Equipo Manual	**Nº Serie:**	----------
Método de perforación:	Barrenas manuales, posteadoras		
Operadores:	Aldemar Quiroz - Perforador, Darwin Reyes - Ayudante Luis Espinoza - Ayudante, Johny Espinoza - Ayudante		

Tipo de martillo:	Martillo Donut			
	Peso:	63.5 kg	**Altura caída:**	75.5 cm
Sistema de caída del martillo:	Sistema cabo - malacate			
	Nº de vueltas del cabo:			2 ¼
	Cabo sobre o debajo del malacate:			Sobre

Observaciones:

Tabla 18. Lista de chequeo de los elementos del equipo de perforación.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROCESO DE VERIFICACIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN PREVIO A LA EJECUCIÓN DE MEDIDAS DE ENERGÍA

EQUIPOS CON SISTEMA DE CAÍDA CABO - MALACATE			
Equipo:	**Equipo Manual**	**Fecha de última calibración:**	07/11/2018
		Fecha de nueva calibración:	07/05/2019
Tipo de martillo:	**Donut**	**Tasa de impacto:**	1 a 20 gpm
		Lubricación de elementos:	Diesel

VERIFICACIÓN DE DIMENSIONES				
Parámetro	**Dimensión**	**Rango establecido**		**Cumple**
Peso del martillo	139.25 lb	140 ± 2 lb	ASTM D1586	SI
Altura de caída	75.50 cm	76 ± 3 cm	ASTM D1586	SI
Diámetro del malacate	11 cm	15 - 25 cm	ASTM D1586	NO
Diámetro del cabo*	2.60 cm	----------	----------	----------

* La normativa ASTM, no establece ningún valor de referencia del diámetro del cabo, pero en el medio se acostumbra a registrar este dato.

VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS					
Elemento	**Condición**				
	Limpio	**Graso / Oxidado**	**Nuevo**	**Desgastado**	**Mediano uso**
Malacate	X				X
Cabo	X				X
Polea	X				X

Observaciones:

Resultados de mediciones de energía

En la Tabla 19 se muestra un resumen de los datos obtenidos para cada profundidad del sondeo con su respectivo promedio, desviación estándar y valores máximos y mínimos de cada parámetro. Los valores de relación de transferencia de energía obtenidos por el método de fuerza y velocidad (ETR1) varían entre 46% y 76%, mientras que por el método de fuerza al cuadrado los porcentajes de relación de energía (ETR2) se encuentran entre 3% y 55%; la desviación estándar calculada para cada uno de los métodos es de 5% y 9% respectivamente.

Tabla 19. Resultados de energía para todas las profundidades.

PROFUNDIDAD (m)	PARÁMETRO	EFV (J)	EF2 (J)	ER (J)	ETR1 (%)	ETR2 (%)	VMX (m/s)	FMX (KN)
Todas las profundidades (187 datos)	Promedio	272	110	468	58	23	4	75
	D. Estándar	22	42	0	5	9	0	9
	Máximo	342	258	469	73	55	5	102
	Mínimo	215	13	468	46	3	3	54
1,00 - 1,45	Promedio	253	99	468	54	21	4	70
	D. Estándar	14	48	0	3	10	0	9
	Máximo	290	230	468	62	49	5	92
	Mínimo	219	21	468	47	5	3	55
1,55 - 2,00	Promedio	270	118	469	58	25	4	76
	D. Estándar	22	50	0	5	11	0	9
	Máximo	328	258	469	70	55	5	95
	Mínimo	215	57	469	46	12	3	54
2,00 - 2,45	Promedio	274	101	469	59	22	4	75
	D. Estándar	21	21	0	5	5	0	7
	Máximo	342	131	469	73	28	5	93
	Mínimo	242	13	469	52	3	3	62
2,55 - 3,00	Promedio	287	112	469	61	24	4	80
	D. Estándar	13	39	0	3	8	0	9
	Máximo	324	162	469	69	35	5	102
	Mínimo	260	16	469	55	3	3	65
3,00 - 3,45	Promedio	277	117	469	59	25	4	76
	D. Estándar	25	36	0	5	8	0	8
	Máximo	328	152	469	70	32	4	93
	Mínimo	235	18	469	50	4	3	63

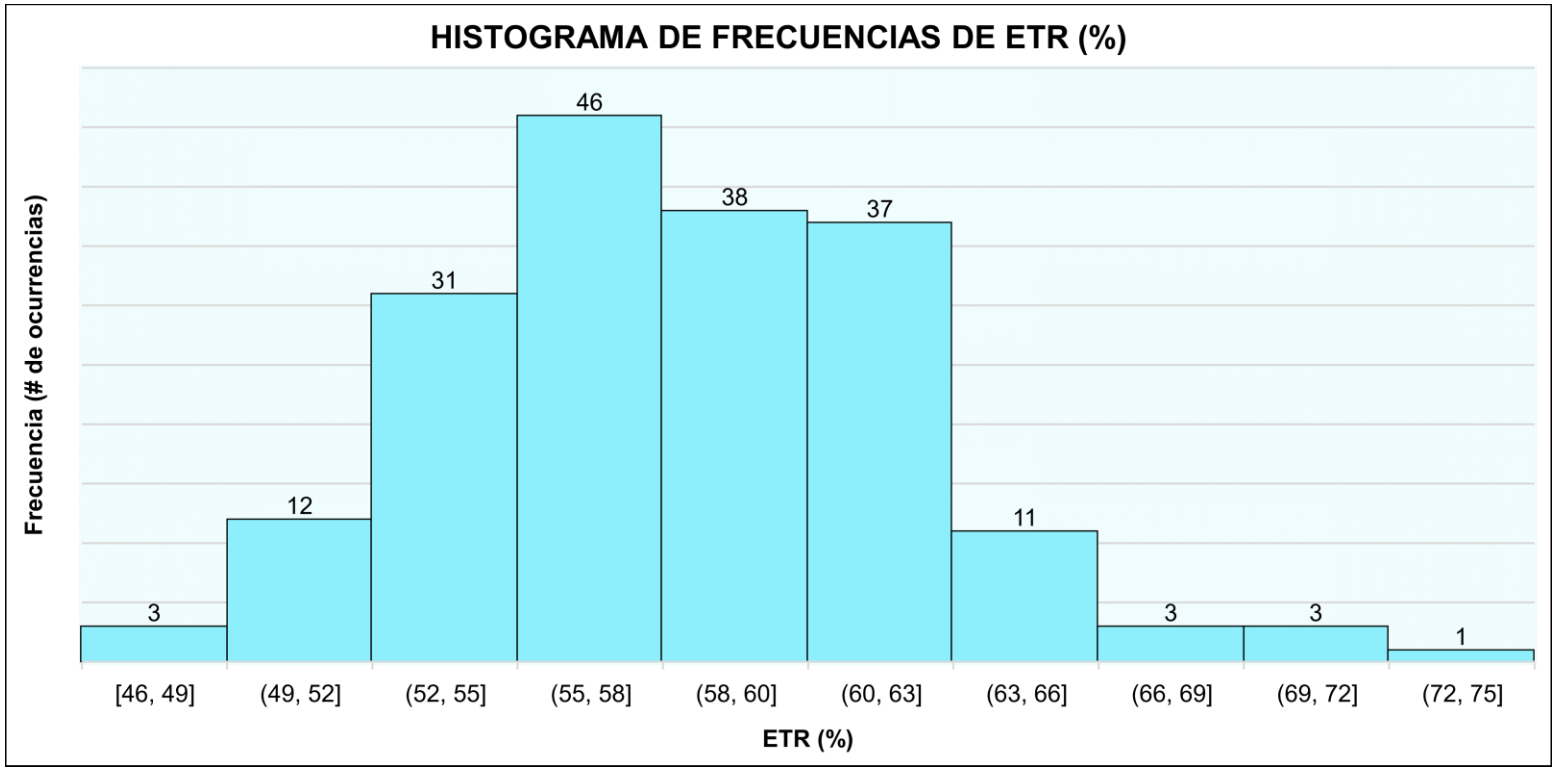
Analizando estos resultados, se puede notar que no existe gran diferencia entre las desviaciones, pero en el método EF2 se tienen valores muy reducidos de 3%, 4%, 5%, 12%, etc., y su valor promedio es de 23%, lo cual se encuentra por debajo de lo que se estima obtener para un equipo manual que es aproximadamente el 45%, por lo que los valores que se aceptan corresponden al método EFV.

Los valores de relación de energía para todas las profundidades adoptados como confiables, tienen una desviación estándar promedio del 5%; es decir que no existe gran dispersión en los datos con respecto a su media; la Figura 25 muestra la ocurrencia de los valores de ETR como una distribución normal típica, asemejándose a la forma de una campana.

Para el martillo Donut se tiene un promedio de ETR1 de 58%, y un ETR2 de 23%; según la literatura, los valores de relación de energía para este martillo por el método EFV es de 54% y por el método EF2 es de 38%; comparando los resultados obtenidos se tiene una diferencia de 4% para EFV y 15% para EF2.

Con un total de 187 datos analizados, finalmente se tiene como resultado que el porcentaje promedio de relación de energía que entrega el Equipo Manual a través del martillo donut es del 58% con un factor de corrección de energía de 0.97; es decir que se obtendría un N_{58} corregido a partir de este valor.

Figura 25. Distribución de valores de ETR.



CAPÍTULO V: TRABAJOS EN LABORATORIO

Las muestras alteradas obtenidas de las perforaciones realizadas fueron utilizadas para llevar a cabo los ensayos de contenido de humedad, granulometría y límites de consistencia, para obtener la clasificación del suelo. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) es el método comúnmente utilizado para clasificar el tipo de suelo ya sea de grano fino o grueso, según el análisis granulométrico del mismo; para esto el proceso de clasificación requiere realizar ensayos en laboratorio, siguiendo los lineamientos que se encuentran en las normativas ASTM.

5.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos clasifica el suelo en dos categorías:

- Suelos de grano grueso de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla No. 200. Para este grupo, los símbolos comienzan con un prefijo G (Grave) o S (Sand). G significa grava y S significa arena (Tabla 20).
- Los suelos de grano fino con 50% o más pasando por la malla No. 200. Para este grupo los símbolos comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico, C (Clay) para arcilla inorgánica u O para limos y arcillas orgánicos. El símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos (Tabla 21).

Se utilizan también otros símbolos para la clasificación:

- W: bien graduado
- P: mal graduado
- L: baja plasticidad (límite líquido menor que 50)
- H: alta plasticidad (límite líquido mayor que 50). (Das, 2011, pág. 39)

Símbolo de grupo	Criterios
SW	Menos de 5% pasa la malla No. 200; Cu = D60 / D10 mayor que o igual a 6; Cz = (D30) ² / (D10 x D60) entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla No. 200; no cumple ambos criterios para SW
SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A (Figura 26); o índice de plasticidad menor que 4
SC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican arriba de la línea A (Figura 26); índice de plasticidad mayor que 7
SC - SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML en la Figura 26
SW - SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SM
SW - SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SC
SP - SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SM
SP - SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SC

Tabla 20. Sistema Unificado de Clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos.[21]

Símbolo de grupo	Criterios
CL	Inorgánico; LL < 50; PI > 7; se grafica sobre o arriba de la línea A (véase zona CL en la Figura 26)
ML	Inorgánico; LL < 50; PI < 4; o se grafica debajo de la línea A (véase la zona ML en la Figura 26)
OL	Orgánico; LL - seco en horno) / (LL - sin secar); < 0.75; LL < 50 (véase zona OL en la Figura 26)
CH	Inorgánico; LL 2: 50; PI se grafica sobre o arriba de la línea A (véase la zona CH en la Figura 26)
MH	Inorgánico; LL 2: 50; PI se grafica debajo de la línea A (véase la zona MH en la Figura 26)
OH	Orgánico; LL - seco en horno) / (LL - sin secar); < 0.75; LL 2: 50 (véase zona OH en la Figura 26)
CL - ML	Inorgánico; se grafica en la zona sombreada en la Figura 26
Pt	Turba, lodos y otros suelos altamente orgánicos

Tabla 21. Sistema Unificado de Clasificación; símbolos de grupo para suelos limosos y arcillosos.[22]

[21] Das, B. M. (2011). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.* Boston: PWS Publishing Company
[22] Das, B. M. (2011). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.* Boston: PWS Publishing Company

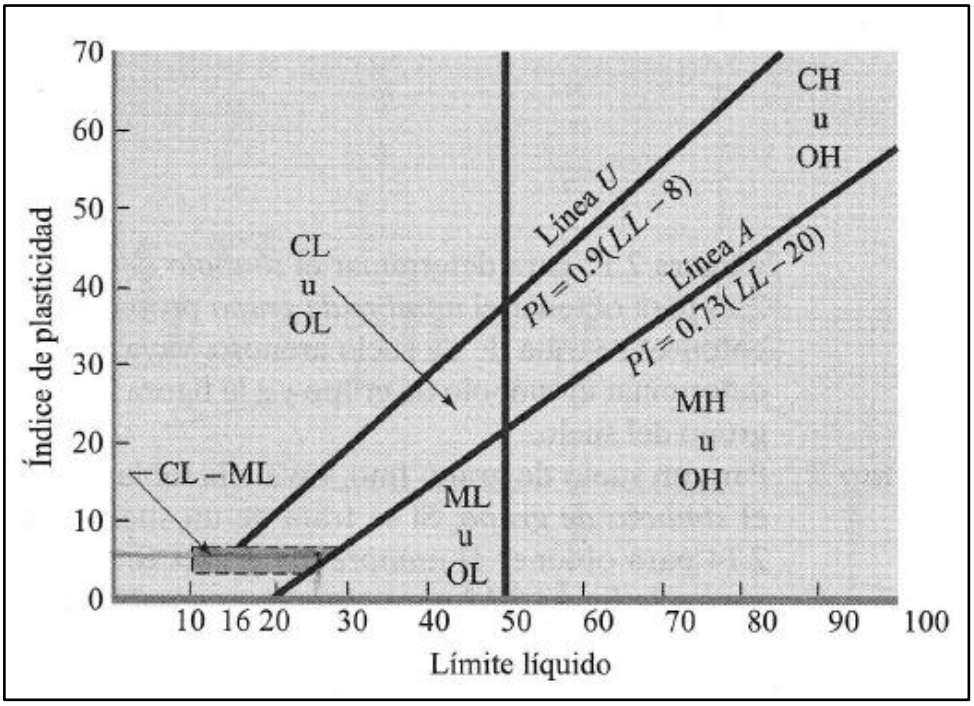


Figura 26. Carta de plasticidad.[23]

Para el empleo de este método existe información adicional que debe ser conocida para realizar la clasificación:

- Porcentaje de grava, es decir, la fracción que pasa la malla de 76.2 mm y es retenida en la malla No. 4 (abertura de 4.75 mm)
- Porcentaje de arena, es decir, la fracción que pasa la malla No. 4 (abertura de 4.75 mm) y es retenida en la malla No. 200 (abertura de 0.075 mm)
- Porcentaje de limo y arcilla, es decir, la fracción de finos que pasan la malla No. 200 (abertura de 0.075 mm)
- Coeficiente de uniformidad (Cu) y coeficiente de curvatura (Cz)
- Límite líquido e índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla No. 40. (Das, 2011, pág. 41)

[23] Das, B. M. (2011). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.* Boston: PWS Publishing Company

5.2. Contenido de Humedad (ASTM D2216 – 10)

El contenido de humedad de un material es la relación de la masa de agua contenida entre los espacios de los poros de un material de suelo o roca y la masa sólida de las partículas en ese material. Este resultado es expresado en porcentaje (ASTM International, 2010).

Para la ejecución de este ensayo se necesitarán de los siguientes elementos:

- Horno de temperatura constante 110 ± 5º C
- Balanza de sensibilidad de 0.01 gramos
- Cápsulas (Contenedores)
- Equipo de protección (Guantes resistentes a altas temperaturas)



Imagen 40. Peso de muestra de suelo húmeda para contenido de humedad.

El procedimiento de ensayo se lo realizará de acuerdo con la norma ASTM D2216, donde se especifican los pasos a seguir al igual que la información acerca de los especímenes de ensayo y los aparatos utilizados.

Para iniciar, se toma el peso de la cápsula vacía antes de llenarla con la muestra de suelo húmeda, una vez que la cápsula esté con una cantidad de suelo considerable, se la pesa y se la lleva al horno para secarla por al menos 24 horas.



Imagen 41. Muestras de suelo para contenido de humedad.

5.2.1. Cálculo del contenido de humedad

El contenido de humedad es calculado usando la masa del agua y la masa del suelo seco como se presenta en la siguiente ecuación:

$$w = \frac{m_{cms} - m_{cds}}{m_{cds} - m_c} * 100 \qquad (10)$$

Dónde:

w: contenido de humedad,

m_{cms}: masa de la cápsula y el suelo húmedo,

m_{cds}: masa de la cápsula y el suelo seco,

m_c: masa de la cápsula (ASTM International, 2010).

5.3. Granulometría (ASTM D422)

La granulometría del suelo es un análisis mecánico que consiste en determinar el rango del tamaño de partículas de suelo expresado como un porcentaje del peso seco total. Se usan generalmente dos métodos para encontrar la distribución del tamaño de las partículas del suelo: 1) análisis por cribado, para tamaños de partículas mayores de 0.075 mm de diámetro, y 2) análisis hidrométrico, para tamaños de partículas menores de 0.075 mm de diámetro. (Das, 2011, pág. 7)

Para la ejecución de este ensayo se necesitarán de los siguientes elementos:

- Tamices
- Horno de temperatura constante 110 ± 5º C
- Balanza de sensibilidad de 0.01 gramos
- Contenedores (Vasos)
- Equipo de protección (Guantes resistentes a altas temperaturas)

Primeramente, con la muestra obtenida de la perforación, se procede a remojarla en agua para que la muestra se ablande, y luego lavarla para que las partículas se disgreguen completamente, y posteriormente se seca la muestra en el horno una vez que todos los grumos se han disuelto en partículas pequeñas antes de ser pasados por las mallas.



Imagen 42. Muestras remojadas para granulometría.

El análisis por cribado consiste en agitar la muestra de suelo previamente lavada y secada por una serie de tamices (mallas) que comprenden aberturas que van disminuyendo en orden descendente. Una vez terminado el proceso de cribado, se toma la masa retenida de la muestra en cada tamiz, para posteriormente obtener el porcentaje retenido acumulado y porcentaje que pasa de suelo por cada malla respecto de la masa total ensayada; y así obtener la gráfica de la distribución granulométrica del suelo.



Imagen 43. Conjunto de tamices para análisis por cribado.

5.3.1. Cálculo de análisis granulométrico

Para obtener el porcentaje retenido de suelo en cada tamiz se debe determinar el peso retenido acumulado de cada malla, llegando al peso total de la muestra; se obtendrá el porcentaje retenido mediante la siguiente ecuación:

$$\%\, Retenido = \frac{m_{rat}}{m_t} * 100 \qquad (11)$$

Dónde:

m_{rat}: masa de suelo retenida acumulada para cada tamiz, y,

m_t: masa total del suelo seco.

El porcentaje de suelo que pasa por cada malla se obtendrá de la siguiente manera:

$$\% \, Pasa = \, 100 - \% \, Retenido \qquad (12)$$

Los resultados del análisis por cribado se representan mediante la curva de distribución granulométrica, en la cual se grafican el porcentaje de suelo que pasa y el diámetro correspondiente para cada malla en escala logarítmica o semilogarítmica como se muestra en la Figura 34.

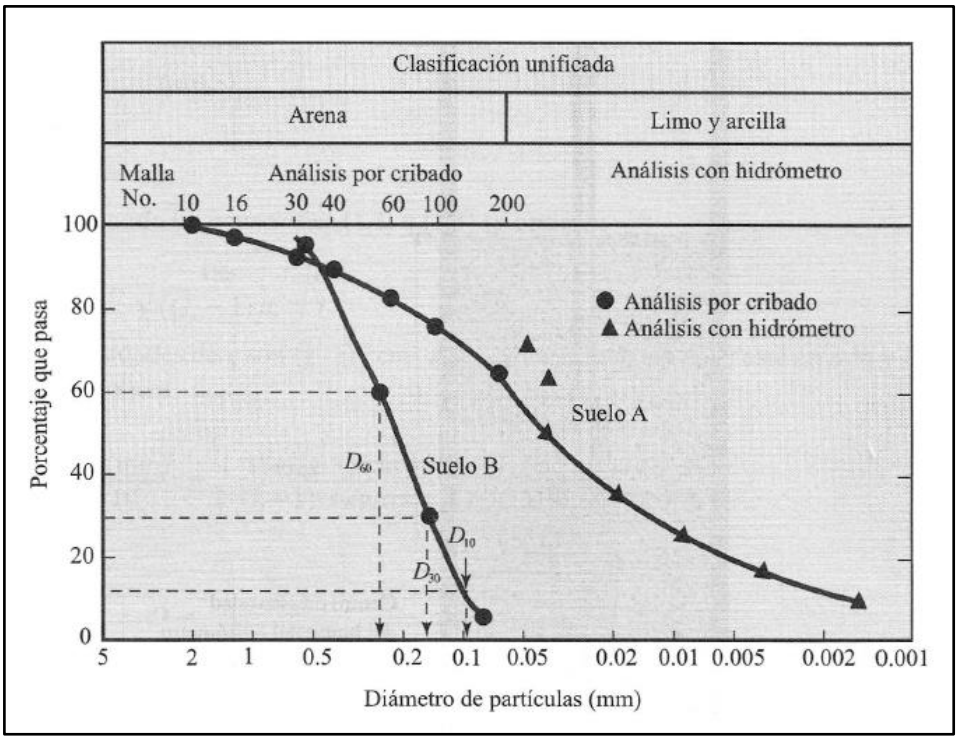


Figura 27. Curvas de distribución del tamaño de partículas (curvas granulométricas).[24]

[24] Das, B. M. (2011). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.* Boston: PWS Publishing Company

5.4. Límites de consistencia (ASTM D4318)

La consistencia de un suelo de grano fino se determina mediante la cantidad de agua que contenga sin llegar a desmoronarse; es decir, a diferentes contenidos de agua se determinará si el suelo se encuentra en un estado sólido, semisólido, plástico o líquido. El contenido de agua en el punto de transición de estado semisólido a plástico es el límite plástico, y de estado plástico a líquido es el límite líquido (Das, 2011).

5.4.1. Límite Líquido (LL)

Para la ejecución de este ensayo se necesitarán de los siguientes elementos:

- Copa de Casagrande y ranurador
- Horno de temperatura constante 110 ± 5º C
- Balanza de sensibilidad de 0.01 gramos
- Cápsulas (Contendores)
- Espátula, pipeta de agua



Imagen 44. Elementos para ensayo de límite líquido.

Según la norma ASTM D4318, el material necesario para realizar este ensayo es el material que pasa el tamiz N.º 40; además, el procedimiento utilizado para obtener el límite líquido es el método A correspondiente al método multipunto.

Al material pasante del tamiz N.º 40, se le agrega un poco de agua y se lo mezcla con la espátula hasta obtener una pasta homogénea, seguidamente se coloca la pasta sobre la copa de Casagrande, verificando que la superficie quede completamente lisa para posteriormente cortarla con el ranurador. Se enciende el contador de golpes automático hasta que la ranura se haya cerrado en al menos 12.7 mm, como se muestra en la Imagen 45. Una vez obtenidos los golpes necesarios para cerrar la ranura, se toma un poco de la muestra y se la coloca en una cápsula para secarla en el horno y obtener su humedad.

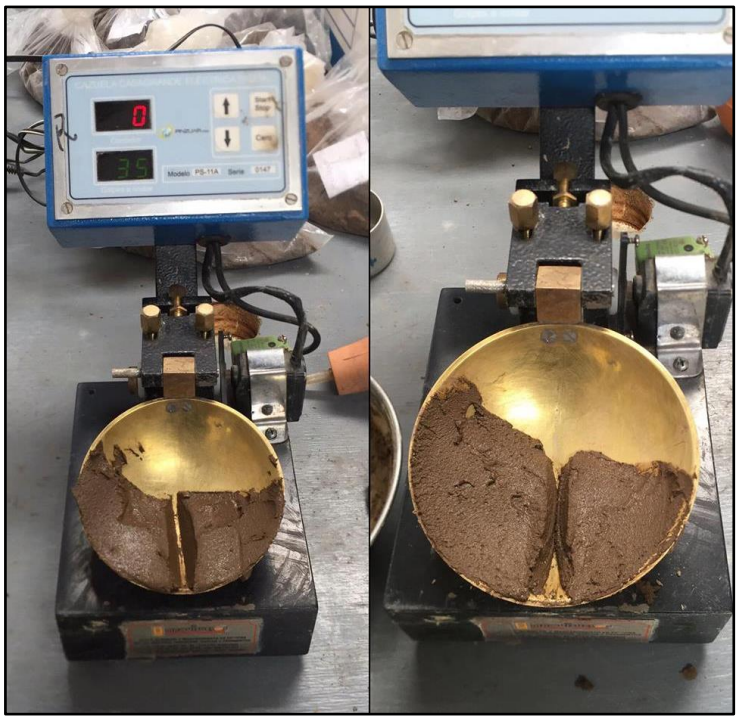


Imagen 45. Ensayo de límite líquido, antes del ensayo y después del ensayo.

El rango de número de golpes que se puede obtener durante el ensayo va de 10 a 35. El número de golpes irá aumentando conforme la humedad de la muestra disminuya; es decir, con menos contenido de agua el número de golpes es mayor, y a mayor contenido de agua

el número de golpes es menor. Este procedimiento se realiza agregando diferentes cantidades de agua para obtener al menos tres puntos.

5.4.1.1. Cálculo del límite líquido

Para el método multipunto, el límite líquido se obtiene de manera gráfica a través de la curva “Número de golpes vs Contenido de Humedad”, en escala semilogarítmica, determinando el porcentaje de contenido de humedad correspondiente a los 25 golpes.

5.4.2. Límite Plástico (LP)

El límite plástico se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual la masa de la muestra de ensayo luego de conformarse un cilindro de 3.2 mm de diámetro, presenta fisuramientos. El ensayo se lleva a cabo enrollando repetidamente a mano sobre una placa de vidrio (Imagen 46) una masa de suelo de forma elipsoidal. (Das, 2011, pág. 29)



Imagen 46. Ensayo de límite plástico.

En el estado de límite plástico, los rollitos son colocados en una cápsula para determinar su peso húmedo y posteriormente secar la muestra en el horno.



Imagen 47. Peso de la cápsula con muestra húmeda para límite plástico.

5.4.2.1. Cálculo del límite plástico

El límite plástico es el porcentaje de contenido de humedad de la muestra.

Una vez obtenido el límite líquido y límite plástico, se obtiene el índice plástico con la siguiente expresión:

$$IP = LL - LP \qquad (13)$$

Dónde:

IP: índice plástico,

LL: límite líquido, y,

LP: límite plástico.

5.5. Resultados de clasificación SUCS

Las muestras obtenidas de todas las calibraciones y para todas las profundidades han sido ensayadas según los procedimientos descritos anteriormente.

Se presentan a continuación, tablas de resumen con los resultados correspondientes de contenido de humedad, límites de consistencia, granulometría, con la respectiva clasificación y nombre de la muestra de suelo.

5.5.1. Resultados de muestras obtenidas de calibración máquina Acker

En el capítulo de Anexos, el Anexo 1 y Anexo 2, muestran un registro fotográfico de las muestras obtenidas con su respectiva medida de longitud de recuperación.

Tabla 22. Clasificación de muestras obtenidas de calibración máquina Acker - Sondeo 1.

Profundidad (m)	Contenido de humedad	Límites		Granulometría			Clasificación	Nombre
		LP	IP	Grava	Arena	Finos		
4.00 - 4.45	18%	28	5	0%	28%	72%	**CL - ML**	**Arcilla limosa con arena**
4.50 - 5.00	19%	28	3	0%	26%	74%	**ML**	**Limo con arena**
5.00 - 5.45	16%	26	5	1%	30%	69%	**CL - ML**	**Arcilla limosa con arena**
5.50 - 6.00	17%	24	4	0%	32%	68%	**ML**	**Limo arenoso**

Tabla 23. Clasificación de muestras obtenidas de calibración máquina Acker - Sondeo 2.

Profundidad (m)	Contenido de humedad	Límites		Granulometría			Clasificación	Nombre
		LP	IP	Grava	Arena	Finos		
1.00 - 1.45	20%	26	4	1%	34%	65%	**ML**	**Limo arenoso**
1.50 - 2.00	16%	23	4	0%	40%	60%	**ML**	**Limo arenoso**
2.00 - 2.45	17%	27	5	1%	32%	67%	**CL - ML**	**Arcilla limosa con arena**
2.50 - 3.00	17%	24	4	0%	30%	70%	**ML**	**Limo arenoso**
3.00 - 3.45	21%	26	4	0%	23%	77%	**ML**	**Limo con arena**

5.5.2. Resultados de muestras obtenidas de calibración máquina Longyear 1

El Anexo 3, muestra un registro fotográfico de las muestras obtenidas con su respectiva medida de longitud de recuperación.

Tabla 24. Clasificación de muestras obtenidas de calibración máquina Longyear 1.

Profundidad (m)	Contenido de humedad	Límites		Granulometría			Clasificación	Nombre
		LP	IP	Grava	Arena	Finos		
20.80 - 21.25	43%	44	11	1%	44%	55%	**CL**	**Arcilla ligera arenosa**
21.50 - 21.95	36%	-	-	3%	74%	23%	**SM**	**Arena limosa**
22.00 - 22.45	40%	-	-	2%	63%	35%	**SM**	**Arena limosa**
22.50 - 22.95	36%	29	4	1%	60%	39%	**SM**	**Arena limosa**
23.00 - 23.45	34%	-	-	0%	60%	40%	**SM**	**Arena limosa**

5.5.3. Resultados de muestras obtenidas de calibración máquina Longyear 2

El Anexo 4, muestra un registro fotográfico de las muestras obtenidas con su respectiva medida de longitud de recuperación.

Tabla 25. Clasificación de muestras obtenidas de calibración máquina Longyear 2.

Profundidad (m)	Contenido de humedad	Límites		Granulometría			Clasificación	Nombre
		LP	IP	Grava	Arena	Finos		
1.50 - 2.00	22%	27	3	2%	29%	69%	**ML**	**Limo con arena**
2.00 - 2.45	19%	27	3	0%	28%	72%	**ML**	**Limo con arena**
2.50 - 3.00	21%	26	4	0%	24%	76%	**ML**	**Limo con arena**
3.00 - 3.45	20%	27	5	0%	26%	74%	**CL - ML**	**Arcilla limosa con arena**
3.50 - 4.00	22%	27	5	0%	22%	78%	**CL - ML**	**Arcilla limosa con arena**

5.5.4. Resultados de muestras obtenidas de calibración Equipo Manual

El Anexo 5, muestra un registro fotográfico de las muestras obtenidas con su respectiva medida de longitud de recuperación.

Tabla 26. Clasificación de muestras obtenidas de calibración Equipo Manual.

Profundidad (m)	Contenido de humedad	Límites		Granulometría			Clasificación	Nombre
		LP	IP	Grava	Arena	Finos		
1.00 - 1.50	21%	-	-	0%	27%	73%	**ML**	**Limo con arena**
1.55 - 2.00	21%	-	-	0%	34%	66%	**ML**	**Limo arenoso**
2.00 - 2.50	20%	-	-	7%	36%	57%	**ML**	**Limo arenoso**
2.55 - 3.00	21%	-	-	0%	28%	72%	**ML**	**Limo con arena**
3.00 - 3.50	21%	-	-	0%	27%	73%	**ML**	**Limo con arena**

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE LICUEFACCIÓN

El análisis del potencial de licuefacción, se lo calculará por el método de Youd e Idriss, en el cual se proporcionan expresiones que la normativa ASTM D6066 (“Standard Practice for Determining the Normalized Penetration Resistance of Sands for Evaluation of Liquefaction Potential”) adoptada como procedimientos de cálculo estándar. Estas expresiones se refieren a la determinación de la resistencia a la penetración (N) normalizada a un nivel de energía del 60% y una presión de sobrecarga de 1 atm ($(N_1)_{60}$).

6.1. Fenómeno de licuefacción de suelos

La licuefacción es definida como la transformación de un material granular de un estado sólido a un estado líquido como consecuencia del incremento de la presión de poro del agua y la reducción del esfuerzo efectivo. El incremento de la presión de poro del agua es inducido por la tendencia de los materiales granulares a compactarse cuando están sujetos a deformaciones de corte cíclicas (Youd & Idriss, 2001).

Cuando la presión de poro del agua alcanza el valor de los esfuerzos totales del suelo, sucede que los esfuerzos efectivos son iguales a cero y el suelo se encuentra en un estado en que presenta una resistencia al corte nula, por lo que se rompe la estabilidad del depósito de suelo, y por lo tanto, el suelo se comporta como un líquido (Poblete, 2004).

Cuando se produce el fenómeno de licuefacción se deben considerar las condiciones en las que se encuentra el depósito de suelo mientras se genera un evento sísmico. El depósito de suelo está compuesto por un conjunto de partículas de diferentes tamaños las cuales están en contacto unas con otras; el peso de estas partículas producen fuerzas de contacto entre ellas, las que en conjunto se encargan de mantener la resistencia del suelo.

La licuefacción se presenta cuando la estructura del depósito de suelo se rompe como consecuencia de una carga rápida; a partir de la acción de esta carga, las partículas buscan llegar a una configuración más densa, pero, durante un evento sísmico no hay tiempo suficiente para que el exceso de la presión de poro se disipe, por lo tanto, el agua contenida en el depósito se encuentra encerrada reduciendo las fuerzas de contacto entre las partículas de suelo. Esto produce una pérdida en la resistencia y rigidez del depósito de suelo (Poblete, 2004).

6.1.1. Evaluación a la resistencia a la licuefacción de suelos

Para la evaluación de este fenómeno es necesario conocer y estimar el valor de dos variables que son: la "Relación de Esfuerzo Cíclico (CSR)" que es la demanda sísmica sobre una capa de suelo, y la "Relación de Resistencia Cíclica (CRR)" que es la capacidad del suelo para resistir la licuefacción (Youd & Idriss, 2001).

Relación de Esfuerzo Cíclico (CSR)

En 1971, Seed e Idriss formularon la siguiente ecuación para la estimación de la relación de esfuerzo cíclico:

$$CSR = \left(\frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}}\right) = 0.65\left(\frac{a_{máx}}{g}\right)\left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right) r_d \qquad (14)$$

Dónde:

$a_{máx}$: es la aceleración horizontal pico en la superficie del suelo, generada por el sismo,

g: aceleración de la gravedad,

τ_{av}: esfuerzo cortante promedio,

σ_{vo}: esfuerzo total vertical de sobrecarga,

σ'_{vo}: esfuerzo efectivo vertical de sobrecarga, y,

r_d: coeficiente de reducción de esfuerzo (Youd & Idriss, 2001).

El coeficiente de reducción de esfuerzo toma en cuenta la flexibilidad del perfil de suelo, para el cual se han formulado algunas ecuaciones para su estimación, siendo la siguiente la más recomendable y fácil de programar en prácticas de ingeniería:

$$r_d = \frac{(1.000 - 0.4113z^{0.5} + 0.04052z + 0.001753z^{1.5})}{(1.000 - 0.4177z^{0.5} + 0.05729z - 0.006205z^{1.5} + 0.001210z^2)} \qquad (15)$$

Dónde:

z: profundidad bajo la superficie del suelo en metros (Youd & Idriss, 2001).

La Figura 28 muestra una curva aproximada obtenida a partir de la ecuación 18 para facilitar el cálculo del factor r_d.

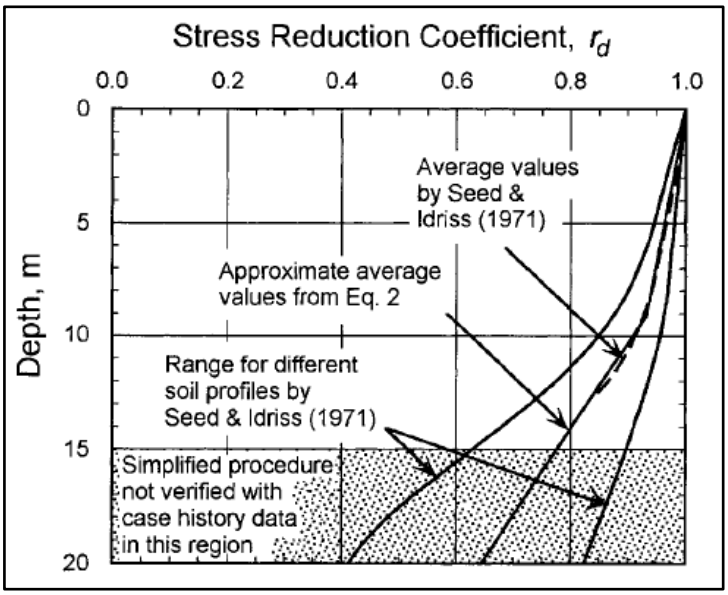


Figura 28. Curvas r_d vs. Profundidad, desarrolladas por Seed e Idriss.[25]

[25] Youd, T. L., & Idriss, I. M. (2001). Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 297-313.

Relación de Resistencia Cíclica (CRR)

Para estimar la CRR es necesario recuperar y analizar muestras de suelo sin alterar en el laboratorio, pero lamentablemente los estados de esfuerzos in situ, generalmente no pueden reestablecerse dentro del laboratorio, y las técnicas típicas de perforación y muestreo están demasiado alteradas para generar resultados significativos. Solo a través de técnicas especializadas de muestreo como la congelación del suelo, se pueden obtener especímenes que no estén alterados lo suficiente, pero el costo de estos procedimientos es muy elevado. Es por esto, que los ensayos en campo se han convertido en la práctica más común para investigaciones de licuefacción (Youd & Idriss, 2001).

Uno de los ensayos de campo comúnmente empleado para el análisis del fenómeno de licuefacción es el Ensayo de Penetración Estándar (SPT); según este ensayo, los criterios para la evaluación de la resistencia a la licuefacción son ampliamente representados en la Figura 29 que muestra la curva CSR versus $(N_1)_{60}$. El $(N_1)_{60}$ es el número de golpes normalizado a una presión de sobrecarga de aproximadamente 100 kPa (1 atm), y una eficiencia de relación de energía del martillo del 60%. La Figura 29 presenta datos de sitios donde los efectos de licuefacción fueron o no observados, según pasados eventos sísmicos con magnitudes de aproximadamente 7.5 en la escala de Richter. Las curvas CRR son conservativamente colocadas para separar las regiones con datos indicativos de licuefacción, de regiones con datos indicativos de no licuefacción. Las curvas CRR de la Figura 29 son válidas únicamente para sismos de magnitud de 7.5; por lo cual se debe emplear factores de escala para otras magnitudes diferentes a esta (Youd & Idriss, 2001).

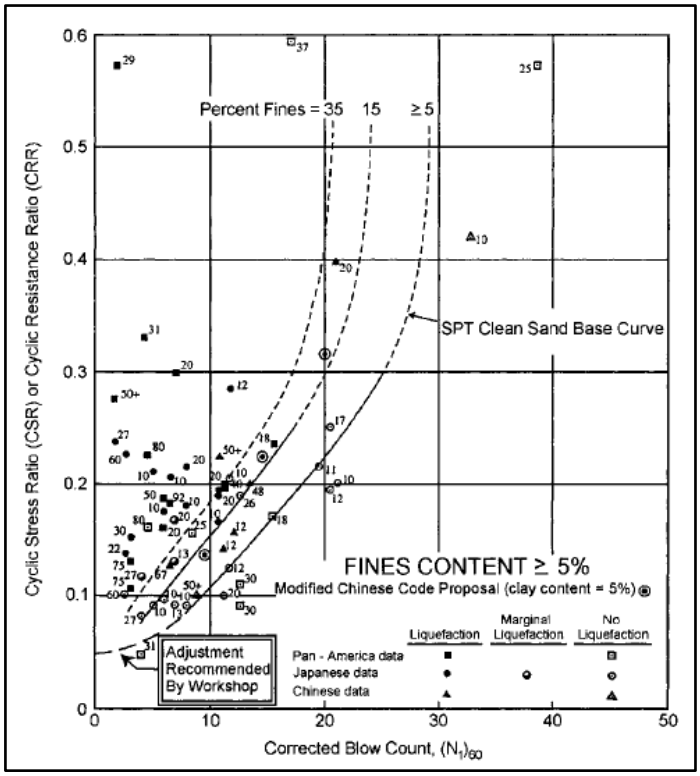


Figura 29. Curva SPT de arena limpia para sismos de magnitud 7.5.[26]

La ecuación con la que fue aproximada la curva SPT de arena limpia para sismos de magnitud 7.5, es la siguiente:

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{[10 * (N_1)_{60} + 45]^2} - \frac{1}{200} \qquad (16)$$

Dónde:

$CRR_{7.5}$: relación de resistencia cíclica para sismos de magnitud 7.5, y,

$(N_1)_{60}$: número de golpes para una presión de sobrecarga de 100 kPa y eficiencia de relación de energía del martillo del 60% (ASTM International, 2011).

[26] Youd, T. L., & Idriss, I. M. (2001). Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 297-313.

Esta ecuación es válida para valores $(N_1)_{60}$ < 30. Para valores $(N_1)_{60}$ ≥ 30, los suelos granulares son muy densos para licuefar, y son clasificados como no licuefables (Youd & Idriss, 2001).

Influencia de Contenido de Finos

El contenido de material fino puede tener influencia en el incremento del potencial de licuefacción o el decremento en la resistencia a la penetración; la causa de que cualquiera de estos sucesos ocurra no es clara, es por esto, que se han expuesto expresiones para corregir la influencia del contenido de finos (FC) en la relación de resistencia cíclica (CRR). Las siguientes ecuaciones fueron desarrolladas para la corrección del $(N_1)_{60}$ para un valor equivalente de arena limpia $(N_1)_{60cs}$:

$$(N_1)_{60cs} = \alpha + \beta(N_1)_{60} \qquad (17)$$

Dónde:

$\alpha\ y\ \beta$: coeficientes determinados por las siguientes relaciones:

$$\alpha = 0 \quad para\ FC \leq 5\% \qquad (18a)$$

$$\alpha = exp[1.76 - (190/FC^2)] \quad para\ 5\% < FC < 35\% \qquad (18b)$$

$$\alpha = 5.0 \quad para\ FC \geq 35\% \qquad (18c)$$

$$\beta = 1.0 \quad para\ FC \leq 5\% \qquad (19a)$$

$$\beta = [0.99 + (FC^{1.2}/1000)] \quad para\ 5\% < FC < 35\% \qquad (19b)$$

$$\beta = 1.2 \quad para\ FC \geq 35\% \qquad (19c)$$

El contenido de finos (FC) es la cantidad de material que pasa la malla Nº 200, es decir suelos con tamaño de partículas menores a 0.075 mm. (Youd & Idriss, 2001).

Otras correcciones

Existen otros factores además del contenido de finos y características granulares que influyen en los resultados del SPT, por lo que el valor $(N_1)_{60}$ debe ser corregido a partir de estos. La siguiente ecuación incorpora todos estos factores de corrección:

$$(N_1)_{60} = N_m C_N C_E C_B C_R C_S \qquad (20)$$

Dónde:

N_m: número de golpes medidos en campo,

C_N: factor para normalizar N_m a un esfuerzo efectivo de sobrecarga de referencia,

C_E: factor de corrección por relación de energía del martillo (ER),

C_B: factor de corrección por diámetro de la perforación,

C_R: factor de corrección por longitud de tubería, y,

C_S: factor de corrección para muestreadores con o sin revestimiento (Youd & Idriss, 2001).

El factor de corrección C_N no debe exceder a un valor de 1.7 y es comúnmente calculado con las siguientes ecuaciones:

$$C_N = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{vo}}\right)^{0.5} \quad para\ \sigma'_{vo} < 200\ kPa \qquad (21)$$

$$C_N = \frac{2.2}{\left(1.2 + \frac{\sigma'_{vo}}{P_a}\right)} \quad para\ \sigma'_{vo} < 300\ kPa \qquad (22)$$

Dónde:

P_a: presión efectiva de sobrecarga de aproximadamente 100 kPa (1 atm),

σ'_{vo}: presión efectiva de sobrecarga al momento de la perforación y penetración (Youd & Idriss, 2001) (ASTM International, 2011).

Los factores restantes expuestos en la ecuación (20) se muestran en la Tabla 27 que se presenta a continuación:

Factor	Equipo variable	Término	Corrección
Presión de sobrecarga	-	C_N	$(P_a/\sigma'_{vo})^{0.5}$
Presión de sobrecarga	-	C_N	$C_N \leq 1.7$
Relación de energía	Martillo Donut	C_E	0.5 - 1.0
Relación de energía	Martillo de seguridad	C_E	0.7 - 1.2
Relación de energía	Martillo automático Donut	C_E	0.8 - 1.3
Diámetro de la perforación	65 - 115 mm	C_B	1.0
Diámetro de la perforación	150 mm	C_B	1.05
Diámetro de la perforación	200 mm	C_B	1.15
Longitud de la tubería	< 3 m	C_R	0.75
Longitud de la tubería	3 - 4 m	C_R	0.8
Longitud de la tubería	4 - 6 m	C_R	0.85
Longitud de la tubería	6 - 10 m	C_R	0.95
Longitud de la tubería	10 - 30 m	C_R	1.0
Método de muestreo	Muestreador estándar	C_S	1.0
Método de muestreo	Muestreador sin revestimiento	C_S	1.1 - 1.3

Tabla 27. Factores de corrección para SPT.[27]

Factores de Escala de Magnitud (MSFs)

Varios autores han presentado curvas y expresiones para determinar los MSFs, pero los participantes del documento de referencia recomiendan estos factores de escala revisados. Los factores de escala revisados son significativamente mayores que los factores de escala originales para magnitudes < 7.5 y algo menores que los factores originales para

[27] Youd, T. L., & Idriss, I. M. (2001). Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 297-313.

magnitudes > 7.5. En relación con los factores de escala originales, los factores revisados conducen a un riesgo de licuefacción calculado reducido para magnitudes < 7.5, pero aumentan el riesgo calculado para magnitudes > 7.5. Los factores de escala de magnitud revisados son definidos por la siguiente ecuación:

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{{M_w}^{2.56}} \qquad (23)$$

Dónde:

M_w: magnitud de escala de momento (Youd & Idriss, 2001).

Factor de Seguridad (FS)

El factor de seguridad es definido como la relación entre la relación de resistencia cíclica (CRR) y la relación de esfuerzo cíclico (CSR). Los factores de escala de magnitud (MSF) influyen en el cálculo del factor de seguridad (FS) en contra de la licuefacción por lo que se define a este factor con la siguiente expresión:

$$FS = \left(\frac{CRR_{7.5}}{CSR}\right) * MSF \qquad (24)$$

Dónde:

$CRR_{7.5}$: relación de resistencia cíclica para sismos de magnitud 7.5,

CSR: relación de esfuerzo cíclico calculado, generado por el movimiento del sismo (Youd & Idriss, 2001).

Correcciones para altos esfuerzos de sobrecarga, esfuerzos de corte estáticos, y edad del depósito.

Factor de corrección K_σ

Datos de ensayos de laboratorio de carga cíclica indican que la resistencia a la licuefacción incrementa con el crecimiento del esfuerzo de confinamiento; sin embrago, la tasa de creicimiento no es lineal. Para tener en cuenta la no linealidad entre el CRR y la presión de sobrecarga efectiva, Seed introdujo el factor de corrección K_σ para extrapolar el procedimiento simplificado a las capas de suelo con presiones de sobrecarga > 100 kPa. La expresión derivada según ensayos de laboratorio para calcular K_σ es la siguiente:

$$K_\sigma = \left(\frac{\sigma'_{vo}}{P_a}\right)^{(f-1)} \qquad (25)$$

Dónde:

σ'_{vo}: presión efectiva de sobrecarga,

P_a: presión atmosférica, medida en las mismas unidades, y,

f: exponente que es función de las condiciones de sitio, como la densidad relativa, historial de esfuerzo, relación de sobreconsolidación (Youd & Idriss, 2001).

Se recomienda los siguientes valores de f, según los porcentajes de densidad relativa:

$$f = 0.7 - 0.8 \qquad para\ densidades\ relativas\ entre\ 40\%\ y\ 60\% \qquad (26)$$

$$f = 0.6 - 0.7 \qquad para\ densidades\ relativas\ entre\ 60\%\ y\ 80\% \qquad (27)$$

Factor de corrección de inclinación de superficie K_α

La resistencia a la licuefacción de suelos dilativos (materiales granulares moderadamente densos a densos bajo esfuerzo de confinamiento) aumenta al incrementar el esfuerzo de corte estático. Por lo contario, la resistencia a la licuefacción de suelos contractivos (suelos sueltos y suelos moderadamente densos bajo un alto esfuerzo de confinamiento) disminuye al aumentar los esfuerzos de corte estático. Para incorporar el efecto de los esfuerzos de corte estáticos en la resistencia a la licuefacción Seed introdujo un factor de corrección; para generar valores para este factor, se normalizó el esfuerzo de corte estático τ_{st} actuando sobre un plano con respecto a un esfuerzo efectivo vertical σ'_{vo}, produciendo un parámetro α donde:

$$\alpha = \frac{\tau_{st}}{\sigma'_{vo}} \qquad (28)$$

Ensayos de compresión triaxial de carga cíclica fueron usados para determinar empíricamente los factores de corrección K_α en función de α. Según pasados estudios, se señaló que se ha propuesto una amplia gama de valores de K_α, lo que indica una falta de convergencia y una necesidad de investigación continua (Youd & Idriss, 2001).

Influencia de la edad del depósito

Algunos investigadores han analizado que la resistencia a la licuefacción de los suelos aumenta con la edad. Por ejemplo, se ha observado aumentos significativos en la resistencia a la licuefacción con el envejecimiento de las muestras de arena reconstituida ensayadas en laboratorio; se observaron incrementos de hasta un 25% en la relación de resistencia cíclica entre los especímenes recién constituidos y los de 100 días de edad. Otros investigadores observaron que la resistencia a la licuefacción aumenta notablemente con la edad geológica. Los sedimentos depositados en los últimos miles de años son

generalmente mucho más susceptibles a la licuefacción que los sedimentos del Holoceno más antiguos; los sedimentos del Pleistoceno son aún más resistentes; y los sedimentos pre-Pleistocenos son generalmente inmunes a la licuefacción. Aunque los aumentos cualitativos dependientes del tiempo se han documentado como se señaló anteriormente, se han recopilado pocos datos cuantitativos; además, los factores que causan una mayor resistencia a la licuefacción con la edad son poco conocidos, por lo tanto, no se han desarrollado factores de corrección verificados para la edad. En ausencia de factores de corrección cuantitativos, se requiere un juicio de ingeniería para estimar la resistencia a la licuefacción de los sedimentos de más de unos pocos miles de años (Youd & Idriss, 2001).

Con el conocimiento de los factores de correción por sobrecarga y por inclinación del terreno, el factor de seguridad de licuefacción presentado por la ecuación (24) puede ser descrito por la siguiente expresión:

$$FS = \left(\frac{CRR_{7.5}}{CSR}\right) * MSF * K_{\sigma} * K_{\alpha} \qquad (29)$$

Según este factor de seguridad se determinará si los suelos de las zonas analizadas tienen potencial de licuefacción o no. Si la relación de esfuerzo cíclico es mayor a la relación de resistencia cíclica, entonces se trata de una zona donde se puede producir licuefacción.

$$Si\ FS > 1 \qquad no\ se\ produce\ licuefacción$$

$$Si\ FS \leq 1 \qquad se\ produce\ licuefacción$$

6.2. Metodología de análisis del potencial de licuefacción

La información y datos de análisis de este capítulo han sido obtenidos de un proyecto realizado en la provincia de Manabí correspondiente a un estudio de características geomecánicas de suelos dentro del “Proyecto de microzonificación sísmica de Portoviejo”. En esta información se tienen los datos concernientes a sondeos realizados alrededor de la ciudad de Potoviejo, incluyendo registros de perforación, y ensayos de clasificación. El sondeo en análisis corresponde a un depósito de suelo tipo granular, donde se tiene arenas de clasificación SM, SC, SM – SC, y SP – SM.

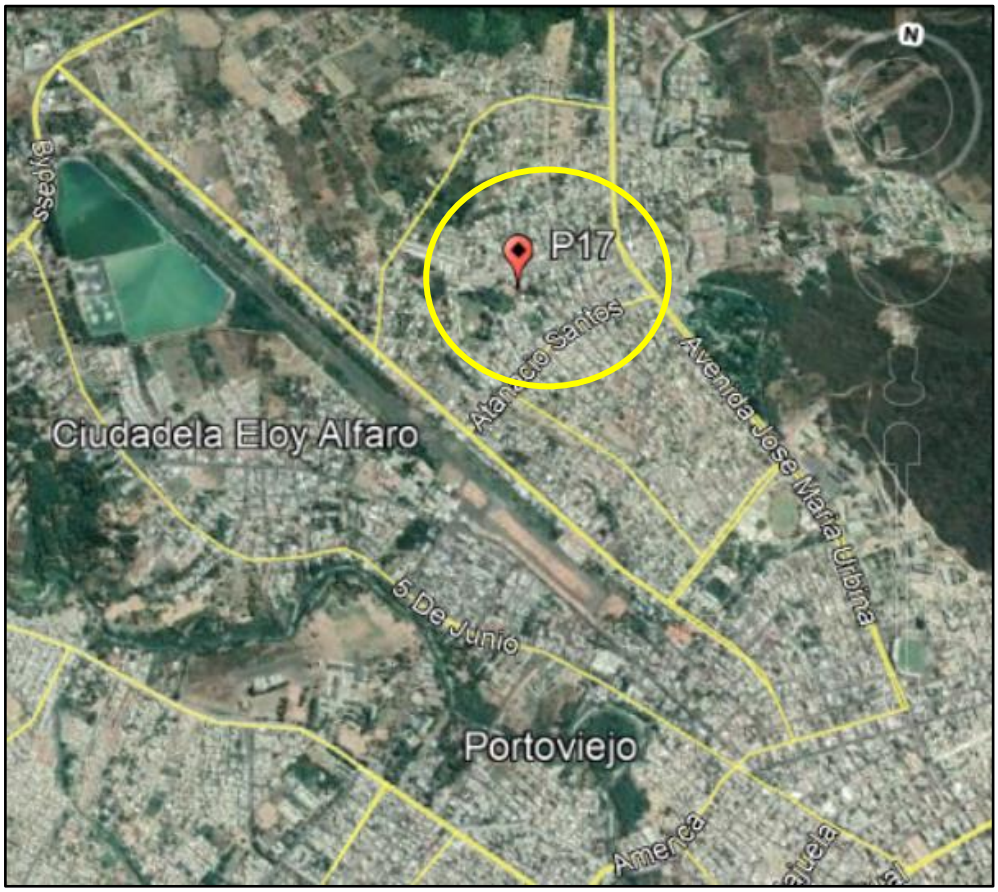


Figura 30. Ubicación del sondeo.[28]

[28] Google Earth Pro. (21 de Diciembre de 2018). Quito, Pichincha, Ecuador.

Los equipos de perforación utilizados para llevar a cabo las perforaciones de las zonas fueron las máquinas Lonyear descritas en los capítulos anteriores, incluyendo tuberías de revestimiento HQ, NQ, y HWT; para la ejecución del ensayo SPT se emplea el sistema de martillo automático que dispone el equipo y además se utilizaron tuberías de perforación AW y muestreadores de cuchara partida con retenedores.

Parámetros de cálculo para la determinación de la licuefacción

El sismo de diseño con el cual se calculará el potencial de licuefacción es el sismo que se presentó en la zona costera el pasado 16 de abril de 2016 que corresponde a una magnitud de 7.8 en la escala de Richter.

El Ecuador está dividido en seis zonas sísmicas, siendo considerado como un territorio de alta amenaza sísmica. La costa ecuatoriana es catalogada como la zona de más alto riesgo sísmico, con un valor de factor Z correspondiente a la aceleración máxima en roca de 0.50 expresada en funcion de la gravedad para un período de retorno de 450 años, como se indica en la Tabla 28.

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

Tabla 28. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.[29]

La provincia de Manabí se encuentra dentro de la zona VI de muy alto peligro sísmico; es decir, el valor de su aceleración máxima horizontal corresponde a 0.50g que será utilizado para el cálculo de la Relación de Esfuerzo Cíclico (CSR).

[29] NEC. (10 de Enero de 2015). *Peligro sísmico. Diseño sismoresistente*. Obtenido de https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-1.pdf

Los factores de corrección C_N, C_E, C_B, C_R, C_S, fueron obtenidos a partir las expresiones de la Tabla 27 según los datos proporcionados del sondeo.

La Tabla 29 indica los parámetros de cálculo empleados para el cálculo del potencial de licuefacción del sondeo en análisis.

Tabla 29. Parámetros para cálculo de potencial de licuefacción.

PARÁMETROS DE CÁLCULO		
Registro de nivel freático	2.45 m	Medido en campo
Máxima aceleración horizontal	0.5 g	NEC 2015
Magnitud de momento de diseño (Mw)	7.8	Sismo abril 2016
Factor de escala de magnitud (MSF)	0.90	Ecuación 23
Exponente f	0.7	Expresión 27

Influencia de la medida de energía en la determinación de la licuefacción

Para analizar la influencia de la medida de energía en el análisis del potencial de licuefacción, se realizará un análisis con tres diferentes escenarios. El primer análisis se lo realizará asumiendo que se ha empleado un sistema manual de caída del martillo tipo donut, para el cual, se tiene un porcentaje de energía teórico del 45%; el segundo análisis se llevará a cabo con un valor de energía del 70%, que es el valor teórico que se utiliza comúnmente para equipos con sistemas automáticos. Y por último, el tercer análisis se realizará asumiendo un escenario en el que se aplicará el porcentaje de calibración obtenido para la máquina Longyear 1 que corresponde al 85%.

6.2.1. Resultados de análisis de potencial de licuefacción

Análisis con nivel de energía del 45%

Con una eficiencia del 45% se tiene un valor de factor de corrección de energía C_E de 0.75, el cual disminuye al valor N medido en campo, obteniendo resultados de factor de seguridad menores a 1, como se muestra en la Tabla 30; se tiene, por lo tanto, que para un nivel de energía del 45% el estrato de suelo resulta ser licuable para todas las profundidades analizadas como se indica en la Figura 31.

Figura 31. Gráfico Factor de seguridad versus Profundidad al 45% de energía.

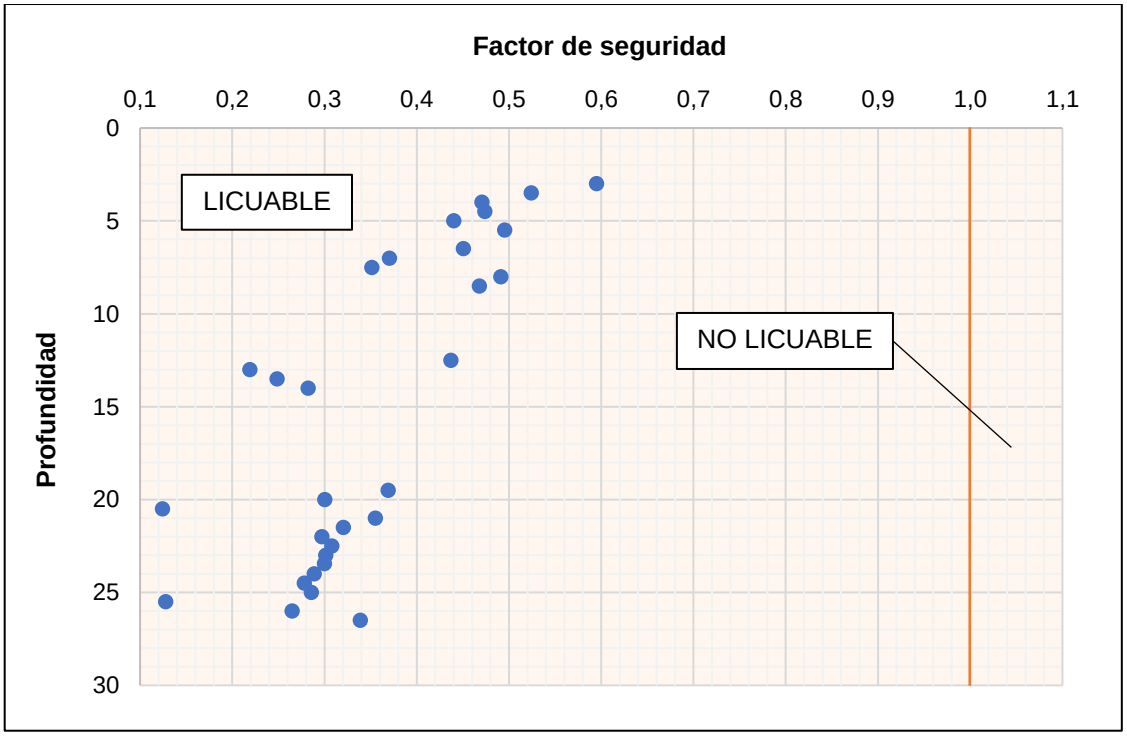


Tabla 30. Resultados de potencial de licuefacción al 45% de energía.

Clasificación SUCS	Profundidad (m)	Ɣ (kN/m³)	σvo (kN/m²)	σ´vo (kN/m²)	Nm	L. Tubería (m)	E.R.	CR	CE	CS	CB	CN	(N1)60	Ɣd	CSR	FC (%)	(N1)60 cs	CRR 7.5	Kσ	Kα	FS	Suelo
SM	3,00	17,65	52,95	47,55	15	4,3	45	0,85	0,75	1	1	1,45	13,9	0,979	0,361	20	17,8	0,190	1,25	1	0,6	LICUABLE
SM	3,50	17,62	61,67	51,37	15	4,7	45	0,85	0,75	1	1	1,40	13,3	0,976	0,388	20	17,3	0,184	1,22	1	0,5	LICUABLE
SM	4,00	17,61	70,44	55,23	15	5,3	45	0,85	0,75	1	1	1,35	12,9	0,973	0,411	20	16,8	0,179	1,19	1	0,5	LICUABLE
SM	4,50	17,64	79,38	59,27	17	5,7	45	0,85	0,75	1	1	1,30	14,1	0,969	0,430	20	18,1	0,193	1,17	1	0,5	LICUABLE
SP - SM	5,00	18,52	92,60	67,58	19	6,3	45	0,95	0,75	1	1	1,22	16,5	0,965	0,438	11	17,8	0,190	1,12	1	0,4	LICUABLE
SP - SM	5,50	18,55	102,03	72,10	23	6,7	45	0,95	0,75	1	1	1,18	19,3	0,962	0,451	11	20,7	0,224	1,10	1	0,5	LICUABLE
SP - SM	6,50	18,55	120,58	80,84	24	7,7	45	0,95	0,75	1	1	1,11	19,0	0,953	0,471	11	20,4	0,220	1,07	1	0,5	LICUABLE
SP - SM	7,00	18,54	129,78	85,14	21	8,3	45	0,95	0,75	1	1	1,08	16,2	0,949	0,479	11	17,6	0,187	1,05	1	0,4	LICUABLE
SP - SM	7,50	18,56	139,20	89,66	21	8,7	45	0,95	0,75	1	1	1,06	15,8	0,943	0,485	11	17,1	0,182	1,03	1	0,4	LICUABLE
SM	8,00	17,62	140,96	86,51	20	9,3	45	0,95	0,75	1	1	1,08	15,3	0,937	0,506	39	23,4	0,263	1,04	1	0,5	LICUABLE
SM	8,50	17,65	150,03	90,67	20	9,7	45	0,95	0,75	1	1	1,05	15,0	0,930	0,510	39	23,0	0,256	1,03	1	0,5	LICUABLE
SM	12,50	17,66	220,75	122,16	26	13,7	45	1,00	0,75	1	1	0,90	17,6	0,842	0,504	29	23,1	0,259	0,94	1	0,4	LICUABLE
SM	13,00	17,61	228,93	125,43	10	14,3	45	1,00	0,75	1	1	0,89	6,7	0,827	0,500	31	11,8	0,129	0,93	1	0,2	LICUABLE
SC	13,50	17,53	236,66	128,25	13	14,7	45	1,00	0,75	1	1	0,88	8,6	0,811	0,496	29	13,6	0,147	0,93	1	0,2	LICUABLE
SC	14,00	17,56	245,84	132,53	16	15,3	45	1,00	0,75	1	1	0,87	10,4	0,794	0,488	29	15,5	0,166	0,92	1	0,3	LICUABLE
SM - SC	19,50	17,76	346,32	179,06	26	20,7	45	1,00	0,75	1	1	0,75	14,6	0,629	0,403	19	18,4	0,196	0,84	1	0,4	LICUABLE
SM - SC	20,00	17,71	354,20	182,03	20	21,3	45	1,00	0,75	1	1	0,74	11,1	0,618	0,398	19	14,8	0,158	0,84	1	0,3	LICUABLE
SM - SC	20,50	17,78	364,49	187,42	1	21,7	45	1,00	0,75	1	1	0,73	0,5	0,608	0,392	19	4,0	0,065	0,83	1	0,1	LICUABLE
SM - SC	21,00	17,75	372,75	190,77	25	22,3	45	1,00	0,75	1	1	0,72	13,6	0,598	0,387	19	17,3	0,184	0,82	1	0,4	LICUABLE
SM - SC	21,50	17,77	382,06	195,17	22	22,7	45	1,00	0,75	1	1	0,72	11,8	0,589	0,382	19	15,5	0,165	0,82	1	0,3	LICUABLE
SC	22,00	17,61	387,42	195,63	18	23,3	45	1,00	0,75	1	1	0,71	9,7	0,581	0,381	25	14,3	0,153	0,82	1	0,3	LICUABLE
SC	22,50	17,54	394,65	197,96	19	23,7	45	1,00	0,75	1	1	0,71	10,1	0,573	0,378	25	14,8	0,158	0,81	1	0,3	LICUABLE
SC	23,00	17,56	403,88	202,28	19	24,3	45	1,00	0,75	1	1	0,68	9,7	0,566	0,374	25	14,4	0,154	0,81	1	0,3	LICUABLE
SC	23,45	17,59	412,49	206,48	19	24,7	45	1,00	0,75	1	1	0,67	9,6	0,560	0,370	25	14,3	0,153	0,80	1	0,3	LICUABLE
SC	24,00	17,55	421,20	209,79	18	25,3	45	1,00	0,75	1	1	0,67	9,0	0,553	0,368	25	13,6	0,147	0,80	1	0,3	LICUABLE
SM	24,50	17,66	432,67	216,36	19	25,7	45	1,00	0,75	1	1	0,65	9,3	0,547	0,362	19	13,0	0,140	0,79	1	0,3	LICUABLE
SM	25,00	17,72	443,00	221,78	20	26,3	45	1,00	0,75	1	1	0,64	9,7	0,541	0,358	19	13,3	0,144	0,79	1	0,3	LICUABLE
SM	25,50	17,58	448,29	222,17	1	26,7	45	1,00	0,75	1	1	0,64	0,5	0,536	0,359	19	3,9	0,064	0,79	1	0,1	LICUABLE
SM	26,00	17,63	458,38	227,35	18	27,3	45	1,00	0,75	1	1	0,63	8,6	0,532	0,355	19	12,2	0,133	0,78	1	0,3	LICUABLE
SM	26,50	17,59	466,14	230,20	26	27,7	45	1,00	0,75	1	1	0,63	12,2	0,527	0,354	19	16,0	0,170	0,78	1	0,3	LICUABLE

Análisis con nivel de energía del 70%

Con una eficiencia del 70% se tiene un valor de factor de corrección de energía C_E de 1.167, el cual incrementa al valor N medido en campo, obteniendo algunos resultados de factor de seguridad mayores a 1, como se muestra en la Tabla 31; se tiene, por lo tanto, que para un nivel de energía del 70%, para algunas profundidades el suelo resulta ser licuable como se indica en la Figura 32.

Figura 32. Gráfico Factor de seguridad versus Profundidad al 70% de energía.

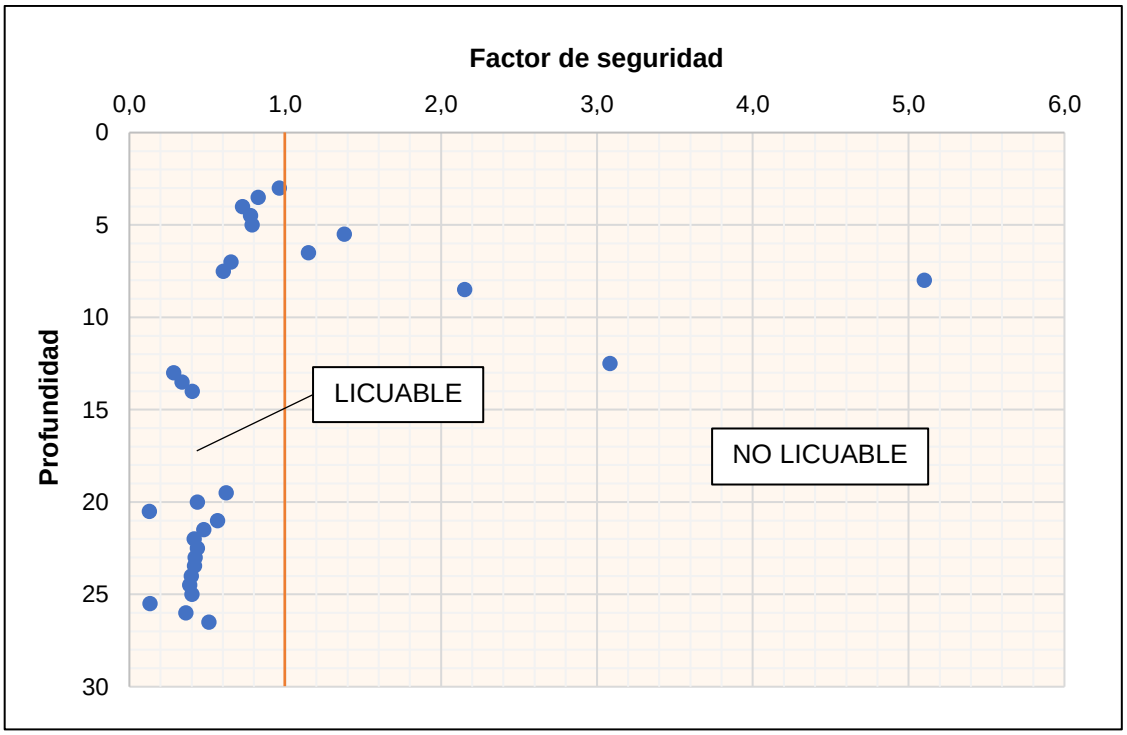


Tabla 31. Resultados de potencial de licuefacción al 70% de energía.

Clasificación SUCS	Profundidad (m)	Ɣ (kN/m³)	σvo (kN/m²)	σ´vo (kN/m²)	Nm	L. Tubería (m)	E.R.	CR	CE	CS	CB	CN	(N1)60	Ɣd	CSR	FC (%)	(N1)60 cs	CRR 7.5	Kσ	Kα	FS	Suelo
SM	3,00	17,65	52,95	47,55	15	4,3	70	0,85	1,167	1	1	1,45	21,6	0,979	0,361	20	25,8	0,308	1,25	1	1,0	LICUABLE
SM	3,50	17,62	61,67	51,37	15	4,7	70	0,85	1,167	1	1	1,40	20,8	0,976	0,388	20	24,9	0,290	1,22	1	0,8	LICUABLE
SM	4,00	17,61	70,44	55,23	15	5,3	70	0,85	1,167	1	1	1,35	20,0	0,973	0,411	20	24,2	0,276	1,19	1	0,7	LICUABLE
SM	4,50	17,64	79,38	59,27	17	5,7	70	0,85	1,167	1	1	1,30	21,9	0,969	0,430	20	26,1	0,315	1,17	1	0,8	LICUABLE
SP - SM	5,00	18,52	92,60	67,58	19	6,3	70	0,95	1,167	1	1	1,22	25,6	0,965	0,438	11	27,0	0,339	1,12	1	0,8	LICUABLE
SP - SM	5,50	18,55	102,03	72,10	23	6,7	70	0,95	1,167	1	1	1,18	30,0	0,962	0,451	11	31,5	0,623	1,10	1	1,4	NO LICUABLE
SP - SM	6,50	18,55	120,58	80,84	24	7,7	70	0,95	1,167	1	1	1,11	29,6	0,953	0,471	11	31,0	0,561	1,07	1	1,1	NO LICUABLE
SP - SM	7,00	18,54	129,78	85,14	21	8,3	70	0,95	1,167	1	1	1,08	25,2	0,949	0,479	11	26,6	0,328	1,05	1	0,7	LICUABLE
SP - SM	7,50	18,56	139,20	89,66	21	8,7	70	0,95	1,167	1	1	1,06	24,6	0,943	0,485	11	26,0	0,313	1,03	1	0,6	LICUABLE
SM	8,00	17,62	140,96	86,51	20	9,3	70	0,95	1,167	1	1	1,08	23,8	0,937	0,506	39	33,6	2,732	1,04	1	5,1	NO LICUABLE
SM	8,50	17,65	150,03	90,67	20	9,7	70	0,95	1,167	1	1	1,05	23,3	0,930	0,510	39	32,9	1,178	1,03	1	2,1	NO LICUABLE
SM	12,50	17,66	220,75	122,16	26	13,7	70	1,00	1,167	1	1	0,90	27,4	0,842	0,504	29	33,4	1,825	0,94	1	3,1	NO LICUABLE
SM	13,00	17,61	228,93	125,43	10	14,3	70	1,00	1,167	1	1	0,89	10,4	0,827	0,500	31	15,7	0,167	0,93	1	0,3	LICUABLE
SC	13,50	17,53	236,66	128,25	13	14,7	70	1,00	1,167	1	1	0,88	13,4	0,811	0,496	29	18,7	0,199	0,93	1	0,3	LICUABLE
SC	14,00	17,56	245,84	132,53	16	15,3	70	1,00	1,167	1	1	0,87	16,2	0,794	0,488	29	21,6	0,237	0,92	1	0,4	LICUABLE
SM - SC	19,50	17,76	346,32	179,06	26	20,7	70	1,00	1,167	1	1	0,75	22,7	0,629	0,403	19	26,7	0,329	0,84	1	0,6	LICUABLE
SM - SC	20,00	17,71	354,20	182,03	20	21,3	70	1,00	1,167	1	1	0,74	17,3	0,618	0,398	19	21,1	0,230	0,84	1	0,4	LICUABLE
SM - SC	20,50	17,78	364,49	187,42	1	21,7	70	1,00	1,167	1	1	0,73	0,9	0,608	0,392	19	4,3	0,067	0,83	1	0,1	LICUABLE
SM - SC	21,00	17,75	372,75	190,77	25	22,3	70	1,00	1,167	1	1	0,72	21,1	0,598	0,387	19	25,1	0,293	0,82	1	0,6	LICUABLE
SM - SC	21,50	17,77	382,06	195,17	22	22,7	70	1,00	1,167	1	1	0,72	18,4	0,589	0,382	19	22,3	0,246	0,82	1	0,5	LICUABLE
SC	22,00	17,61	387,42	195,63	18	23,3	70	1,00	1,167	1	1	0,71	15,0	0,581	0,381	25	19,9	0,214	0,82	1	0,4	LICUABLE
SC	22,50	17,54	394,65	197,96	19	23,7	70	1,00	1,167	1	1	0,71	15,8	0,573	0,378	25	20,6	0,223	0,81	1	0,4	LICUABLE
SC	23,00	17,56	403,88	202,28	19	24,3	70	1,00	1,167	1	1	0,68	15,1	0,566	0,374	25	20,0	0,215	0,81	1	0,4	LICUABLE
SC	23,45	17,59	412,49	206,48	19	24,7	70	1,00	1,167	1	1	0,67	14,9	0,560	0,370	25	19,8	0,213	0,80	1	0,4	LICUABLE
SC	24,00	17,55	421,20	209,79	18	25,3	70	1,00	1,167	1	1	0,67	14,0	0,553	0,368	25	18,8	0,201	0,80	1	0,4	LICUABLE
SM	24,50	17,66	432,67	216,36	19	25,7	70	1,00	1,167	1	1	0,65	14,5	0,547	0,362	19	18,3	0,195	0,79	1	0,4	LICUABLE
SM	25,00	17,72	443,00	221,78	20	26,3	70	1,00	1,167	1	1	0,64	15,0	0,541	0,358	19	18,8	0,201	0,79	1	0,4	LICUABLE
SM	25,50	17,58	448,29	222,17	1	26,7	70	1,00	1,167	1	1	0,64	0,8	0,536	0,359	19	4,2	0,066	0,79	1	0,1	LICUABLE
SM	26,00	17,63	458,38	227,35	18	27,3	70	1,00	1,167	1	1	0,63	13,3	0,532	0,355	19	17,1	0,181	0,78	1	0,4	LICUABLE
SM	26,50	17,59	466,14	230,20	26	27,7	70	1,00	1,167	1	1	0,63	19,1	0,527	0,354	19	23,0	0,256	0,78	1	0,5	LICUABLE

Análisis con nivel de energía del 85%

Con una eficiencia del 85% se tiene un valor de factor de corrección de energía C_E de 1.42, el cual incrementa al valor N medido en campo, obteniendo algunos resultados de factor de seguridad mayores a 1, como se muestra en la Tabla 32; se tiene, por lo tanto, que para un nivel de energía del 85%, para algunas profundidades el suelo resulta ser licuable como se indica en la Figura 33.

Figura 33. Gráfico Factor de seguridad versus Profundidad al 85% de energía.

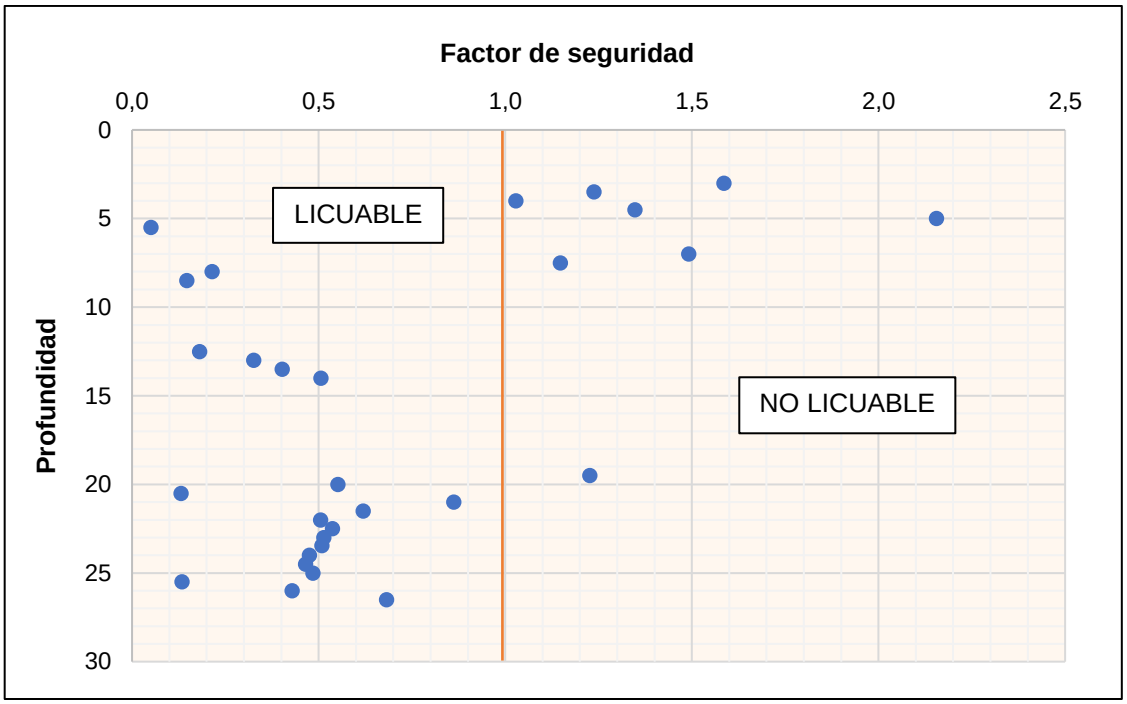


Tabla 32. Resultados de potencial de licuefacción al 85% de energía.

Clasificación SUCS	Profundidad (m)	Ɣ (kN/m³)	σvo (kN/m²)	σ´vo (kN/m²)	Nm	L. Tubería (m)	E.R.	CR	CE	CS	CB	CN	(N1)60	Ɣd	CSR	FC (%)	(N1)60 cs	CRR 7.5	Kσ	Kα	FS	Suelo
SM	3,00	17,65	52,95	47,55	15	4,3	85	0,85	1,417	1	1	1,45	26,2	0,979	0,361	20	30,5	0,507	1,25	1	1,6	NO LICUABLE
SM	3,50	17,62	61,67	51,37	15	4,7	85	0,85	1,417	1	1	1,40	25,2	0,976	0,388	20	29,5	0,435	1,22	1	1,2	NO LICUABLE
SM	4,00	17,61	70,44	55,23	15	5,3	85	0,85	1,417	1	1	1,35	24,3	0,973	0,411	20	28,6	0,391	1,19	1	1,0	NO LICUABLE
SM	4,50	17,64	79,38	59,27	17	5,7	85	0,85	1,417	1	1	1,30	26,6	0,969	0,430	20	30,9	0,548	1,17	1	1,3	NO LICUABLE
SP - SM	5,00	18,52	92,60	67,58	19	6,3	85	0,95	1,417	1	1	1,22	31,1	0,965	0,438	11	32,6	0,929	1,12	1	2,2	NO LICUABLE
SP - SM	5,50	18,55	102,03	72,10	23	6,7	85	0,95	1,417	1	1	1,18	36,5	0,962	0,451	11	37,9	0,023	1,10	1	0,1	LICUABLE
SP - SM	7,00	18,54	129,78	85,14	21	8,3	85	0,95	1,417	1	1	1,08	30,6	0,949	0,479	11	32,1	0,753	1,05	1	1,5	NO LICUABLE
SP - SM	7,50	18,56	139,20	89,66	21	8,7	85	0,95	1,417	1	1	1,06	29,8	0,943	0,485	11	31,3	0,596	1,03	1	1,1	NO LICUABLE
SM	8,00	17,62	140,96	86,51	20	9,3	85	0,95	1,417	1	1	1,08	28,9	0,937	0,506	39	39,7	0,115	1,04	1	0,2	LICUABLE
SM	8,50	17,65	150,03	90,67	20	9,7	85	0,95	1,417	1	1	1,05	28,3	0,930	0,510	39	38,9	0,080	1,03	1	0,1	LICUABLE
SM	12,50	17,66	220,75	122,16	26	13,7	85	1,00	1,417	1	1	0,90	33,3	0,842	0,504	29	39,5	0,107	0,94	1	0,2	LICUABLE
SM	13,00	17,61	228,93	125,43	10	14,3	85	1,00	1,417	1	1	0,89	12,6	0,827	0,500	31	18,1	0,193	0,93	1	0,3	LICUABLE
SC	13,50	17,53	236,66	128,25	13	14,7	85	1,00	1,417	1	1	0,88	16,3	0,811	0,496	29	21,7	0,237	0,93	1	0,4	LICUABLE
SC	14,00	17,56	245,84	132,53	16	15,3	85	1,00	1,417	1	1	0,87	19,7	0,794	0,488	29	25,2	0,297	0,92	1	0,5	LICUABLE
SM - SC	19,50	17,76	346,32	179,06	26	20,7	85	1,00	1,417	1	1	0,75	27,5	0,629	0,403	19	31,6	0,651	0,84	1	1,2	NO LICUABLE
SM - SC	20,00	17,71	354,20	182,03	20	21,3	85	1,00	1,417	1	1	0,74	21,0	0,618	0,398	19	24,9	0,291	0,84	1	0,6	LICUABLE
SM - SC	20,50	17,78	364,49	187,42	1	21,7	85	1,00	1,417	1	1	0,73	1,0	0,608	0,392	19	4,5	0,068	0,83	1	0,1	LICUABLE
SM - SC	21,00	17,75	372,75	190,77	25	22,3	85	1,00	1,417	1	1	0,72	25,6	0,598	0,387	19	29,7	0,448	0,82	1	0,9	LICUABLE
SM - SC	21,50	17,77	382,06	195,17	22	22,7	85	1,00	1,417	1	1	0,72	22,3	0,589	0,382	19	26,3	0,320	0,82	1	0,6	LICUABLE
SC	22,00	17,61	387,42	195,63	18	23,3	85	1,00	1,417	1	1	0,71	18,2	0,581	0,381	25	23,2	0,260	0,82	1	0,5	LICUABLE
SC	22,50	17,54	394,65	197,96	19	23,7	85	1,00	1,417	1	1	0,71	19,1	0,573	0,378	25	24,1	0,276	0,81	1	0,5	LICUABLE
SC	23,00	17,56	403,88	202,28	19	24,3	85	1,00	1,417	1	1	0,68	18,4	0,566	0,374	25	23,4	0,263	0,81	1	0,5	LICUABLE
SC	23,45	17,59	412,49	206,48	19	24,7	85	1,00	1,417	1	1	0,67	18,1	0,560	0,370	25	23,1	0,259	0,80	1	0,5	LICUABLE
SC	24,00	17,55	421,20	209,79	18	25,3	85	1,00	1,417	1	1	0,67	17,0	0,553	0,368	25	21,9	0,241	0,80	1	0,5	LICUABLE
SM	24,50	17,66	432,67	216,36	19	25,7	85	1,00	1,417	1	1	0,65	17,6	0,547	0,362	19	21,5	0,235	0,79	1	0,5	LICUABLE
SM	25,00	17,72	443,00	221,78	20	26,3	85	1,00	1,417	1	1	0,64	18,2	0,541	0,358	19	22,1	0,244	0,79	1	0,5	LICUABLE
SM	25,50	17,58	448,29	222,17	1	26,7	85	1,00	1,417	1	1	0,64	0,9	0,536	0,359	19	4,4	0,067	0,79	1	0,1	LICUABLE
SM	26,00	17,63	458,38	227,35	18	27,3	85	1,00	1,417	1	1	0,63	16,2	0,532	0,355	19	20,0	0,215	0,78	1	0,4	LICUABLE
SM	26,50	17,59	466,14	230,20	26	27,7	85	1,00	1,417	1	1	0,63	23,1	0,527	0,354	19	27,1	0,342	0,78	1	0,7	LICUABLE

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- Los procesos sugeridos y seguidos en campo, sobre la base de los delineamientos del método de ensayo de la normativa ASTM D1586 y ASTM D4633, produjeron resultados confiables; la confiablidad se sustenta en los valores bajos de dispersión de transferencia de energía, calculados a través del método de Fuerza y Velocidad (EFV) de 7%, 3%, 2% y 5%, para las máquinas Acker, Longyear 1, Longyear 2, y Equipo Manual respectivamente; ensayados en condiciones de baja a alta compacidad de los depósitos. Por lo tanto, se validad el proceso, tanto de preparación de los equipos y de capacitación del personal implementados.

- De igual manera, las mediciones de energía que se realizan por el método EF2 son variables, generando valores muy dispersos e inclusive exagerados; generalmente con una diferencia +/- 20% del método EFV; en este estudio se encontró que el método EF2 es del 10% al 20% más bajo que el método EFV, siendo este el más preciso y recomendado por la normativa ASTM D4633 vigente.

- Las eficiencias obtenidas de la calibración de los equipos de perforación son favorables con porcentajes de 85%, 77%, y 58% para sistemas de martillo automático, safety y donut respectivamente. Estos valores son comparados con los que son asumidos en las configuraciones del ensayo que son valores teóricos de, 70% para martillos automáticos, el 65% para el martillo safety, y para el martillo donut se asume un valor de 45% de eficiencia; es decir que las relaciones de energía (ETR) alcanzadas son de 12% a 15% más altas que las asumidas teóricamente (Ver Tabla 33).

Tabla 33. Valores de relación de energía teóricos y reales de equipos de perforación analizados.

Equipo de perforación	Tipo de martillo	ETR Teórica	ETR Real
Acker	Safety	65%	77%
Longyear 1	Automático	70%	85%
Longyear 2	Automático	70%	84%
Equipo Manual	Donut	45%	58%

- Los registros de fuerza y velocidad obtenidos indican en su mayoría que son aceptables, es decir que la calidad de los datos es buena; pero se notó que la calidad de los registros de la máquina Acker no fue óptima debido a varias posibilidades ya mencionadas, pero al analizar los registros de los demás equipos, se puede considerar que una de las variables que más incidió fue el alto número de golpes que se generó desde el inicio de la penetración, ya que la normativa ASTM D4633-16 recomienda que el número de golpes debe estar entre 10 y 50, y para ambos sondeos se sobrepasaron los valores de este rango. Los demás equipos se encuentran dentro de este rango con buenos registros, siendo los más sobresalientes los del equipo manual.

- En el análisis de licuefacción según la normativa ASTM 6066-11 y el método de Youd e Idriss, realizado con distintos escenarios, se puede demostrar que al tener un N distinto al teórico que normalmente se usa del 70%, y uno medido correctamente (85%), si se tiene diferencia en los resultados, como se indicó en las gráficas 31 y 32; además el peor escenario fue el asumido en emplear un 45% de energía, donde no se obtuvo resultados favorables, demostrando la diferencia que existe al utilizar equipos con sistemas automáticos de los equipos con sistemas manuales.

7.2. Recomendaciones

- En este estudio se analizaron tres sistemas de martillos, dentro del cual se incluyeron variables como el peso del martillo, verticalidad del sistema, altura de caída, tuberías de perforación, o el tipo de suelo; pero no se hizo un enfoque en una sola de ellas. Las variables más consideradas fueron las tres primeras, teniendo en cuenta que se procuró que los estándares normativos fueran los más importantes, verificando la altura de caída, el peso del martillo y la verticalidad del sistema durante la ejecución del ensayo; es por esto que se debería realizar un estudio enfocado en cada una de las tantas variables existentes y cuantificar la contribución que tienen en la medida de energía del Ensayo de Penetración Estándar (SPT).

- La eficiencia más alta obtenida fue del 85% y 84% que corresponde a las máquinas Longyear 1 y Longyear 2 respectivamente, que cuentan con un sistema de martillo automático; la máquina Acker obtuvo una eficiencia de 77% con un sistema de martillo de seguridad (safety), y el equipo manual con el martillo donut, obtuvo una eficiencia de 58%. Todos estos valores de ETR son bien comparados con los que la literatura expone y se recomienda que el laboratorio de suelos de la PUCE utilice los datos de ETR y el factor de corrección C_E que se indican en la Tabla 34 para utilizarlos en las configuraciones de los equipos y reportarlos en los registros de perforación junto con el N corregido real que se puede calcular a partir de la relación de energía obtenida.

Tabla 34. Valores recomendados de ETR y C_E para configuraciones del ensayo SPT.

Fecha del ensayo	Tipo de martillo	Equipo de perforación	Tubería utilizada	ETR (%)	Factor CE
14-oct-18	Safety	Acker ACE	AW	77	1,28
17-oct-18	Automático	Longyear 2	AW	84	1,40
7-nov-18	Donut	Manual	AW	58	0,97
23-nov-18	Automático	Longyear 1	AW y revestimiento HQ de 3"	85	1,42

- Según la normativa ASTM D4633-16, la calibración de los equipos de perforación debe realizarse anualmente, o dependiendo de la frecuencia de uso de los martillos; con el estudio de este tema y la experiencia ganada en campo, se recomienda que, para equipos con sistemas automáticos, como las máquinas Longyear, sean recalibradas en un año. Si las nuevas eficiencias obtenidas de la recalibración se encuentran en un rango de diferencia con las anteriores de hasta el 5%, se puede extender el período de calibración. Para equipos operados por cabo y malacate, se recomienda que el período de calibración sea cada seis meses, debido a que es un sistema que proporciona una energía mucho más variable.

- La determinación del potencial de licuefacción se realiza específicamente a un nivel de energía del 60%; preferentemente se sugiere que, para la evaluación de este fenómeno, los ensayos en campo se ejecuten con equipos que provean una energía poco variable, es por esto que no se debería emplear un sistema manual en este procedimiento y por consecuencia, los equipos que cuentan con un sistema de martillos automáticos son los más idóneos para este trabajo. La eficiencia de estos equipos debe ser calibrada para poder trabajar con datos reales y que los resultados que se obtengan no sean sobreestimados.

- De acuerdo con los requerimientos de esta investigación, y una vez que se ha experimentado en campo; se ha verificado que el proceso que se recomienda seguir además de la normativa como tal, es el siguiente: capacitación del personal, para lo cual se llevó a cabo una conferencia para dar a conocer los lineamientos de la normativa; chequeo de los equipos, constatando que los elementos se encuentren en óptimas condiciones y que cumplan con los parámetros establecidos en la normativa; y la comprobación del proceso de ensayo. Para cada uno de estos procesos, se propone

emplear las siguientes hojas de registro que se presentan a continuación, diseñadas para cada clase de equipos que se encuentran disponibles en el medio.

Tabla 35. Hoja modelo de registro de capacitación del personal.

NOMBRE DE LA EMPRESA

CAPACITACIÓN DEL PERSONAL PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

INFORMACIÓN GENERAL		
Operador	**Años de experiencia**	**Equipos que opera**

CAPACITACIÓN NORMATIVA ASTM D1586				
Operador	**Asistencia**	**Examen Rendido**	**Calificación /10**	**Estado***

* Los operadores que hayan obtenido una calificación de "Regular" en el test de conocimientos, deberán rendirlo nuevamente para poder aprobar la capacitación.

Tabla 36. Hoja modelo de chequeo de equipos de perforación con sistema de martillo automático.

NOMBRE DE LA EMPRESA

PROCESO DE VERIFICACIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN PREVIO A LA EJECUCIÓN DE MEDIDAS DE ENERGÍA

EQUIPOS CON SISTEMA DE CAÍDA AUTOMÁTICO			
Equipo:		**Fecha de última calibración:**	
		Fecha de nueva calibración:	
Tipo de martillo:		**Tasa de impacto:**	
		Método de lubricación:	

VERIFICACIÓN DE DIMENSIONES				
Parámetro	**Dimensión**	**Rango establecido**		**Cumple**
Peso del martillo		140 ± 2 lb	ASTM D1586	
Altura de caída		76 ± 3 cm	ASTM D1586	

VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS			
Parámetro	**Condición**		
	Muy Buena	**Buena**	**Regular**
Sistema de caída automático			
Sistema hidráulico			
Panel de control			

Observaciones:

Tabla 37. Hoja modelo de chequeo de equipos de perforación con sistema de martillo manual.

NOMBRE DE LA EMPRESA

PROCESO DE VERIFICACIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN PREVIO A LA EJECUCIÓN DE MEDIDAS DE ENERGÍA

EQUIPOS CON SISTEMA DE CAÍDA CABO - MALACATE			
Equipo:		**Fecha de última calibración:**	
		Fecha de nueva calibración:	
Tipo de martillo:		**Tasa de impacto:**	
		Lubricación de elementos:	

VERIFICACIÓN DE DIMENSIONES				
Parámetro	**Dimensión**	**Rango establecido**		**Cumple**
Peso del martillo		140 ± 2 lb	ASTM D1586	
Altura de caída		76 ± 3 cm	ASTM D1586	
Diámetro del malacate		15 - 25 cm	ASTM D1586	
Diámetro del cabo*		----------	----------	

* La normativa ASTM, no establece ningún valor de referencia del diámetro del cabo, pero en el medio se acostumbra a registrar este dato.

VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS					
Elemento	**Condición**				
	Limpio	**Graso / Oxidado**	**Nuevo**	**Desgastado**	**Mediano uso**
Malacate					
Cabo					
Polea					

Observaciones:

Tabla 38. Hoja modelo de proceso de ensayo para equipos con sistemas automáticos.

NOMBRE DE LA EMPRESA

Proyecto: **Fecha inicio:**
Ubicación: **Fecha finalización:**

Hora de inicio: **Hora de finalización:**

INFORMACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN DE ENERGÍA				
Equipo de medición de energía:	SPT Analyzer - Pile Dynamics Inc.			
Operadores:				
Calibración del equipo:	**Fecha de calibración inicial:**			
	Fecha de nueva calibración:			
Tubería Instrumentada:	**Tipo:**		**Área:**	
	Módulo de elasticidad:			
INFORMACIÓN DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN				
Equipo de Perforación:			**Nº Serie:**	
Método de perforación:				
Operadores:				
Tipo de martillo:				
	Peso:		**Altura caída:**	
Sistema de caída del martillo:	Sistema automático			
	Tasa de impacto:			
	Modo de lubricación:			
Observaciones:				

Tabla 39. Hoja modelo de proceso de ensayo para equipos con sistemas de cabo malacate.

NOMBRE DE LA EMPRESA

Proyecto: **Fecha inicio:**
Ubicación: **Fecha finalización:**

Hora de inicio: **Hora de finalización:**

INFORMACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN DE ENERGÍA				
Equipo de medición de energía:	SPT Analyzer - Pile Dynamics Inc.			
Operadores:				
Calibración del equipo:	**Fecha de calibración inicial:**			
	Fecha de nueva calibración:			
Tubería Instrumentada:	**Tipo:**		**Área:**	
	Módulo de elasticidad:			
INFORMACIÓN DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN				
Equipo de Perforación:			**Nº Serie:**	
Método de perforación:				
Operadores:				
Tipo de martillo:				
	Peso:		**Altura caída:**	
Sistema de caída del martillo:	Sistema cabo - malacate			
	Nº de vueltas del cabo:			
	Tasa de impacto:			
Observaciones:				

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Apuntes de ingeniería civil. (Febrero de 2011). Obtenido de Apuntes de ingeniería civil: http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2011/02/cohesion-y-friccion-interna-propiedades.html

ASTM International. (1 de Julio de 2010). Designation D2216 - 10. *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*. West Conshohocken, Pensilvania, United States.

ASTM International. (1 de Noviembre de 2011). Designation: D1586-11. *Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils*. West Conshohocken, Pensilvania, United States.

ASTM International. (1 de Diciembre de 2011). Designation: D6066-11. *Standard Practice for Determining the Normalized Penetration Resistance of Sands for Evaluation of Liquefaction Potential*, 1-16. West Conshohocken, Pensilvania, United States.

ASTM International. (1 de Julio de 2016). Designation D4633-16. *Standard Test Method for Energy Measurement for Dynamic Penetrometers*. West Conshohocken, Pensilvania, United States.

Bowles, J. E. (1981). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil.* México: Mc. Graw Hill.

Das, B. M. (2011). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.* Boston: PWS Publishing Company.

Farrar, J. A. (1998). Summary of Standard Penetration Test (SPT) energy measurement experience. *Geotechnical Site Characterization, II*, 919-926.

Flor, A. (2016). *Repositorio de Tesis de Grado y Postgrado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.* Obtenido de Repositorio de Tesis de Grado y Postgrado. Pontificia

Universidad Católica del Ecuador: http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/10618

Google Earth Pro. (16 de Octubre de 2018). Quito, Pichincha, Ecuador.

Google Earth Pro. (9 de Noviembre de 2018). Quito, Pichincha, Ecuador.

Google Earth Pro. (1 de Diciembre de 2018). Quito, Pichincha, Ecuador.

Google Earth Pro. (21 de Diciembre de 2018). Quito, Pichincha, Ecuador.

Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico. (1978). Obtenido de Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico: https://www.geoinvestigacion.gob.ec/mapas/50K_r/HOJAS%20GEOLOGICAS_1977-2009/HOJA%20QUITO/QUITO_DGGM_1978_reducido.pdf

Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico. (1980). Obtenido de Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico: https://www.geoinvestigacion.gob.ec/mapas/50K_r/HOJAS%20GEOLOGICAS_1977-2009/HOJA%20EL%20QUINCHE/EL_QUINCHE_DGGM_1980_reducido.pdf

Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico. (1980). Obtenido de Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico: https://www.geoinvestigacion.gob.ec/mapas/50K_r/HOJAS%20GEOLOGICAS_1977-2009/HOJA%20SANGOLQUI/SANGOLQUI_DGGM_1980_reducido.pdf

Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico. (1982). Obtenido de Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico: https://www.geoinvestigacion.gob.ec/mapas/25K_r/HOJAS_GEOLOGICAS_1982/CHAUPICRUZ/PDF_JPG_IMPRESION/CHAUPICRUZ_reducido.pdf

Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). *Mecánica de Suelos. Tomo 1 - Fundamentos de la Mecánica de Suelos.* México: Limusa.

Kelley, S. P., & Lens, J. E. (10 de Enero de 2010). Evaluation of SPT Hammer Energy Variability. Windsor, Vermont, Estados Unidos. Obtenido de

http://www.aot.state.vt.us/documents/archivedresearch/2010%20-%2003%20Evaluation%20of%20SPT%20Hammer%20Energy%20Variability.pdf

Kovacs, W. D., Salomone, L. A., & Yokel, F. Y. (1983). *Comparison of Energy Measurements in the Standard Penetration Test Using the Cathead and Rope Method.* National Bureau of Standards Report to the US Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C.

Morgano, C. M., & Liang, R. (1992). Energy transfer in SPT - Rod length effect. *Application of Stress-Wave Theory to Piles*, 121-127.

NEC. (10 de Enero de 2015). *Peligro sísmico. Diseño sismoresistente*. Obtenido de https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-1.pdf

Osorio, S. (10 de Abril de 2012). *Apuntes de Geotecnia con Énfasis en Laderas*. Obtenido de Apuntes de Geotecnia con Énfasis en Laderas: http://geotecnia-sor.blogspot.com/2012/04/historia-de-la-geotecnia-terzaghi-y-el.html

Pile Dynamics, I. (Septiembre de 2015). Manual for the SPT Analyzer System.

Pile Dynamics, Inc. (2017). doi:216.831.6131

Poblete, M. (2004). *Universidad Austral de Chile.* Obtenido de Universidad Austral de Chile.

Rogers, J. D. (2004). Notes on Standard Penetration Test. *GE 441 Advanced Engineering Geology & Geotechnics*.

Rogers, J. D. (2006). Subsurface Exploration Using the Standard Penetration Test and the Cone Penetrometer Test. *Environmental & Engineering Geoscience, XII*(2), 161–179.

Sowers, G. B., & Sowers, G. F. (1972). *Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones.* México: Limusa.

Tippens, P. E. (2007). *Física Conceptos y Aplicaciones .* México: McGraw-Hill.

Valenzuela, D. (s.f.). *Fisic Education*. Obtenido de Fisic Education: https://www.fisic.ch/contenidos/energ%C3%ADa-mec%C3%A1nica-y-trabajo/conservaci%C3%B3n-de-la-energ%C3%ADa-mec%C3%A1nica/

Vallejo, P., & Zambrano, J. (2011). *Física Vectorial 2.* Quito: Poliediciones.

Youd, T. L., & Idriss, I. M. (2001). Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* , 297-313.

ANEXOS

Anexos Capítulo IV

Registros completos para cada profundidad de Máquina Acker

Sondeo 1

Tabla 40. Resultados de medición de energía. Profundidad 4.00 - 4.45.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 4.00 - 4.45
Fecha: 14 octubre 2018 **Operador:** Aldemar Quiroz
LE: 5,0 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
4	4,0	1,96	356,1	212,4	75,0	474,5	356,1	5,13	98
8	4,1	1,96	341,0	255,0	71,9	474,5	341,0	3,87	97
12	4,2	1,96	354,7	261,2	74,7	474,5	354,7	4,13	102
16	4,3	1,96	367,3	264,5	77,4	474,5	367,3	4,08	102
20	4,3	1,96	342,3	229,7	72,1	474,5	342,3	4,34	95
24	4,4	1,96	352,0	246,9	74,2	474,5	352,0	3,99	97
28	4,4	1,96	365,3	252,3	77,0	474,5	365,3	4,06	97
32	4,5	1,96	361,7	250,3	76,2	474,5	361,7	4,75	96
36	4,5	1,96	359,6	259,6	75,8	474,5	359,6	4,29	94
40	4,5	1,96	345,5	249,2	72,8	474,5	345,5	4,08	95
44	4,5	1,96	363,9	258,5	76,7	474,5	363,9	4,20	98
48	4,6	1,96	354,9	253,7	74,8	474,5	354,9	4,20	97
52	4,6	1,96	358,5	258,7	75,6	474,5	358,5	4,15	100
Promedio		**1,96**	**355,6**	**251,7**	**74,9**	**474,5**	**355,6**	**4,22**	**98**
Desviación Estándar		**0,00**	**19,02**	**19,22**	**4,01**	**0,00**	**19,02**	**0,65**	**4,64**

Total de número de golpes analizados: 50
Resumen de tiempo de ensayo: 2 minutos 36 segundos

Tabla 41. Resultados de medición de energía. Profundidad 4.50 - 5.00.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 4.50 - 5.00
Fecha: 14 octubre 2018 **Operador:** Wilson Simbaña
LE: 5,7 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
6	4,5	2,18	309,0	247,2	65,1	474,5	309,0	3,51	99
12	4,6	2,18	315,8	260,5	66,5	474,5	315,8	3,49	99
18	4,7	2,18	321,8	253,9	67,8	474,5	321,8	3,60	94
24	4,7	2,18	333,6	262,5	70,3	474,5	333,6	3,68	96
30	4,7	2,18	343,3	278,5	72,3	474,5	343,3	3,58	98
36	4,8	2,18	331,7	272,6	69,9	474,5	331,7	3,31	97
42	4,8	2,18	331,7	269,8	69,9	474,5	331,7	3,28	95
48	4,8	2,18	320,5	261,5	67,5	474,5	320,5	3,16	93
54	4,9	2,18	322,8	264,0	68,0	474,5	322,8	3,12	93
60	4,9	2,18	321,4	265,2	67,7	474,5	321,4	3,07	94
66	4,9	2,18	320,3	266,6	67,5	474,5	320,3	3,12	95
Promedio		**2,18**	**324,7**	**263,8**	**68,4**	**474,5**	**324,7**	**3,36**	**96**
Desviación Estándar		**0,00**	**14,13**	**11,76**	**2,98**	**0,00**	**14,13**	**0,25**	**2,85**

Total de número de golpes analizados: 66
Resumen de tiempo de ensayo: 3 minutos 17 segundos

Tabla 42. Resultados de medición de energía. Profundidad 5.00 - 5.45.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 5.00 - 5.45
Fecha: 14 octubre 2018 **Operador:** Aldemar Quiroz
LE: 6,3 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
4	5,0	2,44	352,5	251,6	74,3	474,5	352,5	4,57	99
8	5,1	2,44	350,3	247,5	73,8	474,5	350,3	4,36	96
12	5,2	2,44	344,4	251,6	72,6	474,5	344,4	3,90	98
16	5,2	2,44	349,8	259,2	73,7	474,5	349,8	4,09	101
20	5,2	2,44	337,3	252,8	71,1	474,5	337,3	4,08	99
24	5,3	2,44	332,7	265,1	70,1	474,5	332,7	4,05	97
28	5,3	2,44	338,1	267,6	71,3	474,5	338,1	3,80	97
32	5,3	2,44	336,9	265,3	71,0	474,5	336,9	3,94	97
36	5,3	2,44	354,4	252,0	74,7	474,5	354,4	3,69	92
40	5,4	2,44	324,7	231,8	68,4	474,5	324,7	3,55	88
44	5,4	2,44	301,3	216,9	63,5	474,5	301,3	3,18	84
48	5,4	2,44	309,8	228,5	65,3	474,5	309,8	3,27	87
52	5,4	2,44	324,3	236,7	68,3	474,5	324,3	3,37	90
56	5,4	2,44	327,8	245,7	69,1	474,5	327,8	3,47	91
59	5,5	2,44	314,2	245,2	66,2	474,5	314,2	3,25	91
Promedio		**2,44**	**333,6**	**247,9**	**70,3**	**474,5**	**333,6**	**3,78**	**94**
Desviación Estándar		**0,00**	**22,98**	**18,74**	**4,85**	**0,00**	**22,98**	**0,44**	**5,51**

Total de número de golpes analizados: 59
Resumen de tiempo de ensayo: 1 minuto 26 segundos

Tabla 43. Resultados de medición de energía. Profundidad 5.55 - 6.00.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 5.55 - 6.00
Fecha: 14 octubre 2018 **Operador:** Wilson Simbaña
LE: 6,7 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
8	5,6	2,66	395,9	263,1	83,4	474,5	395,9	4,99	98
16	5,6	2,66	409,2	246,9	86,2	474,5	409,2	5,09	89
24	5,7	2,66	392,1	253,1	82,6	474,5	392,1	4,94	87
32	5,7	2,66	368,9	255,5	77,7	474,5	368,9	4,95	87
40	5,7	2,66	349,3	285,4	73,6	474,5	349,3	4,51	88
48	5,8	2,66	332,1	392,9	70,0	474,5	332,1	4,85	88
56	5,8	2,66	351,2	309,7	74,0	474,5	351,2	4,50	95
64	5,8	2,66	360,4	364,9	75,9	474,5	360,4	4,60	99
72	5,9	2,66	355,8	290,8	75,0	474,5	355,8	4,27	98
80	5,9	2,66	353,1	299,9	74,4	474,5	353,1	4,57	99
Promedio		**28**	**366,8**	**295,6**	**77,3**	**474,5**	**366,8**	**4,73**	**93**
Desviación Estándar		**11,52**	**24,97**	**48,82**	**5,26**	**0,00**	**24,97**	**0,32**	**6,28**

Total de número de golpes analizados: 80
Resumen de tiempo de ensayo: 3 minutos 47 segundos

Sondeo 2

Tabla 44. Resultados de medición de energía. Profundidad 1.00 - 1.45.

Sondeo: P2 **Profundidad:** 1.00 - 1.45
Fecha: 14 octubre 2018 **Operador:** Aldemar Quiroz
LE: 2,1 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
2	1,2	0,82	376,6	184,0	79,4	474,5	376,6	5,48	104
4	1,2	0,82	385,9	193,2	81,3	474,5	385,9	5,68	105
6	1,3	0,82	403,6	195,9	85,0	474,5	403,6	5,50	107
8	1,3	0,82	403,0	187,0	84,9	474,5	403,0	5,79	107
10	1,3	0,82	404,9	191,4	85,3	474,5	404,9	5,66	107
12	1,4	0,82	388,2	174,3	81,8	474,5	388,2	5,76	102
14	1,4	0,82	401,2	202,2	84,6	474,5	401,2	5,99	108
16	1,5	0,82	420,9	201,2	88,7	474,5	420,9	5,97	109
18	1,5	0,82	396,5	165,5	83,6	474,5	396,5	6,00	103
20	1,5	0,82	392,7	158,6	82,8	474,5	392,7	5,96	101
22	1,6	0,82	331,7	159,0	69,9	474,5	331,7	4,87	97
24	1,6	0,82	335,1	169,1	70,6	474,5	335,1	5,07	100
Promedio		**0,82**	**386,7**	**181,8**	**81,5**	**474,5**	**386,7**	**5,64**	**104**
Desviación Estándar		**0,00**	**29,09**	**17,26**	**6,12**	**0,00**	**29,09**	**0,40**	**4,09**

Total de número de golpes analizados: 24
Resumen de tiempo de ensayo: 33 segundos

Tabla 45. Resultados de medición de energía. Profundidad 1.50 - 2.00.

Sondeo: P2 **Profundidad:** 1.50 - 2.00
Fecha: 14 octubre 2018 **Operador:** Wilson Simbaña
LE: 2,7 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
5	1,5	1,08	425,0	230,8	89,6	474,5	425,0	4,94	109
7	1,6	1,08	405,0	222,9	85,4	474,5	405,0	4,92	110
9	1,7	1,08	396,8	202,0	83,6	474,5	396,8	5,12	107
11	1,7	1,08	413,4	201,9	87,1	474,5	413,4	5,32	109
13	1,7	1,08	396,5	200,6	83,5	474,5	396,5	5,07	108
15	1,8	1,08	375,0	190,6	79,0	474,5	375,0	4,96	105
17	1,8	1,08	363,4	200,7	76,6	474,5	363,4	4,57	102
19	1,9	1,08	375,3	209,1	79,1	474,5	375,3	4,58	106
21	1,9	1,08	372,3	203,4	78,5	474,5	372,3	4,78	104
23	2,0	1,08	390,0	218,3	82,2	474,5	390,0	5,20	106
25	2,0	1,08	388,6	216,9	81,9	474,5	388,6	4,85	107
Promedio		**1,08**	**391,0**	**208,8**	**82,4**	**474,5**	**391,0**	**4,94**	**107**
Desviación Estándar		**0,00**	**22,25**	**13,11**	**4,69**	**0,00**	**22,25**	**0,26**	**2,84**

Total de número de golpes analizados: 22
Resumen de tiempo de ensayo: 1 minuto 3 segundos

Tabla 46. Resultados de medición de energía. Profundidad 2.00 - 2.45.

Sondeo: P2 **Profundidad:** 2.00 - 2.45
Fecha: 14 octubre 2018 **Operador:** Aldemar Quiroz
LE: 3,2 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
5	2,1	1,20	403,7	236,4	85,1	474,5	403,7	4,85	107
9	2,1	1,20	419,5	256,0	88,4	474,5	419,5	5,08	111
13	2,2	1,20	396,4	251,9	83,5	474,5	396,4	5,29	111
17	2,2	1,20	423,9	270,0	89,3	474,5	423,9	5,04	112
21	2,2	1,20	417,5	244,0	88,0	474,5	417,5	4,87	111
25	2,3	1,20	406,1	240,0	85,6	474,5	406,1	4,83	114
29	2,3	1,20	418,6	250,3	88,2	474,5	418,6	4,90	117
33	2,3	1,20	410,9	252,0	86,6	474,5	410,9	4,96	114
37	2,3	1,20	441,3	270,2	93,0	474,5	441,3	5,19	117
41	2,4	1,20	386,6	222,1	81,5	474,5	386,6	4,94	105
45	2,4	1,20	375,9	250,0	79,2	474,5	375,9	4,77	109
49	2,4	1,20	371,4	241,2	78,3	474,5	371,4	4,97	110
53	2,5	1,20	379,1	253,2	79,9	474,5	379,1	5,11	112
57	2,5	1,20	396,2	245,0	83,5	474,5	396,2	5,12	115
58	2,5	1,20	408,9	268,0	86,2	474,5	408,9	5,36	116
Promedio		**1,20**	**403,5**	**249,1**	**85,0**	**474,5**	**403,5**	**5,00**	**112**
Desviación Estándar		**0,00**	**24,35**	**17,45**	**5,13**	**0,00**	**24,35**	**0,25**	**3,98**

Total de número de golpes analizados: 57
Resumen de tiempo de ensayo: 1 minuto 16 segundos

Tabla 47. Resultados de medición de energía. Profundidad 2.50 - 3.00.

Sondeo: P2 **Profundidad:** 2.50 - 3.00
Fecha: 14 octubre 2018 **Operador:** Wilson Simbaña
LE: 3,7 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
4	2,6	1,46	418,5	244,6	88,2	474,5	418,5	5,99	103
7	2,7	1,46	410,0	258,9	86,4	474,5	410,0	5,44	106
10	2,7	1,46	393,8	252,7	83,0	474,5	393,8	5,51	104
13	2,7	1,46	386,2	248,5	81,4	474,5	386,2	5,42	104
16	2,7	1,46	394,2	254,6	83,1	474,5	394,2	5,67	106
19	2,8	1,46	378,9	233,7	79,8	474,5	378,9	5,76	103
22	2,8	1,46	353,1	236,7	74,4	474,5	353,1	4,97	101
25	2,8	1,46	374,6	246,6	78,9	474,5	374,6	4,94	104
28	2,8	1,46	388,4	234,3	81,8	474,5	388,4	5,53	104
31	2,9	1,46	366,4	237,5	77,2	474,5	366,4	5,03	100
34	2,9	1,46	364,8	236,5	76,9	474,5	364,8	5,00	101
37	2,9	1,46	381,4	247,4	80,4	474,5	381,4	5,15	103
40	3,0	1,46	384,9	245,1	81,1	474,5	384,9	5,16	103
43	3,0	1,46	374,2	239,9	78,9	474,5	374,2	5,01	101
44	3,0	1,46	400,7	207,4	84,4	474,5	400,7	5,66	91
Promedio		**1,46**	**383,9**	**243,2**	**80,9**	**474,5**	**383,9**	**5,33**	**103**
Desviación Estándar		**0,00**	**20,11**	**13,01**	**4,24**	**0,00**	**20,11**	**0,42**	**2,96**

Total de número de golpes analizados: 43
Resumen de tiempo de ensayo: 1 minuto 59 segundos

Tabla 48. Resultados de medición de energía. Profundidad 3.00 - 3.45.

Sondeo: P2 **Profundidad:** 3.00 - 3.45
Fecha: 14 octubre 2018 **Operador:** Aldemar Quiroz
LE: 4,0 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
8	3,0	1,58	402,1	213,3	84,7	474,5	402,1	6,14	93
16	3,1	1,58	405,4	225,2	85,4	474,5	405,4	5,39	101
24	3,1	1,58	375,7	311,0	79,2	474,5	375,7	5,29	95
32	3,2	1,58	357,2	425,7	75,3	474,5	357,2	5,71	94
40	3,2	1,58	354,5	429,9	74,7	474,5	354,5	5,92	93
48	3,2	1,58	331,5	390,6	69,9	474,5	331,5	5,58	101
56	3,3	1,58	335,0	491,9	70,6	474,5	335,0	5,26	102
64	3,3	1,58	309,1	487,8	65,1	474,5	309,1	4,76	95
72	3,3	1,58	296,5	494,5	62,5	474,5	296,5	4,53	88
80	3,4	1,58	301,7	490,2	63,6	474,5	301,7	4,60	93
88	3,4	1,58	303,9	528,6	64,0	474,5	303,9	5,01	96
96	3,4	1,58	303,6	535,1	64,0	474,5	303,6	5,21	95
104	3,4	1,58	316,7	572,1	66,7	474,5	316,7	5,27	93
Promedio		**1,58**	**345,2**	**428,7**	**72,7**	**345,2**	**343,5**	**5,33**	**96**
Desviación Estándar		**0,00**	**36,26**	**115,7**	**7,64**	**36,26**	**34,83**	**0,44**	**4,68**

Total de número de golpes analizados: 104
Resumen de tiempo de ensayo: 4 minutos 39 segundos

Registros completos para cada profundidad de Máquina Longyear 1

Tabla 49. Resultados de medición de energía. Profundidad 20.80 - 21.25.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 20.80 - 21.25
Fecha: 23 noviembre 2018 **Operador:** Aldemar Quiroz
LE: 22,6 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
4	20,9	8,82	377,4	346,2	80,5	468,6	377,1	4,00	108
7	20,9	8,82	388,6	339,0	82,9	468,6	388,3	4,10	106
10	21,0	8,82	407,9	329,2	87,0	468,6	407,4	4,07	96
13	21,0	8,82	405,9	328,7	86,6	468,6	406,0	4,10	99
16	21,0	8,82	415,8	331,6	88,7	468,6	415,9	4,20	99
19	21,1	8,82	413,7	335,7	88,3	468,6	413,3	4,27	102
22	21,1	8,82	414,4	340,8	88,4	468,6	414,0	4,37	102
25	21,1	8,82	421,3	346,6	89,9	468,6	421,0	4,82	103
28	21,1	8,82	416,8	355,9	88,9	468,6	416,5	4,96	98
31	21,2	8,82	424,5	351,6	90,6	468,6	424,2	5,32	98
34	21,2	8,82	414,3	352,6	88,4	468,6	414,0	5,19	102
37	21,2	8,82	410,3	354,2	87,5	468,6	410,0	5,05	97
40	21,3	8,82	401,9	358,2	85,8	468,6	401,7	5,06	99
43	21,3	8,82	412,3	352,6	88,0	468,6	412,1	4,99	100
Promedio		**8,82**	**408,9**	**344,5**	**87,3**	**468,6**	**408,7**	**4,61**	**101**
Desviación Estándar		**0,00**	**13,44**	**10,57**	**2,87**	**0,00**	**13,42**	**0,50**	**4,30**

Total de número de golpes analizados: 42
Resumen de tiempo de ensayo: 1 minuto 45 segundos

Tabla 50. Resultados de medición de energía. Profundidad 21.50 - 21.95.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 21.50 - 21.95
Fecha: 23 noviembre 2018 **Operador:** Aldemar Quiroz
LE: 23,2 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
5	21,5	9,06	408,0	278,9	86,0	474,5	408,0	4,75	112
9	21,6	9,06	418,8	347,8	88,3	474,5	418,8	4,40	109
13	21,7	9,06	411,5	353,0	86,7	474,5	411,5	4,35	106
17	21,7	9,06	406,6	349,5	85,7	474,5	406,6	4,25	101
21	21,7	9,06	412,3	351,7	86,9	474,5	412,3	4,23	101
25	21,8	9,06	405,1	355,5	85,4	474,5	405,1	4,33	99
29	21,8	9,06	405,8	350,5	85,5	474,5	405,8	4,30	102
33	21,8	9,06	404,4	350,5	85,2	474,5	404,4	4,33	102
37	21,9	9,06	399,8	354,5	84,2	474,5	399,8	4,36	99
41	21,9	9,06	398,6	353,3	84,0	474,5	398,6	4,45	99
45	21,9	9,06	407,4	351,4	85,9	474,5	407,4	4,39	98
49	21,9	9,06	403,9	351,0	85,1	474,5	403,9	4,43	105
51	22,0	9,06	393,0	343,3	82,8	474,5	393,0	4,55	105
Promedio		**9,06**	**406,3**	**345,5**	**85,6**	**474,5**	**406,3**	**4,39**	**103**
Desviación Estándar		**0,00**	**7,11**	**36,15**	**1,50**	**0,00**	**7,11**	**0,21**	**6,26**

Total de número de golpes analizados: 50
Resumen de tiempo de ensayo: 2 minutos 8 segundos

Tabla 51. Resultados de medición de energía. Profundidad 22.00 - 22.45.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 22.00 - 22.45
Fecha: 23 noviembre 2018 **Operador:** Aldemar Quiroz
LE: 23,4 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
2	22	9,12	405,8	375,4	85,5	474,5	405,8	4,39	116
4	22,1	9,12	405,0	371,6	85,3	474,5	405,0	5,29	101
6	22,2	9,12	403,0	363,4	84,9	474,5	403,0	5,34	92
8	22,2	9,12	394,2	344,1	83,1	474,5	394,2	4,47	81
10	22,2	9,12	403,7	339,5	85,1	474,5	403,7	4,19	83
12	22,3	9,12	410,5	342,0	86,5	474,5	410,5	4,10	84
14	22,3	9,12	416,1	345,6	87,7	474,5	416,1	4,11	83
16	22,3	9,12	403,0	354,2	84,9	474,5	403,0	4,53	90
18	22,4	9,12	413,2	350,9	87,1	474,5	413,2	5,79	98
20	22,4	9,12	411,8	350,0	86,8	474,5	411,8	5,73	94
22	22,4	9,12	410,0	353,7	86,4	474,5	410,0	5,70	98
24	22,5	9,12	396,6	346,6	83,6	474,5	396,6	5,58	97
Promedio		**9,12**	**406,1**	**353,1**	**85,6**	**474,5**	**406,1**	**4,94**	**93**
Desviación Estándar		**0,00**	**8,17**	**12,14**	**1,72**	**0,00**	**8,17**	**0,70**	**10,15**

Total de número de golpes analizados: 24
Resumen de tiempo de ensayo: 58 segundos

Tabla 52. Resultados de medición de energía. Profundidad 22.50 - 22.95.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 22.50 - 22.95
Fecha: 23 noviembre 2018 **Operador:** Aldemar Quiroz
LE: 24,0 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
2	22,5	9,36	402,9	357,0	84,9	474,5	402,9	5,05	98
4	22,6	9,36	384,2	335,5	81,0	474,5	384,2	5,08	95
6	22,6	9,36	391,2	343,2	82,4	474,5	391,2	4,87	94
8	22,6	9,36	389,3	341,8	82,1	474,5	389,3	5,02	91
10	22,7	9,36	387,5	345,4	81,7	474,5	387,5	4,93	95
12	22,7	9,36	383,1	339,2	80,7	474,5	383,1	4,78	97
14	22,7	9,36	393,7	345,3	83,0	474,5	393,7	4,72	87
16	22,7	9,36	379,7	341,6	80,0	474,5	379,7	4,57	95
18	22,8	9,36	382,6	343,2	80,6	474,5	382,6	4,15	95
20	22,8	9,36	385,2	342,2	81,2	474,5	385,2	4,91	88
22	22,8	9,36	382,5	337,4	80,6	474,5	382,5	5,03	90
24	22,8	9,36	388,2	346,8	81,8	474,5	388,2	4,72	98
26	22,9	9,36	402,4	364,8	84,8	474,5	402,4	4,75	97
28	22,9	9,36	341,2	295,0	71,9	474,5	341,2	4,75	103
30	22,9	9,36	407,6	374,9	85,9	474,5	407,6	5,19	110
32	22,9	9,36	392,3	352,5	82,7	474,5	392,3	5,30	97
34	23,0	9,36	387,7	339,7	81,7	474,5	387,7	5,53	88
35	23,0	9,36	383,9	322,5	80,9	474,5	383,9	5,30	83
Promedio		**9,36**	**386,4**	**342,3**	**81,4**	**474,5**	**386,4**	**4,91**	**94,3**
Desviación Estándar		**0,00**	**23,00**	**25,77**	**4,85**	**0,00**	**23,00**	**0,36**	**5,82**

Total de número de golpes analizados: 34
Resumen de tiempo de ensayo: 1 minuto 17 segundos

Tabla 53. Resultados de medición de energía. Profundidad 23.00 - 23.45.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 23.00 - 23.45
Fecha: 23 noviembre 2018 **Operador:** Aldemar Quiroz
LE: 24,9 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
3	23,0	9,72	372,6	331,4	78,5	474,5	372,6	4,38	98
5	23,0	9,72	409,7	366,1	86,3	474,5	409,7	4,77	111
7	23,1	9,72	400,0	351,1	84,3	474,5	400,0	5,47	87
9	23,1	9,72	406,7	346,6	85,7	474,5	406,7	4,97	95
11	23,1	9,72	419,0	337,9	88,3	474,5	419,0	5,51	86
13	23,1	9,72	401,3	328,9	84,6	474,5	401,3	5,71	86
15	23,2	9,72	391,5	327,3	82,5	474,5	391,5	5,33	88
17	23,2	9,72	397,7	346,7	83,8	474,5	397,7	5,03	91
19	23,2	9,72	395,1	339,8	83,3	474,5	395,1	4,76	89
Promedio		**9,72**	**399,3**	**341,8**	**84,1**	**475**	**399,3**	**5,10**	**92**
Desviación Estándar		**0,00**	**13,62**	**15,08**	**2,87**	**0,00**	**13,62**	**0,52**	**9,75**

Total de número de golpes analizados: 18
Resumen de tiempo de ensayo: 38 segundos

Registros completos para cada profundidad de Máquina Longyear 2

Tabla 54. Resultados de medición de energía. Profundidad 1.50 - 2.00.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 1.50 - 2.00
Fecha: 17 octubre 2018 **Operador:** Wilson Simbaña
LE: 2,7 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
3	1,6	1,08	412,1	190,4	86,8	474,5	412,1	4,98	108
5	1,7	1,08	410,3	187,0	86,5	474,5	410,3	4,71	114
7	1,7	1,08	400,6	184,7	84,4	474,5	400,6	4,81	113
9	1,7	1,08	423,6	194,8	89,3	474,5	423,6	5,08	112
11	1,8	1,08	417,5	190,6	88,0	474,5	417,5	5,20	112
13	1,8	1,08	421,5	187,3	88,8	474,5	421,5	4,66	108
15	1,8	1,08	415,7	173,5	87,6	474,5	415,7	4,66	112
17	1,9	1,08	414,7	175,1	87,4	474,5	414,7	4,64	112
19	1,9	1,08	408,7	165,1	86,1	474,5	408,7	4,72	104
20	1,9	1,08	402,1	170,0	84,7	474,5	402,1	4,74	108
Promedio		**1,08**	**413,2**	**182,5**	**87,1**	**474,5**	**413,2**	**4,82**	**110**
Desviación Estándar		**0,00**	**9,14**	**10,17**	**1,93**	**0,00**	**9,14**	**0,21**	**4,51**

Total de número de golpes analizados: 19
Resumen de tiempo de ensayo: 1 minuto 38 segundos

Tabla 55. Resultados de medición de energía. Profundidad 2.00 - 2.45.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 2.00 - 2.45
Fecha: 17 octubre 2018 **Operador:** Wilson Simbaña
LE: 3,3 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
4	2,0	1,30	386,9	219,7	81,5	474,5	390,7	4,30	108
7	2,1	1,30	401,1	225,6	84,5	474,5	404,7	4,55	109
10	2,2	1,30	404,7	230,4	85,3	474,5	408,3	4,85	110
13	2,2	1,30	414,8	236,3	87,4	474,5	417,6	5,36	106
16	2,2	1,30	415,2	278,2	87,5	474,5	418,4	4,97	110
19	2,2	1,30	412,0	232,4	86,8	474,5	415,5	4,93	109
22	2,3	1,30	412,9	231,0	87,0	474,5	416,4	4,80	109
25	2,3	1,30	406,3	327,2	85,6	474,5	409,6	4,58	107
28	2,3	1,30	410,7	348,7	86,5	474,5	413,2	5,07	104
31	2,3	1,30	408,7	355,4	86,1	474,5	411,1	5,04	105
34	2,4	1,30	412,1	302,1	86,8	474,5	415,4	4,64	111
37	2,4	1,30	408,3	248,7	86,0	474,5	411,6	4,58	111
40	2,4	1,30	406,5	250,0	85,7	474,5	410,1	4,54	111
43	2,4	1,30	410,1	247,6	86,4	474,5	413,8	4,53	111
45	2,5	1,30	409,2	247,3	86,2	474,5	412,8	4,59	111
Promedio		**1,30**	**407,9**	**265,8**	**86,0**	**475**	**411,3**	**4,76**	**109**
Desviación Estándar		**0,00**	**8,48**	**62,26**	**1,78**	**0,00**	**8,34**	**0,33**	**2,84**

Total de número de golpes analizados: 44
Resumen de tiempo de ensayo: 2 minutos 51 segundos

Tabla 56. Resultados de medición de energía. Profundidad 2.50 - 3.00.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 2.50 - 3.00
Fecha: 17 octubre 2018 **Operador:** Wilson Simbaña
LE: 3,7 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
3	2,5	1,46	395,4	221,2	83,3	474,5	395,4	4,39	110
6	2,6	1,46	397,3	221,8	83,7	474,5	397,3	4,43	111
9	2,6	1,46	390,9	217,0	82,4	474,5	390,9	4,25	111
12	2,7	1,46	396,8	220,6	83,6	474,5	396,8	4,24	114
15	2,7	1,46	395,0	219,9	83,2	474,5	395,0	4,26	113
18	2,7	1,46	396,9	234,0	83,6	474,5	396,9	4,23	115
21	2,8	1,46	400,6	238,1	84,4	474,5	400,6	4,38	115
24	2,8	1,46	400,0	230,0	84,3	474,5	400,0	4,32	112
27	2,8	1,46	403,1	214,3	84,9	474,5	403,1	4,63	113
30	2,8	1,46	384,1	197,1	80,9	474,5	384,1	4,86	99
33	2,9	1,46	387,3	206,4	81,6	474,5	387,3	4,84	100
36	2,9	1,46	392,3	218,6	82,7	474,5	392,3	4,82	105
39	2,9	1,46	390,1	219,2	82,2	474,5	390,1	5,15	101
42	3,0	1,46	385,7	196,0	81,3	474,5	385,7	4,82	99
Promedio		**1,46**	**394,0**	**258,8**	**83,03**	**474,5**	**393,9**	**4,55**	**108**
Desviación Estándar		**0,00**	**8,05**	**19,80**	**1,70**	**0,00**	**8,05**	**0,31**	**6,34**

Total de número de golpes analizados: 42
Resumen de tiempo de ensayo: 2 minutos 32 segundos

Tabla 57. Resultados de medición de energía. Profundidad 3.00 - 3.50.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 3.00 - 3.50
Fecha: 17 octubre 2018 **Operador:** Wilson Simbaña
LE: 4,2 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
4	3,0	1,64	383,4	276,3	80,8	474,5	383,4	4,50	107
7	3,1	1,64	384,5	271,1	81,0	474,5	384,5	4,47	108
10	3,2	1,64	387,1	272,1	81,6	474,5	387,1	4,83	104
13	3,2	1,64	381,1	260,3	80,3	474,5	381,1	4,88	94
16	3,2	1,64	387,5	260,1	81,7	474,5	387,5	5,03	95
19	3,2	1,64	384,5	255,2	81,0	474,5	384,5	4,90	97
22	3,3	1,64	389,2	266,8	82,0	474,5	389,2	4,83	92
25	3,3	1,64	394,6	265,1	83,2	474,5	394,6	4,81	95
28	3,3	1,64	397,5	262,2	83,8	474,5	397,5	4,95	88
31	3,4	1,64	401,5	271,8	84,6	474,5	401,5	5,35	99
34	3,4	1,64	393,9	317,5	83,0	474,5	393,9	4,89	102
37	3,4	1,64	398,3	332,0	83,9	474,5	398,3	4,90	109
40	3,5	1,64	397,5	281,0	83,8	474,5	397,5	4,77	110
43	3,5	1,64	391,3	282,0	82,5	474,5	391,3	4,56	105
Promedio		**1,64**	**390,9**	**276,7**	**82,4**	**474,5**	**390,9**	**4,83**	**100**
Desviación Estándar		**0,00**	**8,51**	**32,71**	**1,79**	**0,00**	**8,51**	**0,27**	**7,62**

Total de número de golpes analizados: 42
Resumen de tiempo de ensayo: 2 minutos 0 segundos

Tabla 58. Resultados de medición de energía. Profundidad 3.55 - 4.00.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 3.55 - 4.00
Fecha: 17 octubre 2018 **Operador:** Wilson Simbaña
LE: 4,9 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (J)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
6	3,6	1,90	395,5	297,3	83,3	474,5	395,5	4,57	109
11	3,6	1,90	404,1	307,0	85,2	474,5	404,1	4,77	110
16	3,7	1,90	400,0	304,3	84,3	474,5	400,0	4,59	109
21	3,7	1,90	400,7	310,5	84,4	474,5	400,7	4,61	111
26	3,8	1,90	400,0	310,8	84,3	474,5	400,0	4,73	109
31	3,8	1,90	401,7	314,7	84,6	474,5	401,7	4,82	109
36	3,8	1,90	403,5	311,9	85,0	474,5	403,5	4,85	110
41	3,9	1,90	403,5	330,9	85,0	474,5	403,5	5,04	109
46	3,9	1,90	404,8	349,1	85,3	474,5	404,8	5,28	107
51	3,9	1,90	396,6	339,1	83,6	474,5	396,6	5,52	104
56	4,0	1,90	402,3	312,4	84,8	474,5	402,3	5,52	102
61	4,0	1,90	403,5	339,7	85,0	474,5	403,5	5,66	103
62	4,0	1,90	404,5	289,4	85,2	474,5	404,5	6,10	100
Promedio		**1,90**	**401,4**	**318,5**	**84,6**	**474,5**	**401,4**	**5,02**	**108**
Desviación Estándar		**0,00**	**6,52**	**44,57**	**1,37**	**0,00**	**6,52**	**0,45**	**3,63**

Total de número de golpes analizados: 61
Resumen de tiempo de ensayo: 2 minutos 34 segundos

Registros completos para cada profundidad del Equipo Manual

Tabla 59. Resultados de medición de energía. Profundidad 1.00 - 1.45.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 1.00 - 1.45
Fecha: 07 noviembre 2018 **Operador:** Aldemar Quiroz
LE: 1,9 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
4	1,0	0,82	246,8	66,1	52,8	467,7	246,8	3,93	66
7	1,1	0,82	252,0	54,3	53,9	467,7	252,0	3,55	64
10	1,2	0,82	262,6	75,9	56,2	467,7	262,6	3,76	59
13	1,2	0,82	238,3	71,0	51,0	467,7	238,3	3,72	70
16	1,2	0,82	239,7	73,8	51,3	467,7	239,7	3,69	68
19	1,3	0,82	254,3	81,7	54,4	467,7	254,3	3,57	69
22	1,3	0,82	274,9	83,9	58,8	467,7	274,9	4,06	85
25	1,3	0,82	246,5	81,7	52,7	467,7	246,5	3,81	68
28	1,4	0,82	252,0	141,1	53,9	467,7	252,0	3,86	80
31	1,4	0,82	243,7	122,9	52,1	467,7	243,7	3,62	65
34	1,4	0,82	254,5	121,1	54,4	467,7	254,5	3,82	70
37	1,5	0,82	257,9	129,6	55,2	467,7	257,9	3,65	70
40	1,5	0,82	266,1	143,0	56,9	467,7	266,1	4,16	81
41	1,5	0,82	253,4	229,6	54,2	467,7	253,4	3,47	71
Promedio		**0,82**	**253,0**	**99,2**	**54,1**	**467,7**	**253,0**	**3,78**	**70**
Desviación Estándar		**0,00**	**14,47**	**47,85**	**3,09**	**0,00**	**14,47**	**0,33**	**9,39**

Total de número de golpes analizados: 40
Resumen de tiempo de ensayo: 1 minuto 8 segundos

Tabla 60. Resultados de medición de energía. Profundidad 1.55 - 2.00.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 1.55 - 2.00
Fecha: 07 noviembre 2018 **Operador:** Aldemar Quiroz
LE: 2,7 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EF2: Energía de F^2
EFV: Energía de FV
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
5	1,6	1,04	275,0	85,7	58,7	468,6	266,6	4,04	75
9	1,7	1,04	276,6	81,1	59,0	468,6	284,5	4,04	77
13	1,7	1,04	276,1	94,5	58,9	468,6	267,2	4,13	78
17	1,8	1,04	272,1	99,9	58,1	468,6	286,2	4,32	78
21	1,8	1,04	265,1	83,4	56,6	468,6	244,5	3,66	68
25	1,8	1,04	283,5	103,2	60,5	468,6	280,8	3,99	80
29	1,9	1,04	283,1	131,2	60,4	468,6	292,4	4,11	82
33	1,9	1,04	270,8	101,2	57,8	468,6	239,2	3,76	73
37	1,9	1,04	277,6	110,0	59,2	468,6	327,8	3,89	78
41	2,0	1,04	250,7	167,0	53,5	468,6	228,8	3,53	71
45	2,0	1,04	262,3	149,2	56,0	468,6	250,3	3,92	78
49	2,0	1,04	246,4	171,8	52,6	468,6	261,7	3,95	77
50	2,1	1,04	272,1	257,9	58,1	468,6	272,1	4,38	81
Promedio		**1,14**	**270,0**	**117,8**	**57,6**	**468,6**	**270,0**	**3,95**	**76**
Desviación Estándar		**0,00**	**4,61**	**49,54**	**3,88**	**0,00**	**21,60**	**9,32**	**8,53**

Total de número de golpes analizados: 49
Resumen de tiempo de ensayo: 1 minuto 39 segundos

Tabla 61. Resultados de medición de energía. Profundidad 2.00 - 2.50.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 2.00 - 2.50
Fecha: 07 noviembre 2018 **Operador:** Aldemar Quiroz
LE: 2,9 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
3	2	1,14	322,1	116,4	68,7	468,6	322,1	4,54	86
5	2,1	1,14	281,5	103,0	60,1	468,6	281,5	4,02	77
7	2,1	1,14	287,6	123,0	61,4	468,6	287,6	4,35	87
9	2,1	1,14	295,0	72,2	63,0	468,6	295,0	3,91	78
11	2,2	1,14	265,1	96,3	56,6	468,6	265,1	3,87	68
13	2,2	1,14	272,1	92,2	58,1	468,6	272,1	3,81	68
15	2,2	1,14	262,8	107,4	56,1	468,6	262,8	3,38	76
17	2,2	1,14	290,3	108,2	61,9	468,6	290,3	4,04	73
19	2,3	1,14	263,1	98,5	56,1	468,6	263,1	3,89	70
21	2,3	1,14	279,8	86,7	59,7	468,6	279,8	3,65	69
23	2,3	1,14	266,1	103,1	56,8	468,6	266,1	3,83	72
25	2,4	1,14	258,0	93,0	55,0	468,6	258,0	3,85	72
27	2,4	1,14	257,0	102,2	54,8	468,6	257,0	3,66	69
29	2,4	1,14	252,7	104,3	53,9	468,6	252,7	3,92	74
31	2,4	1,14	266,7	95,4	56,9	468,6	266,7	3,75	72
33	2,5	1,14	269,4	117,0	57,5	468,6	269,4	3,72	82
Promedio		**1,14**	**274,3**	**101,2**	**58,5**	**469**	**274,3**	**3,89**	**75**
Desviación Estándar		**0,00**	**21,30**	**21,14**	**4,54**	**0,00**	**21,30**	**0,39**	**7,50**

Total de número de golpes analizados: 32
Resumen de tiempo de ensayo: 54 segundos

Tabla 62. Resultados de medición de energía. Profundidad 2.55 - 3.00.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 2.55 - 3.00
Fecha: 07 noviembre 2018 **Operador:** Aldemar Quiroz
LE: 3,6 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
3	2,6	1,40	289,0	127,0	61,7	468,6	289,0	4,28	89
5	2,6	1,40	317,6	63,2	67,8	468,6	317,6	3,71	71
7	2,7	1,40	278,2	101,0	59,4	468,6	278,2	3,61	73
9	2,7	1,40	295,5	126,3	63,0	468,6	295,5	4,68	87
11	2,7	1,40	278,3	105,3	59,4	468,6	278,3	4,07	71
13	2,8	1,40	278,4	126,9	59,4	468,6	278,4	3,36	72
15	2,8	1,40	287,6	116,0	61,4	468,6	287,6	4,28	71
17	2,8	1,40	286,0	126,3	61,0	468,6	286,0	4,32	83
19	2,8	1,40	273,3	77,5	58,3	468,6	273,3	4,19	75
21	2,9	1,40	290,3	129,7	61,9	468,6	290,3	4,31	84
23	2,9	1,40	275,9	124,9	58,9	468,6	275,9	4,19	76
25	2,9	1,40	278,6	28,4	59,4	468,6	278,6	3,58	82
27	2,9	1,40	275,0	110,1	58,7	468,6	275,0	3,35	73
29	2,9	1,40	298,1	141,4	63,6	468,6	298,1	3,97	83
31	3,0	1,40	294,2	70,5	62,8	468,6	294,2	3,91	76
33	3,0	1,40	293,8	145,1	62,7	468,6	293,8	3,90	86
35	3,0	1,40	288,2	143,7	61,5	468,6	288,2	4,01	93
37	3,0	1,40	290,8	145,1	62,1	468,6	290,8	3,97	88
Promedio		**1,40**	**287,2**	**111,6**	**61,3**	**468,6**	**287,2**	**3,98**	**80**
Desviación Estándar		**0,00**	**13,20**	**39,32**	**2,81**	**0,00**	**13,20**	**0,45**	**9,21**

Total de número de golpes analizados: 36
Resumen de tiempo de ensayo: 54 segundos

Tabla 63. Resultados de medición de energía. Profundidad 3.00 - 3.45.

Sondeo: P1 **Profundidad:** 3.00 - 3.45
Fecha: 07 noviembre 2018 **Operador:** Aldemar Quiroz
LE: 4,2 m **Velocidad de onda:** 5123 m/s

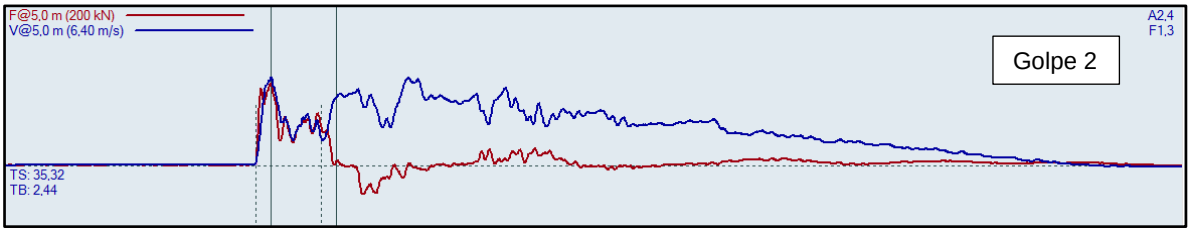
ER: Energía del Martillo **2L/c:** 2*LE / Velocidad de onda
EFV: Energía de FV **EF2:** Energía de F^2
EMX: Energía Máxima Transferida **VMX:** Velocidad Máxima
ETR: Relación de Transferencia de Energía **FMX:** Fuerza Máxima

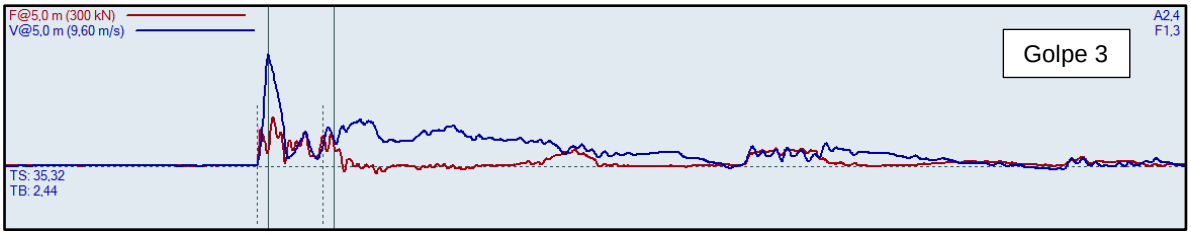
GOLPE #	PROFUNDIDAD (m)	2L/c (ms)	EFV (J)	EF2 (J)	ETR (%)	ER (J)	EMX (J)	VMX (m/s)	FMX (kN)
3	3	1,64	316,3	146,3	67,5	468,6	316	4,03	87
5	3,1	1,64	304,6	129,2	65,0	468,6	305	4,03	90
7	3,2	1,64	289,4	136,3	61,7	468,6	289	3,95	75
9	3,2	1,64	306,9	128,8	65,5	468,6	307	3,68	71
11	3,2	1,64	272,7	70,8	58,2	468,6	273	3,58	69
13	3,3	1,64	274,9	134,4	58,7	468,6	275	3,54	75
15	3,3	1,64	273,5	131,6	58,4	468,6	274	3,65	72
17	3,3	1,64	265,1	114,0	56,6	468,6	265	3,63	72
19	3,4	1,64	289,7	136,4	61,8	468,6	290	4,18	89
21	3,4	1,64	257,6	125,1	55,0	468,6	258	3,63	73
23	3,4	1,64	250,9	116,3	53,5	468,6	251	3,72	74
25	3,5	1,64	251,3	69,2	53,6	468,6	251	3,91	69
27	3,5	1,64	248,3	68,5	53,0	468,6	248,3	4,00	69
29	3,5	1,64	282,3	132,8	60,2	468,6	282	4,29	75
Promedio		**1,64**	**277,4**	**117,1**	**59,2**	**468,6**	**277**	**3,84**	**76**
Desviación Estándar		**0,00**	**24,57**	**35,76**	**5,25**	**0,00**	**24,57**	**0,42**	**8,00**

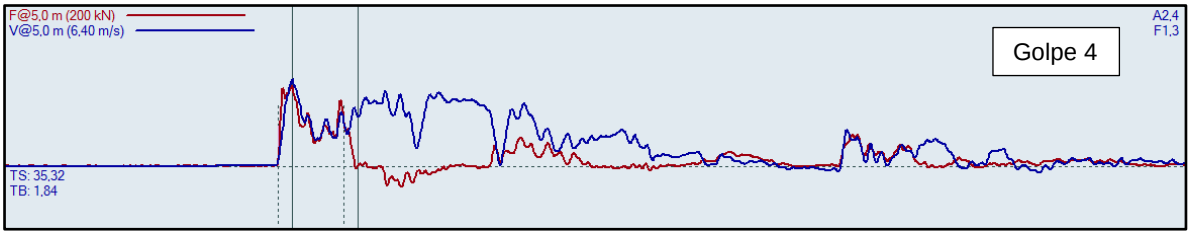
Total de número de golpes analizados: 28
Resumen de tiempo de ensayo: 51 segundos

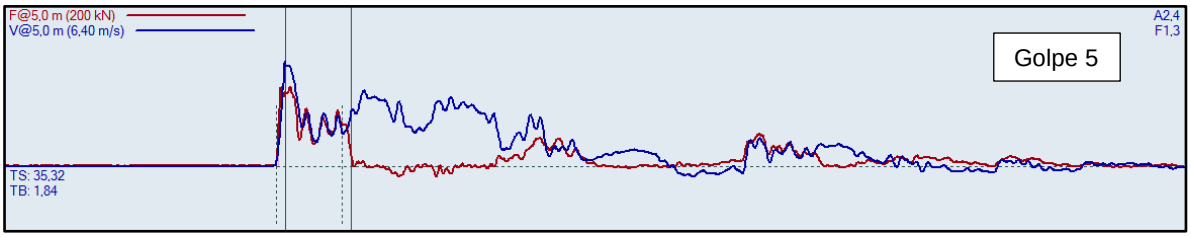
Gráficas de fuerza y velocidad de calibración Máquina Acker

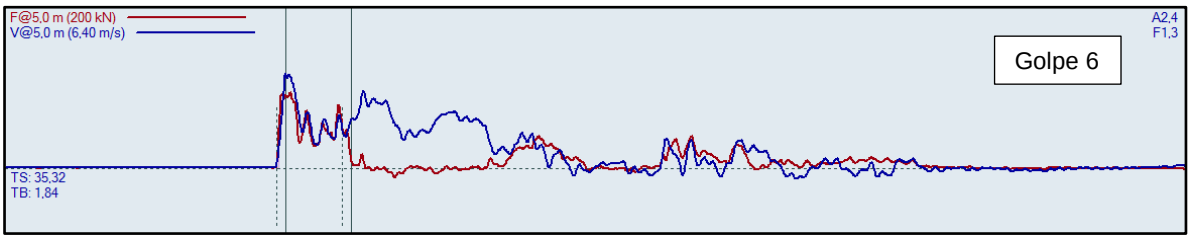
Sondeo 1 - Profundidad 4.00 – 4.45

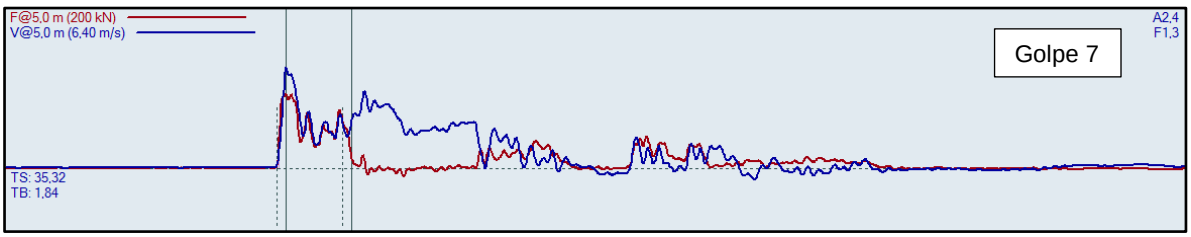


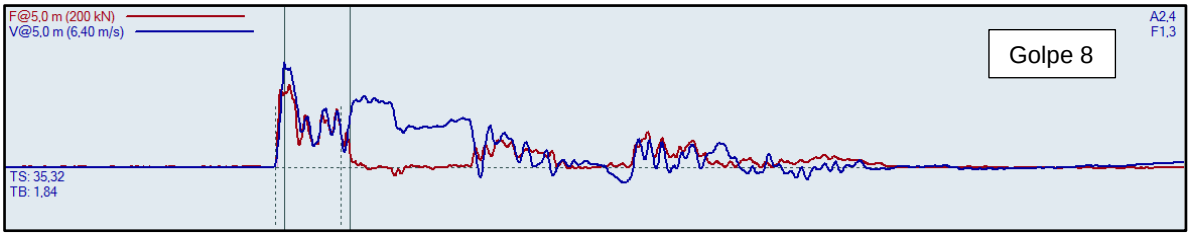


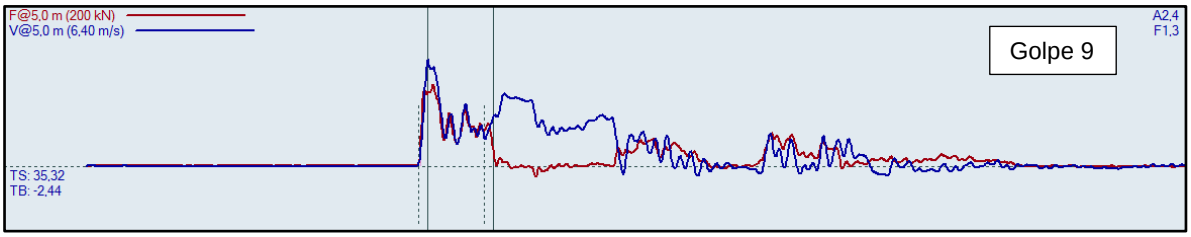


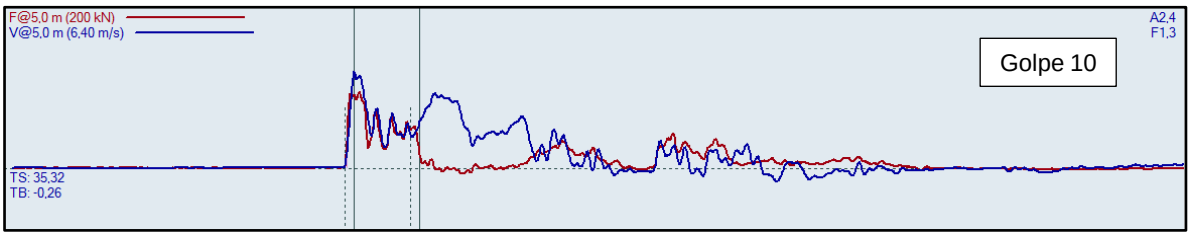


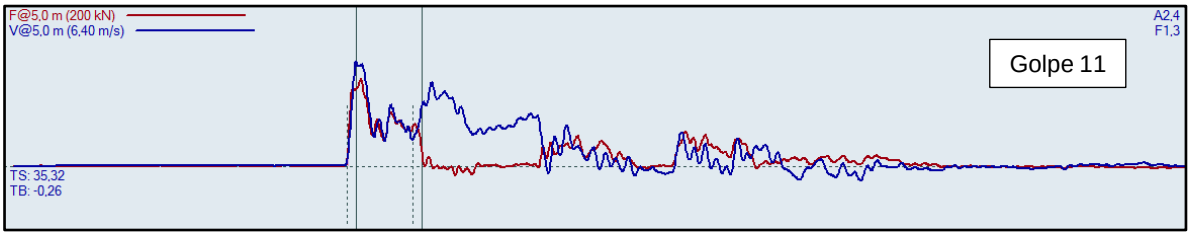


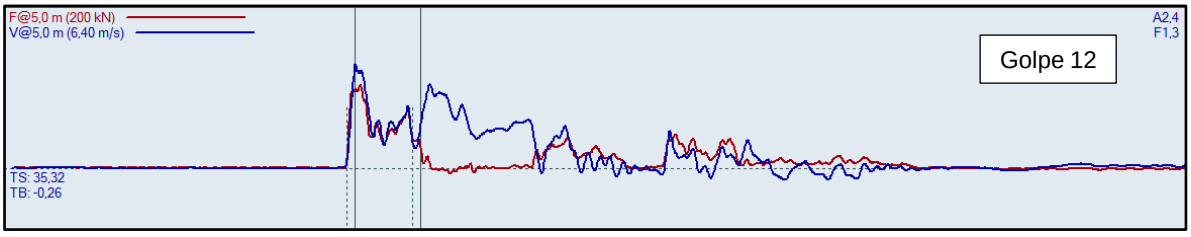


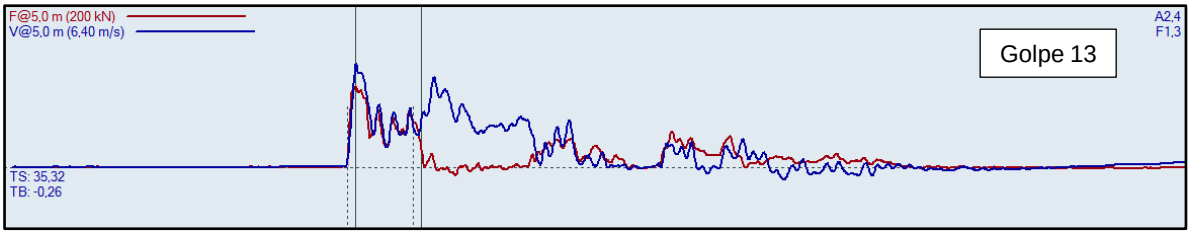

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 8
TS: 35,32
TB: 1,84

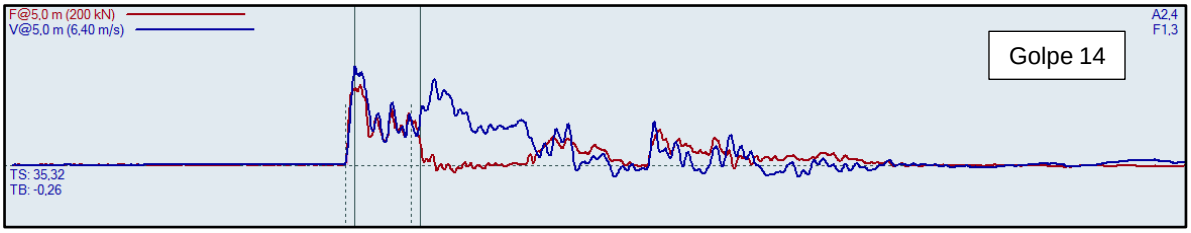

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 9
TS: 35,32
TB: -2,44

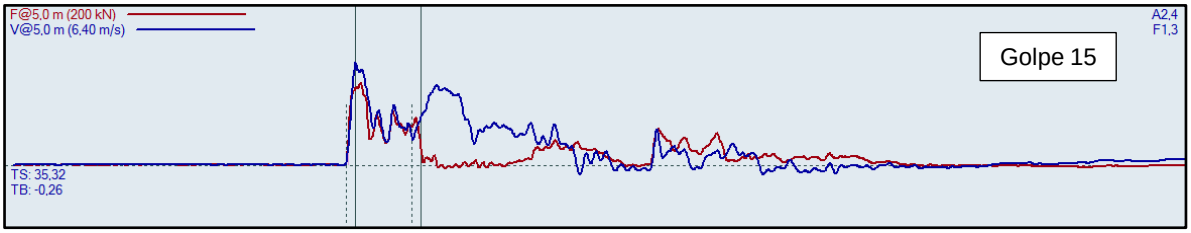

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 10
TS: 35,32
TB: -0,26

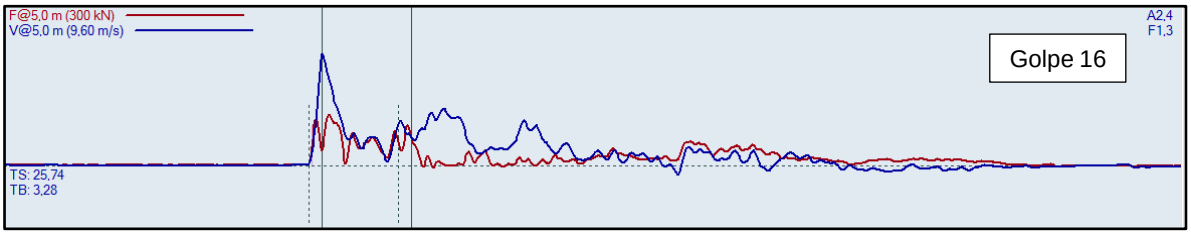

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 11
TS: 35,32
TB: -0,26

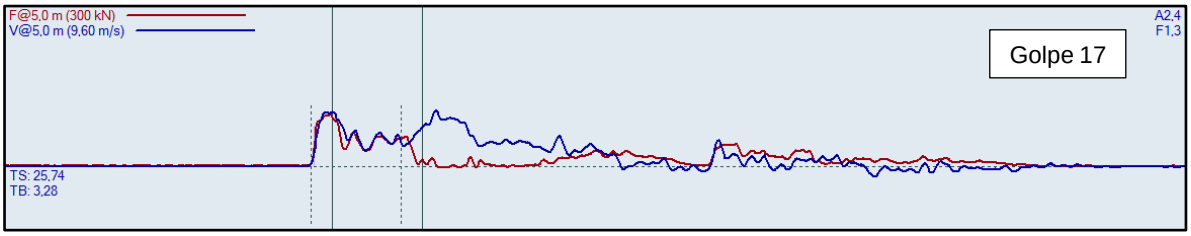

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 12
TS: 35,32
TB: -0,26

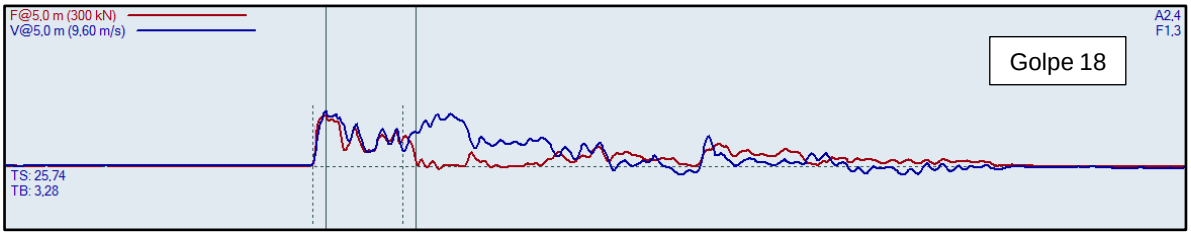

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 13
TS: 35,32
TB: -0,26

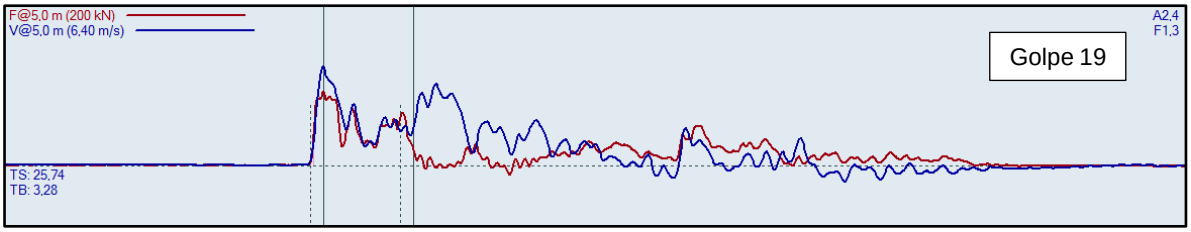

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 14
TS: 35,32
TB: -0,26

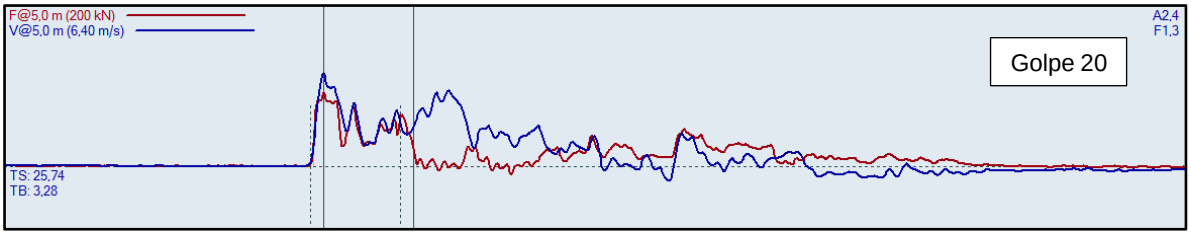

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 15
TS: 35,32
TB: -0,26

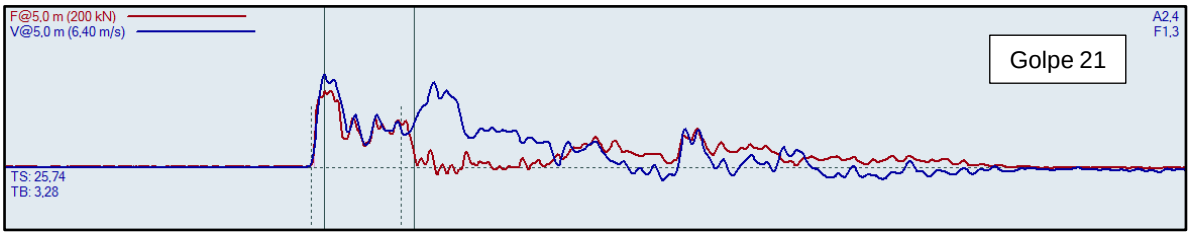

F@5,0 m (300 kN)
V@5,0 m (9,60 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 16
TS: 25,74
TB: 3,28

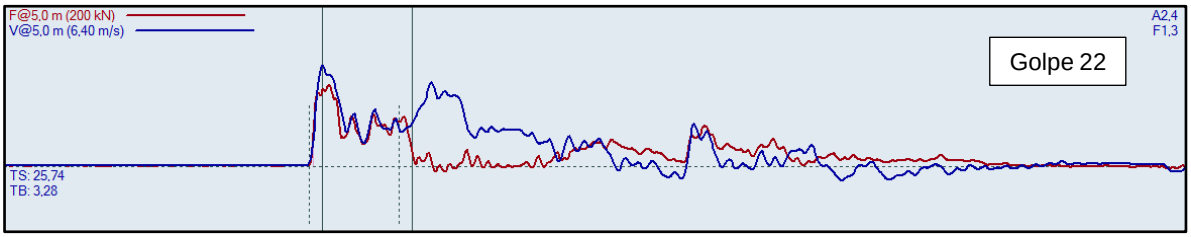

F@5,0 m (300 kN)
V@5,0 m (9,60 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 17
TS: 25,74
TB: 3,28

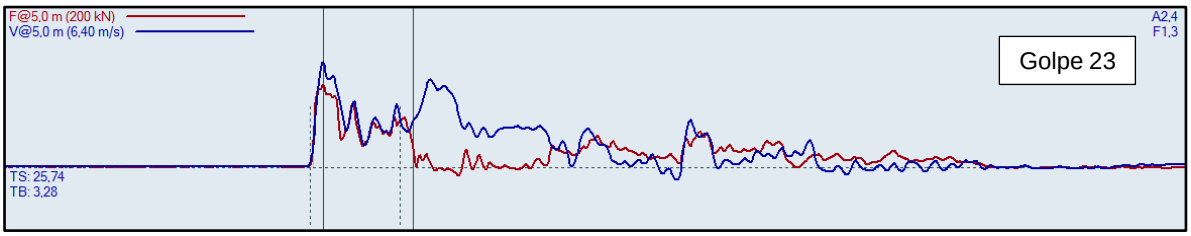

F@5,0 m (300 kN)
V@5,0 m (9,60 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 18
TS: 25,74
TB: 3,28

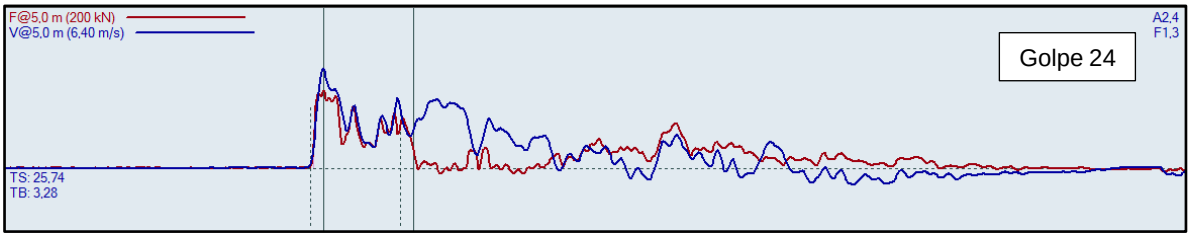

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 19
TS: 25,74
TB: 3,28

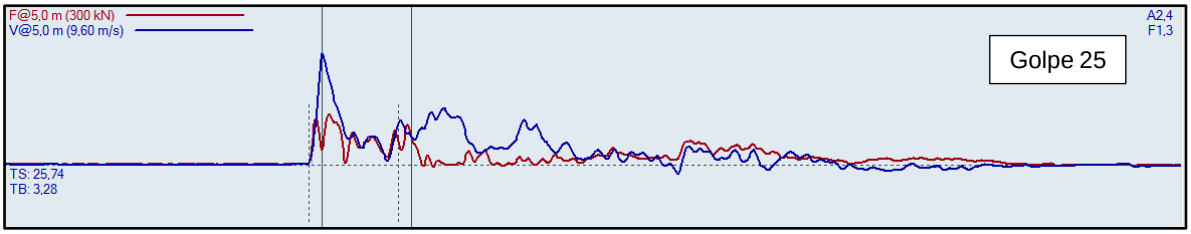

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 20
TS: 25,74
TB: 3,28

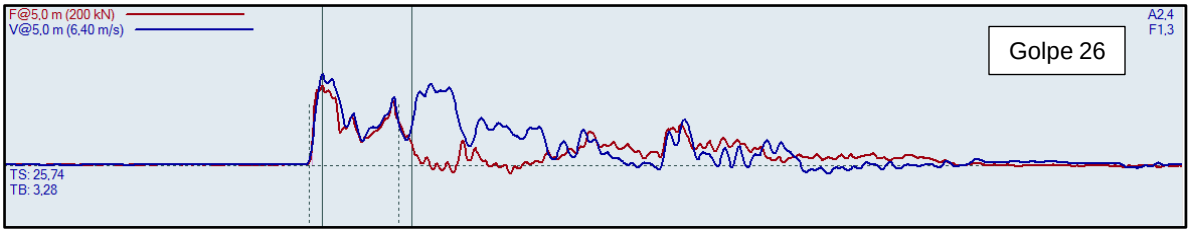

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 21
TS: 25,74
TB: 3,28

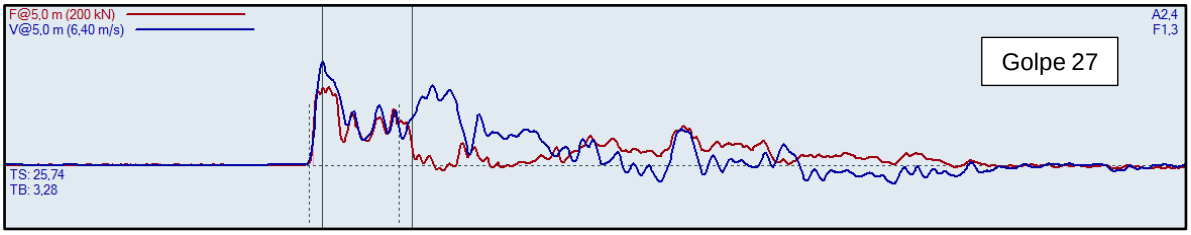

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 22
TS: 25,74
TB: 3,28

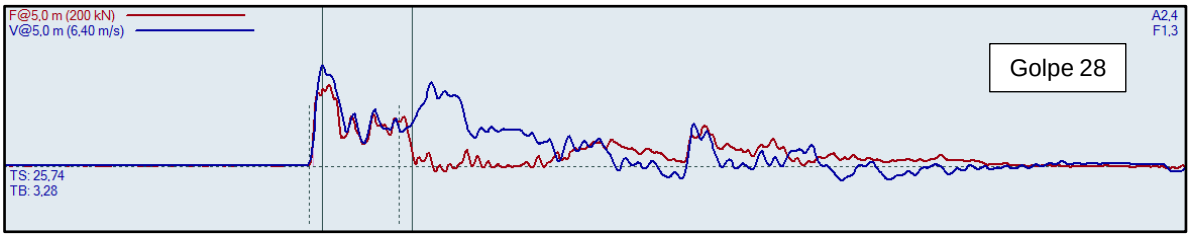

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 23
TS: 25,74
TB: 3,28

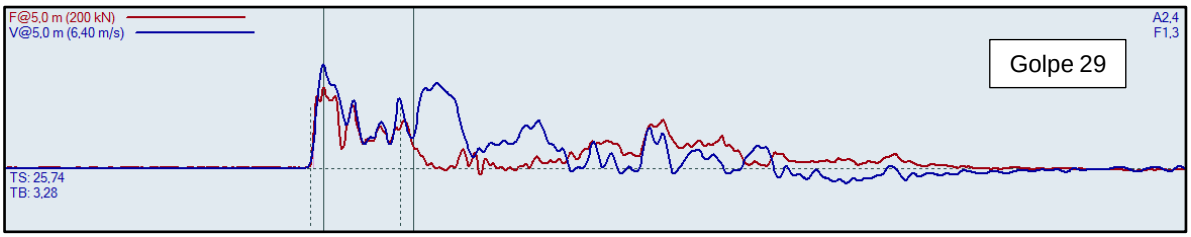

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 24
TS: 25,74
TB: 3,28

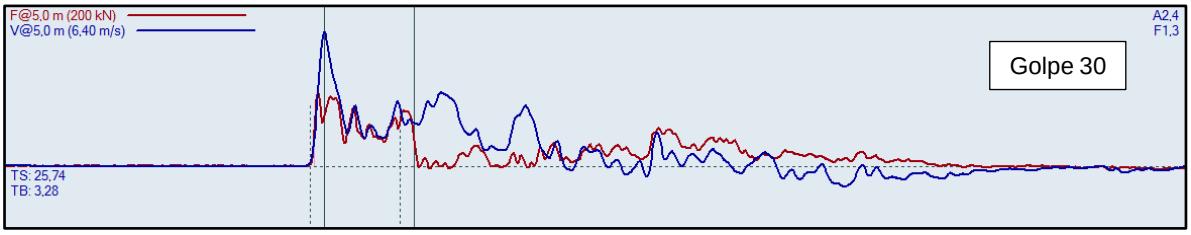

F@5,0 m (300 kN)
V@5,0 m (9,60 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 25
TS: 25,74
TB: 3,28

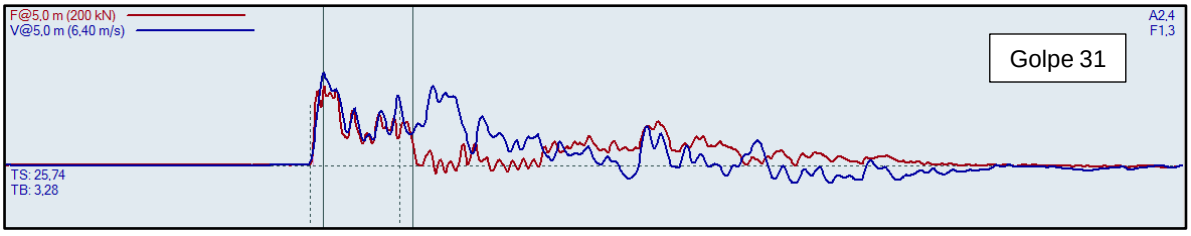

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 26
TS: 25,74
TB: 3,28

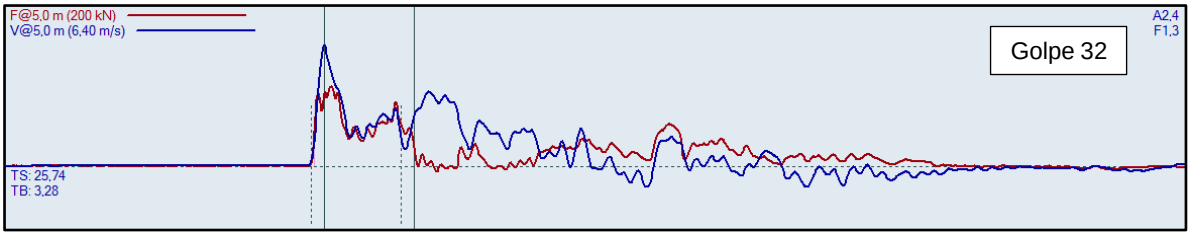

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 27
TS: 25,74
TB: 3,28

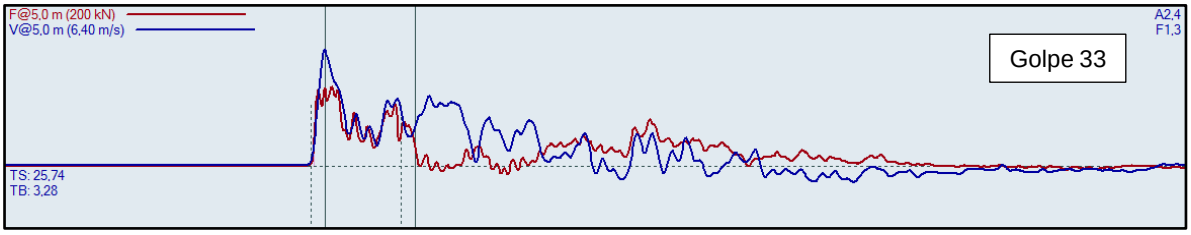

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 28
TS: 25,74
TB: 3,28

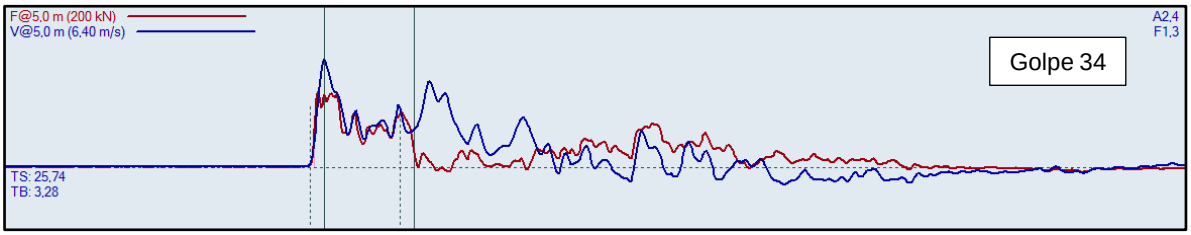

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 29
TS: 25,74
TB: 3,28

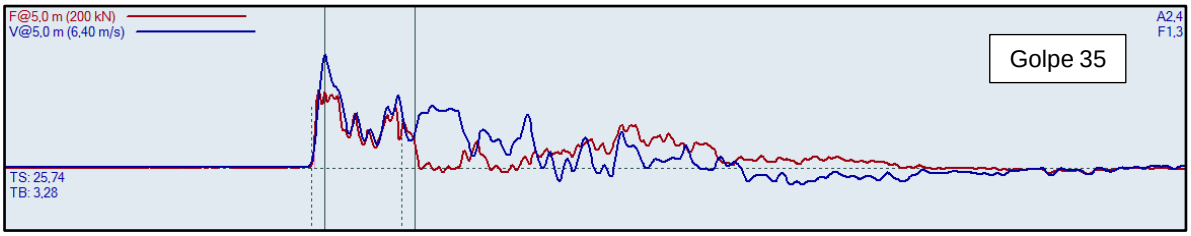

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 30
TS: 25,74
TB: 3,28

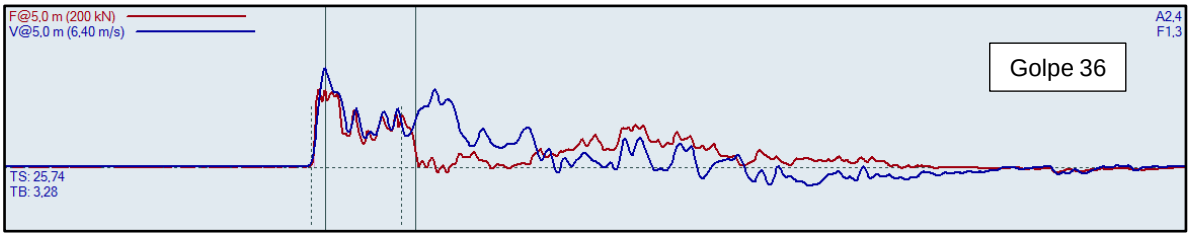

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 31
TS: 25,74
TB: 3,28

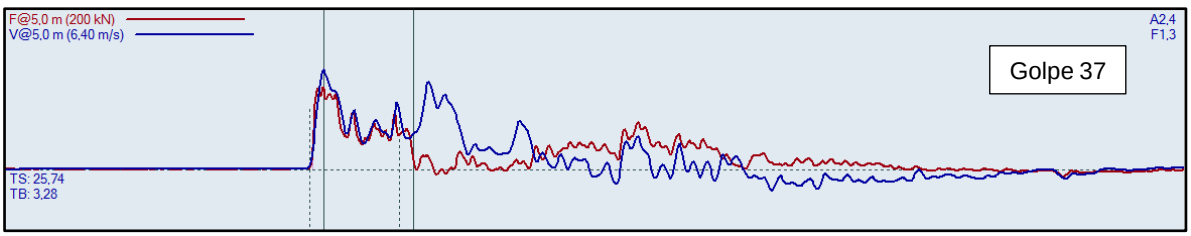

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 32
TS: 25,74
TB: 3,28

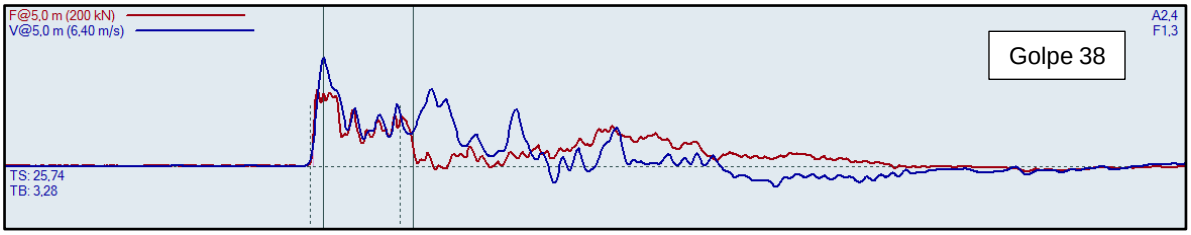

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 33
TS: 25,74
TB: 3,28

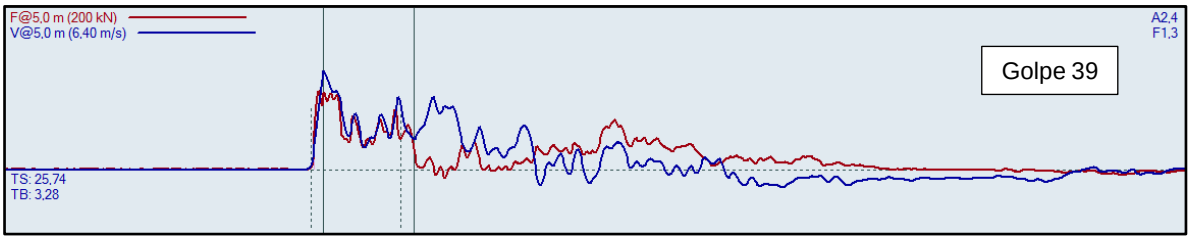

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 34
TS: 25,74
TB: 3,28

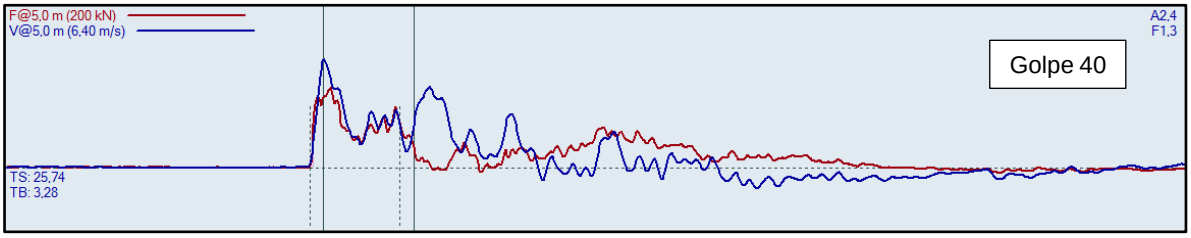

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 35
TS: 25,74
TB: 3,28

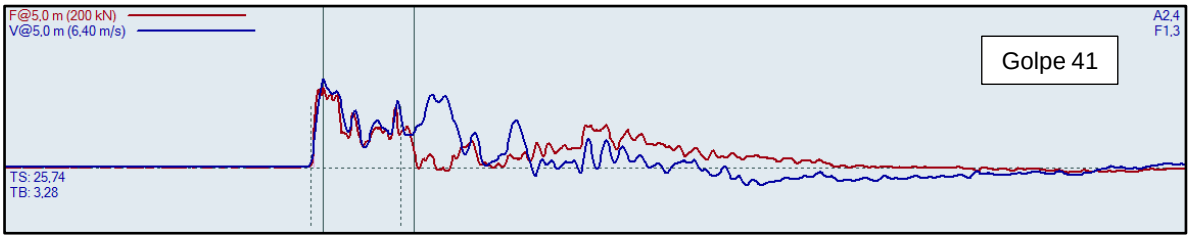

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 36
TS: 25,74
TB: 3,28

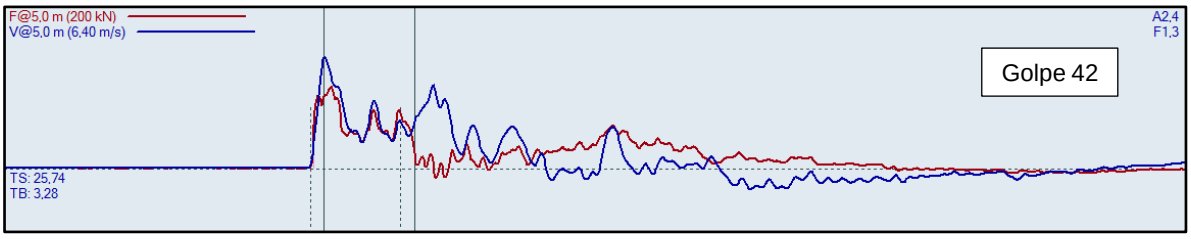

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 37
TS: 25,74
TB: 3,28

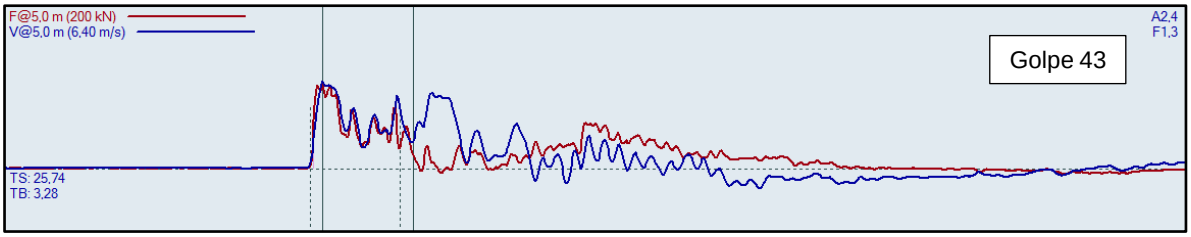

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 38
TS: 25,74
TB: 3,28

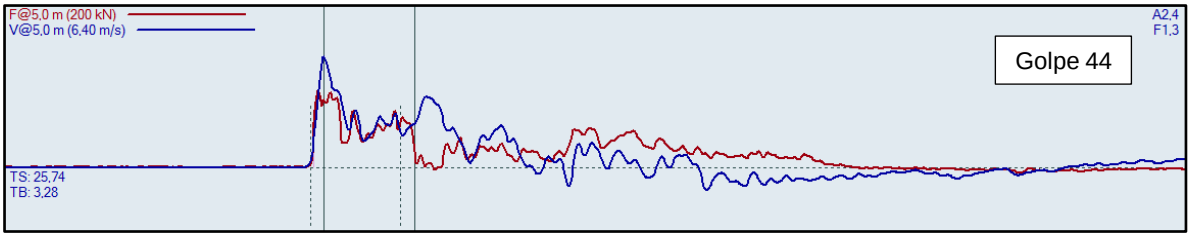

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 39
TS: 25,74
TB: 3,28

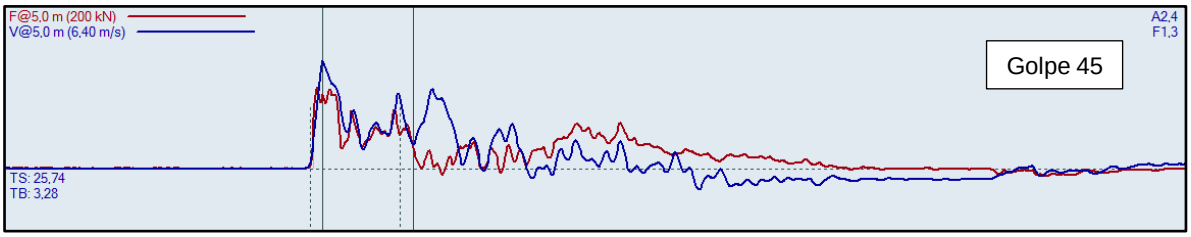

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 40
TS: 25,74
TB: 3,28

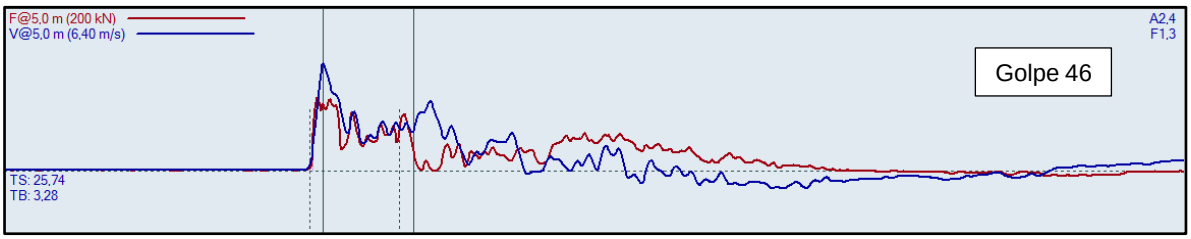

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 41
TS: 25,74
TB: 3,28

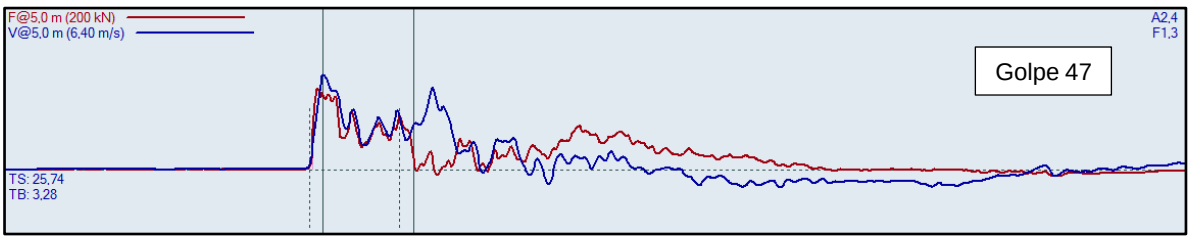

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 42
TS: 25,74
TB: 3,28

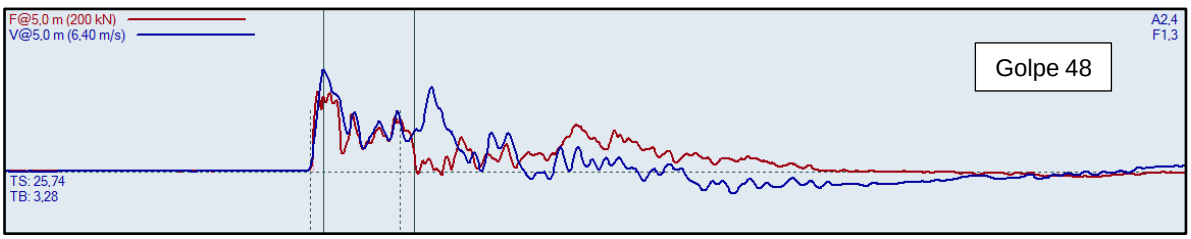

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 43
TS: 25,74
TB: 3,28

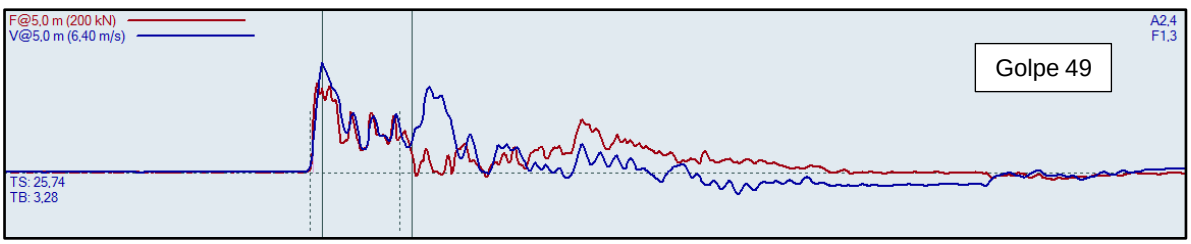

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 44
TS: 25,74
TB: 3,28

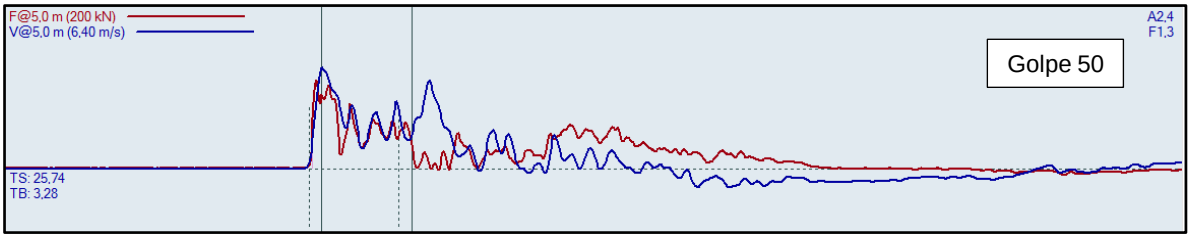

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 45
TS: 25,74
TB: 3,28

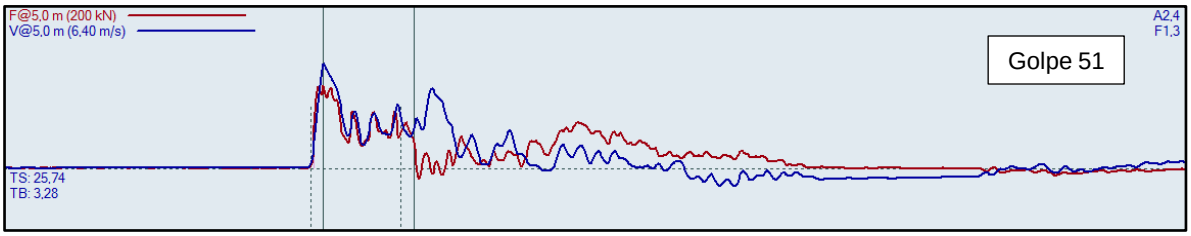

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 46
TS: 25,74
TB: 3,28

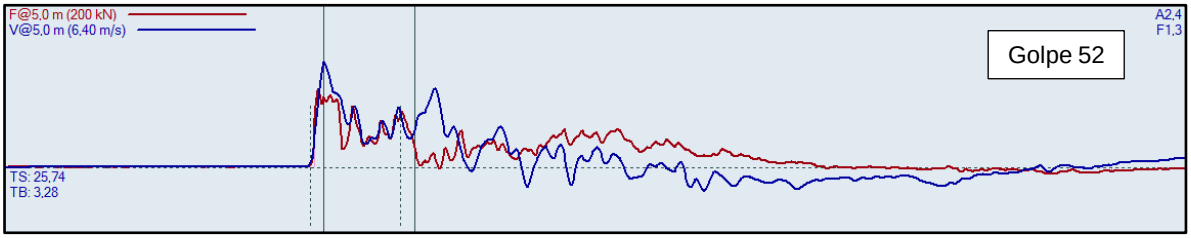

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 47
TS: 25,74
TB: 3,28


F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 48
TS: 25,74
TB: 3,28

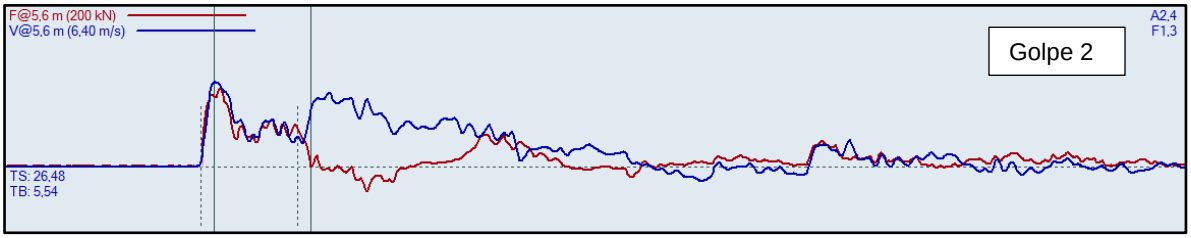

F@5,0 m (200 kN)
V@5,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 49
TS: 25,74
TB: 3,28

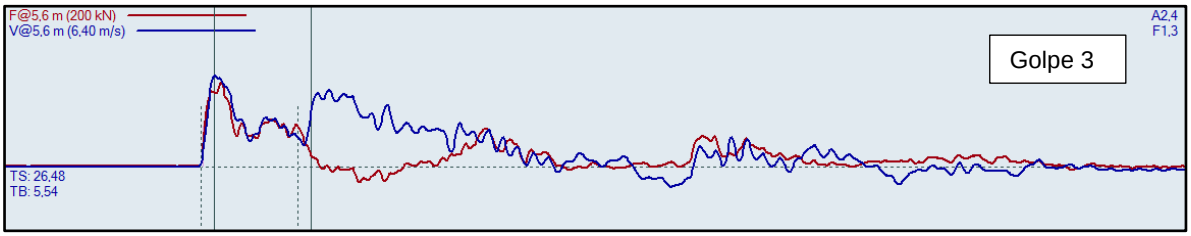


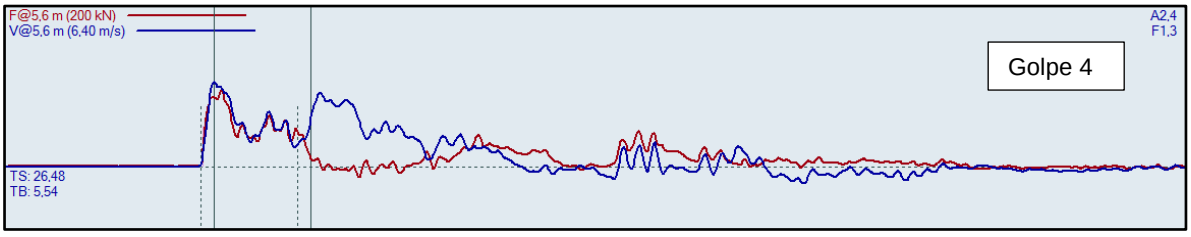


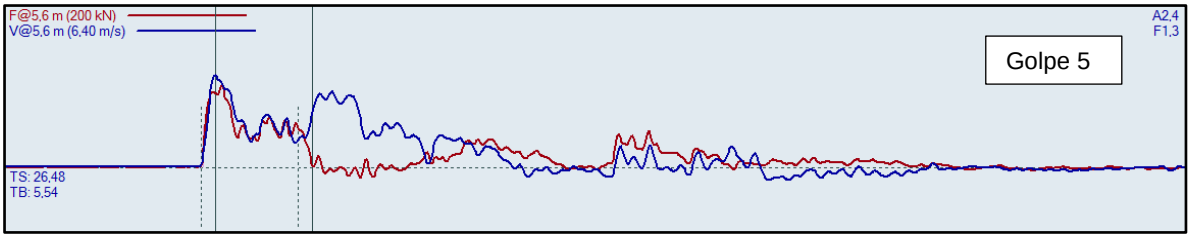


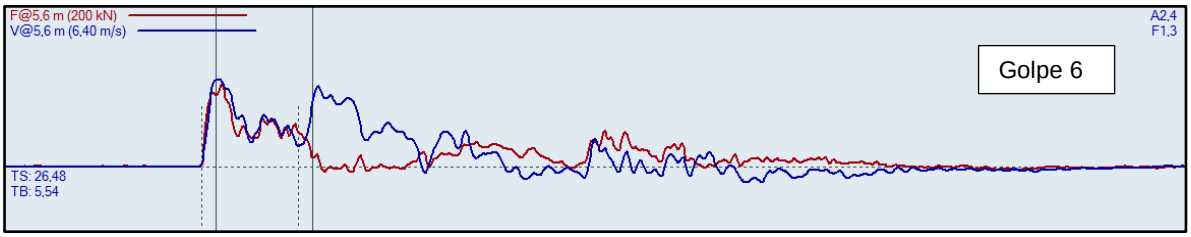
Sondeo 1 - Profundidad 4.50 – 5.00

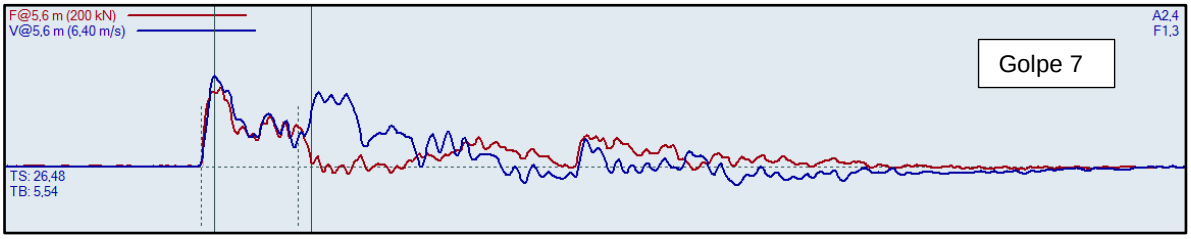


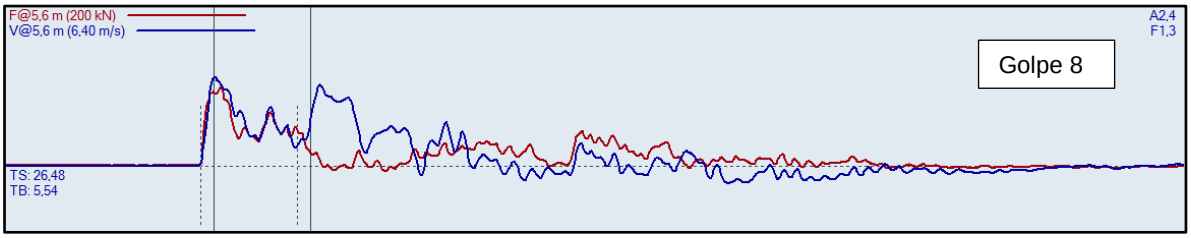


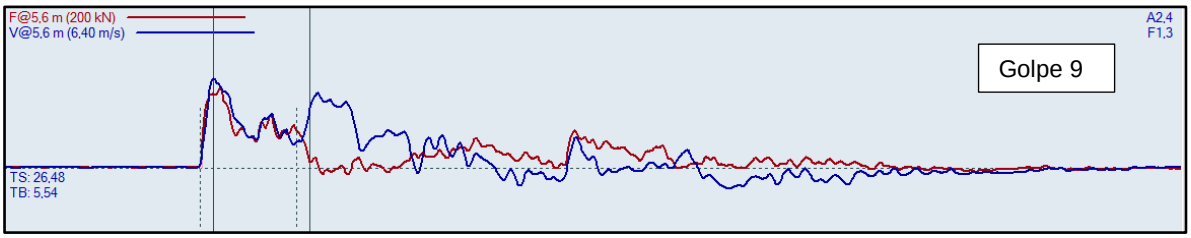


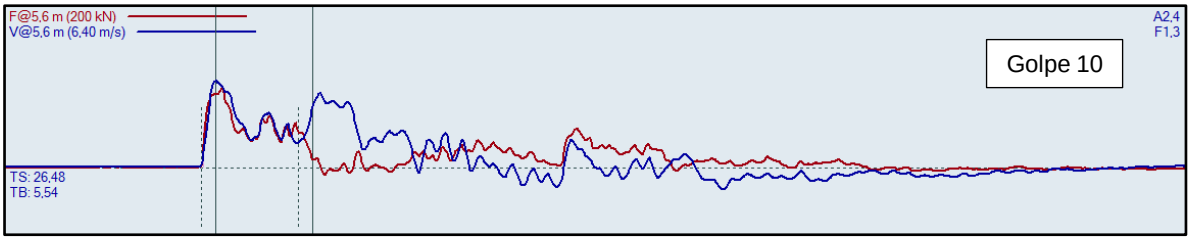

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 5
TS: 26,48
TB: 5,54

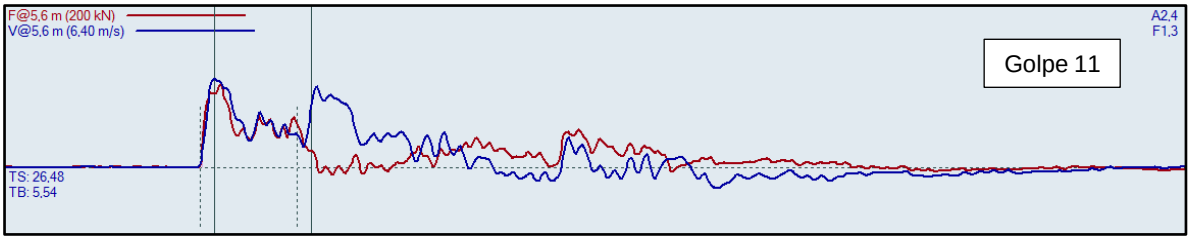

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 6
TS: 26,48
TB: 5,54

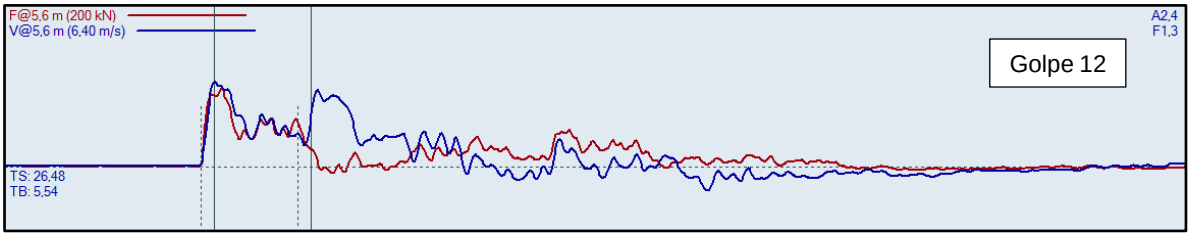

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 7
TS: 26,48
TB: 5,54

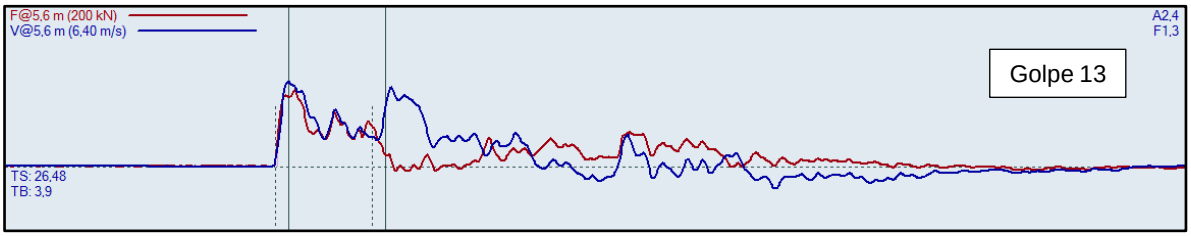

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 8
TS: 26,48
TB: 5,54

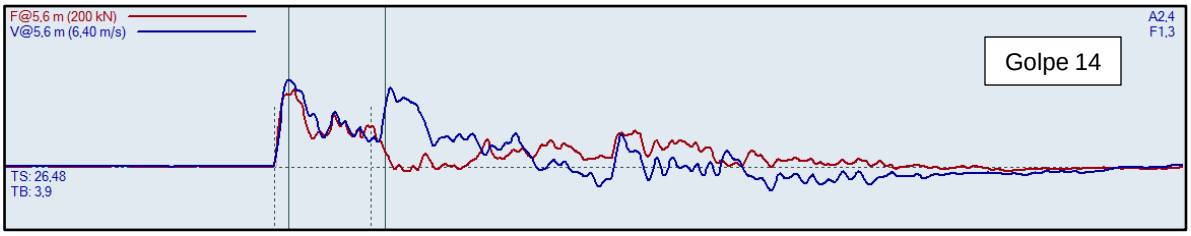

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 9
TS: 26,48
TB: 5,54

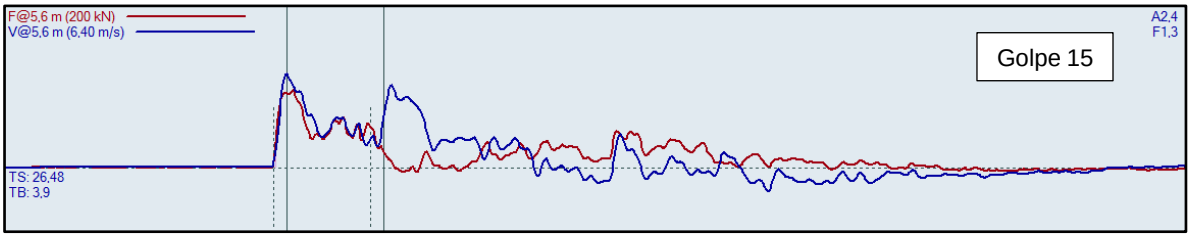

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 10
TS: 26,48
TB: 5,54

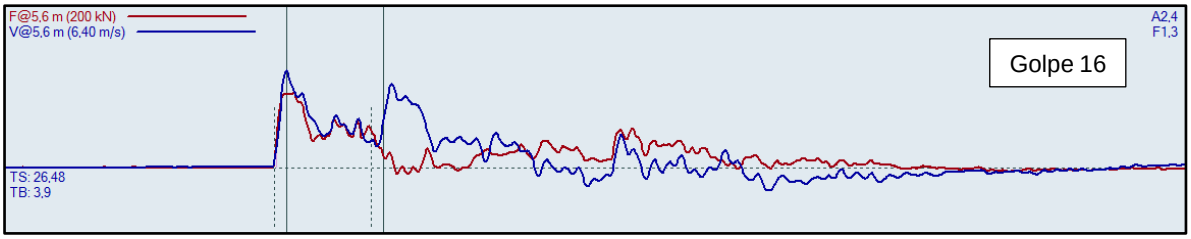

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 11
TS: 26,48
TB: 5,54

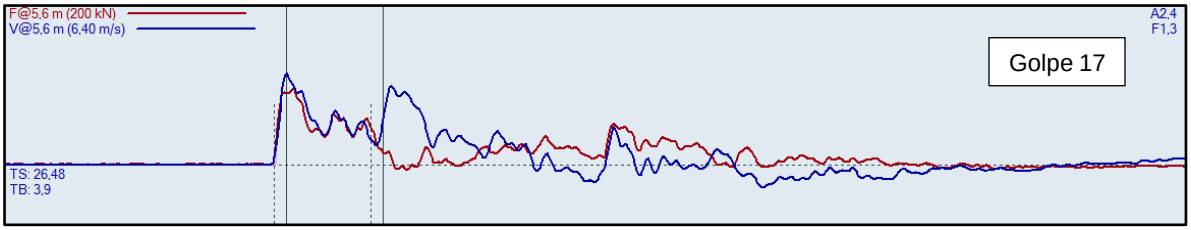

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 12
TS: 26,48
TB: 5,54

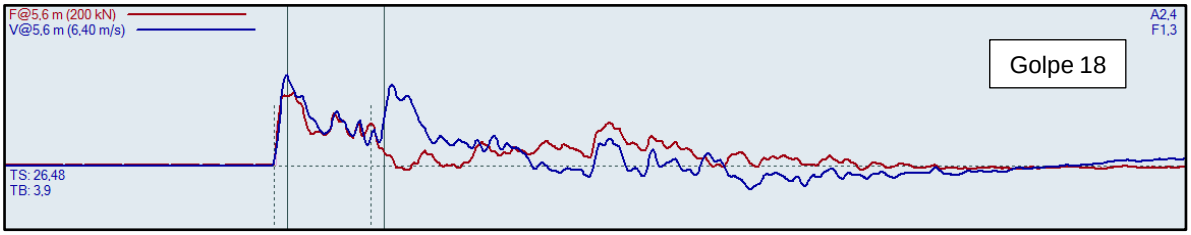

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 13
TS: 26,48
TB: 3,9

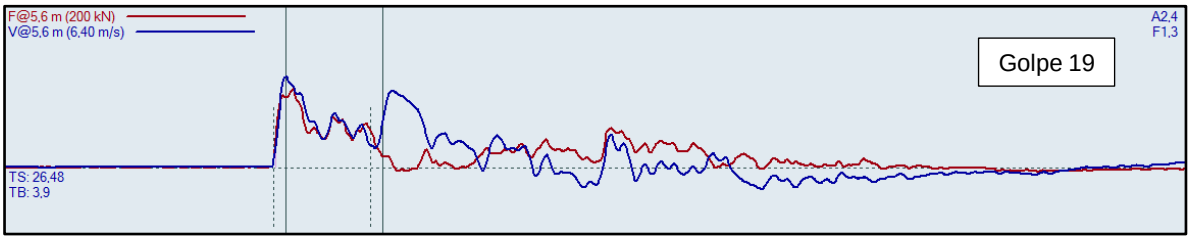

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 14
TS: 26,48
TB: 3,9

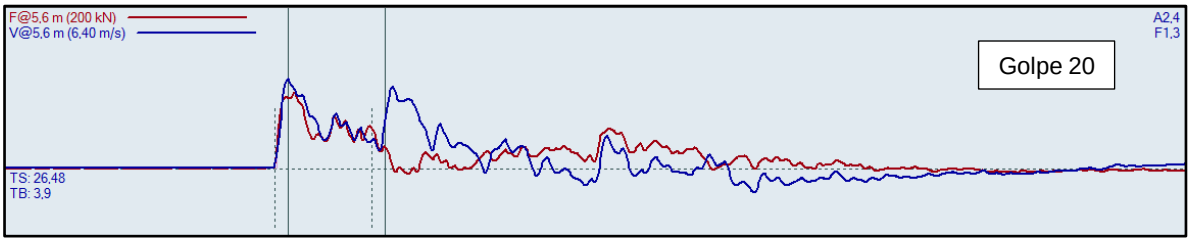

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 15
TS: 26,48
TB: 3,9

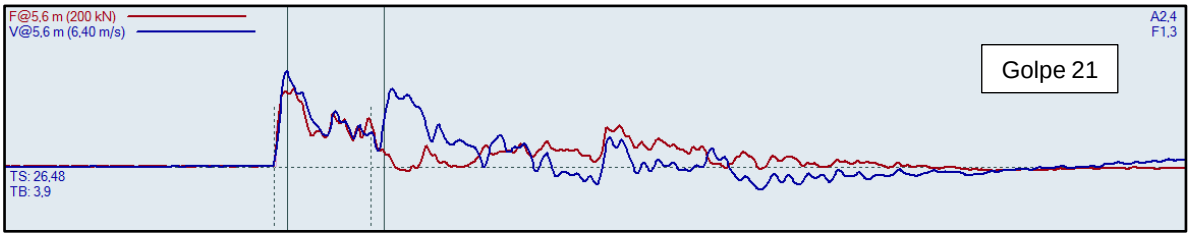

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 16
TS: 26,48
TB: 3,9

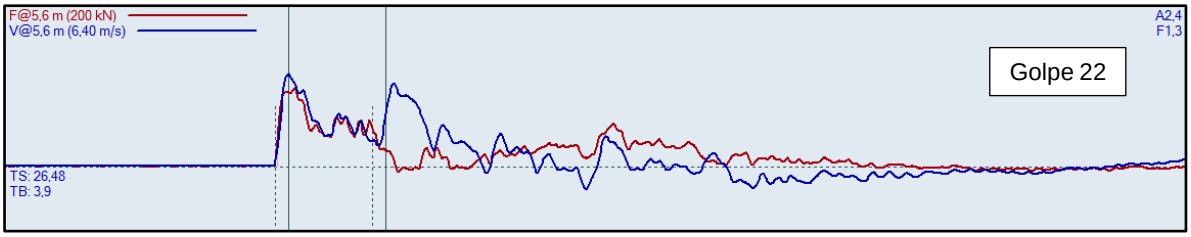

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 17
TS: 26,48
TB: 3,9

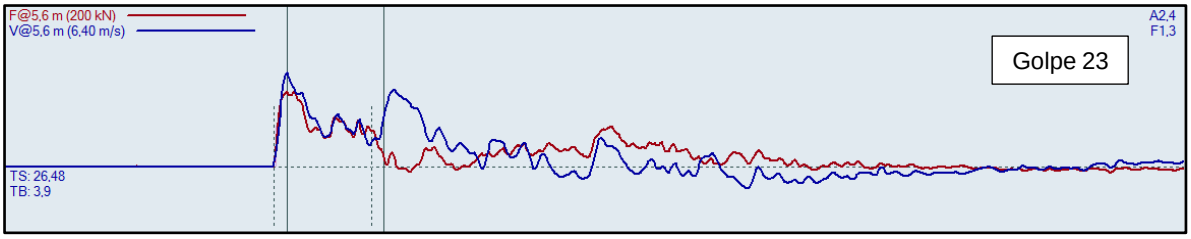

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 18
TS: 26,48
TB: 3,9

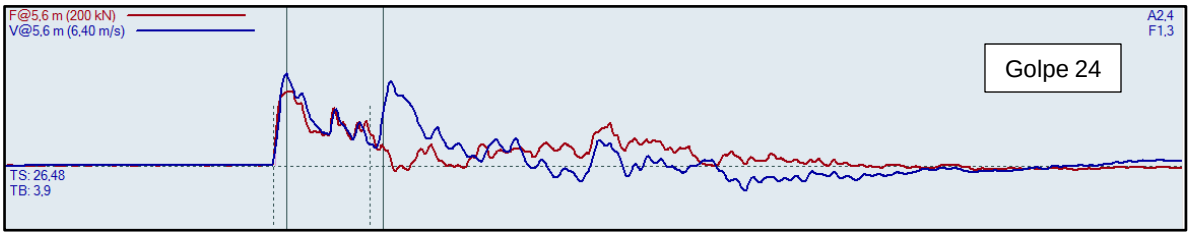

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 19
TS: 26,48
TB: 3,9

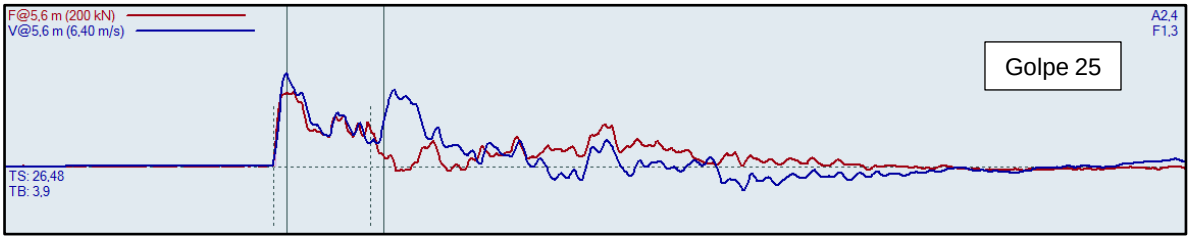

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 20
TS: 26,48
TB: 3,9

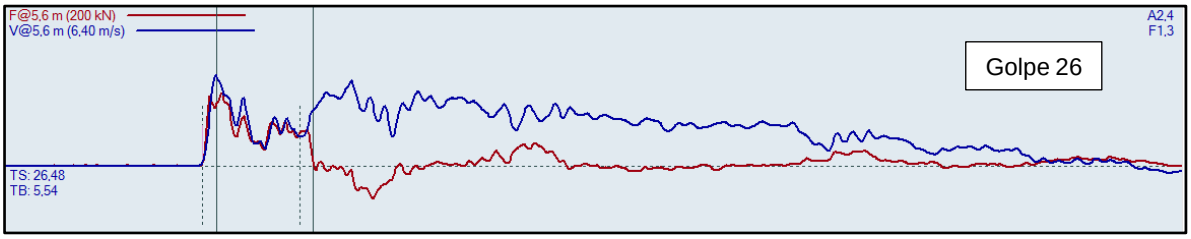

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 21
TS: 26,48
TB: 3,9

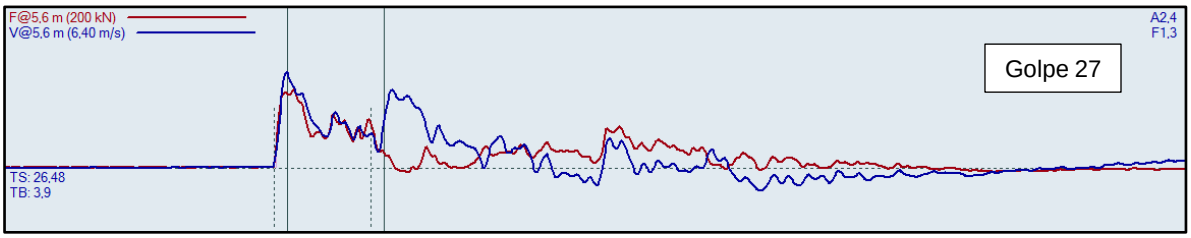

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 22
TS: 26,48
TB: 3,9

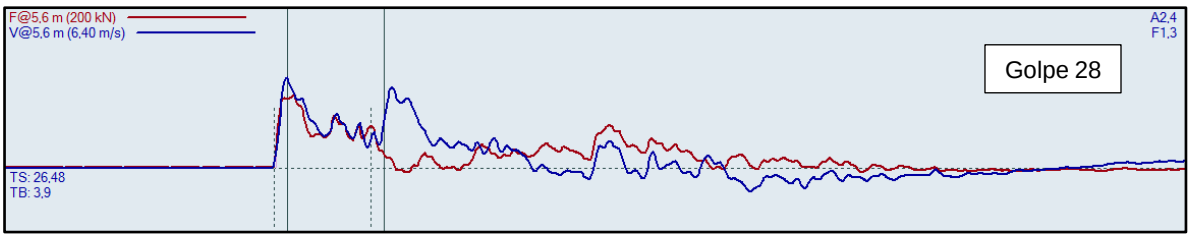

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 23
TS: 26,48
TB: 3,9

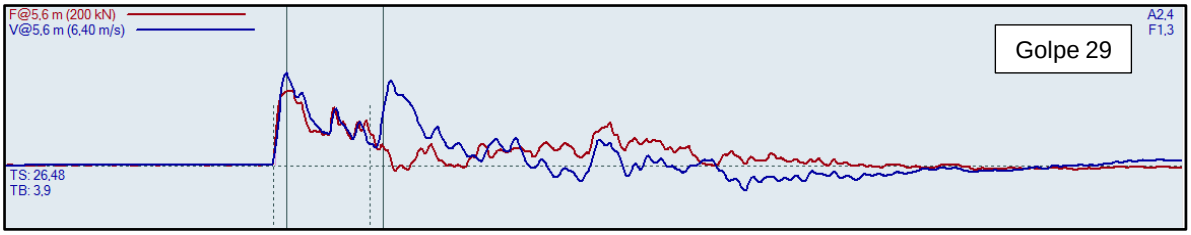

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 24
TS: 26,48
TB: 3,9

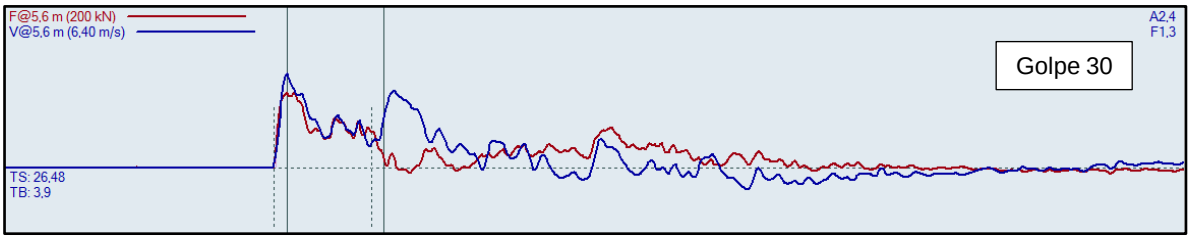

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 25
TS: 26,48
TB: 3,9

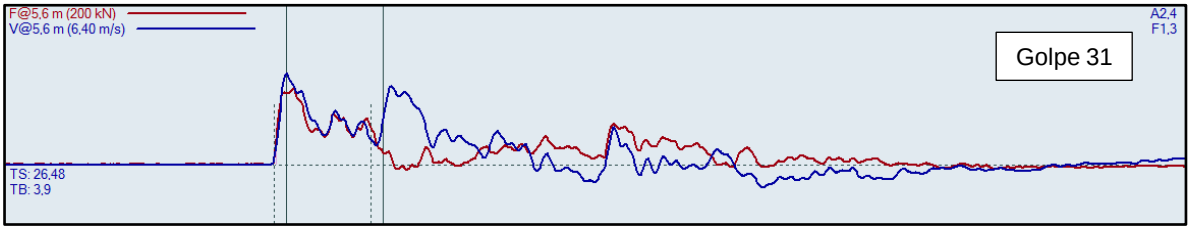

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 26
TS: 26,48
TB: 5,54

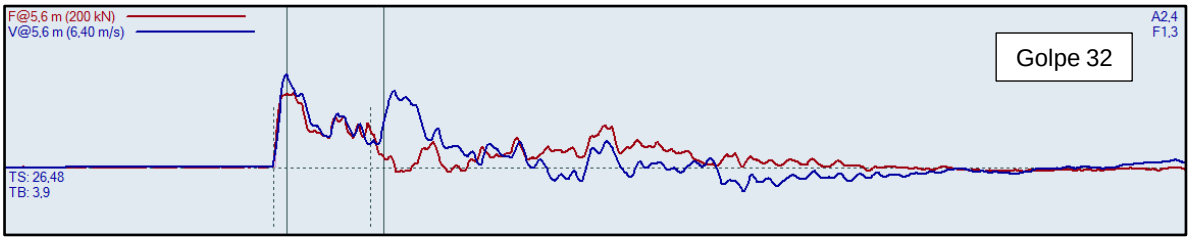

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 27
TS: 26,48
TB: 3,9

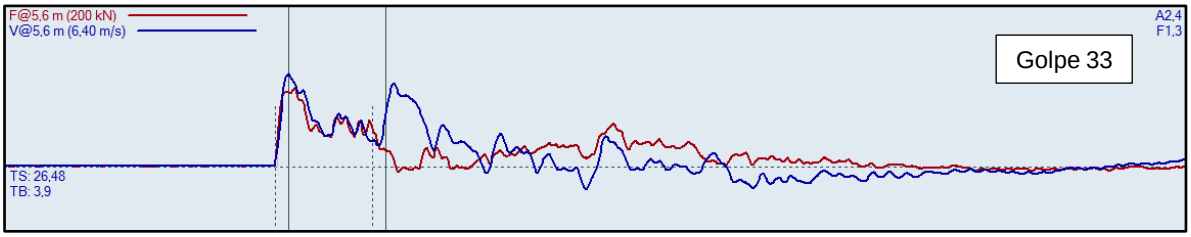

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 28
TS: 26,48
TB: 3,9

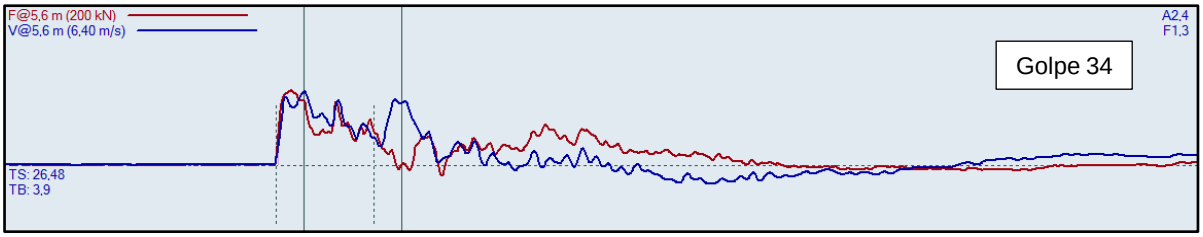

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 29
TS: 26,48
TB: 3,9

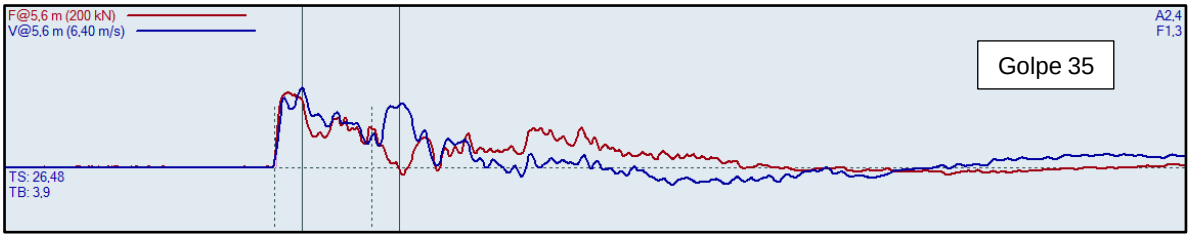

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 30
TS: 26,48
TB: 3,9

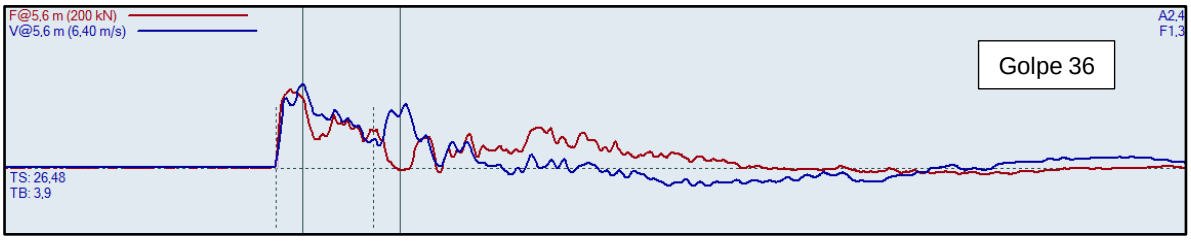

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 31
TS: 26,48
TB: 3,9

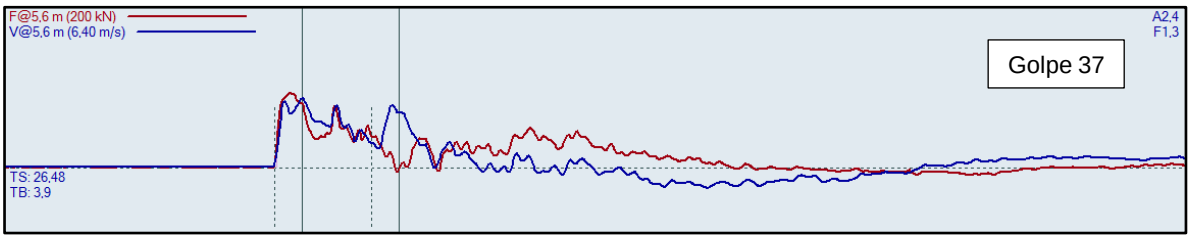

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 32
TS: 26,48
TB: 3,9

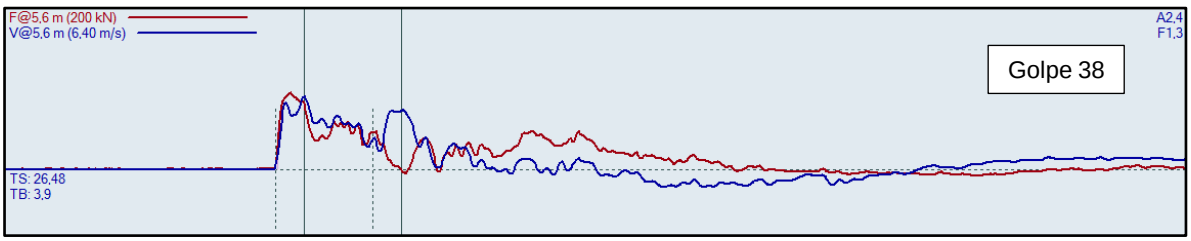

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 33
TS: 26,48
TB: 3,9

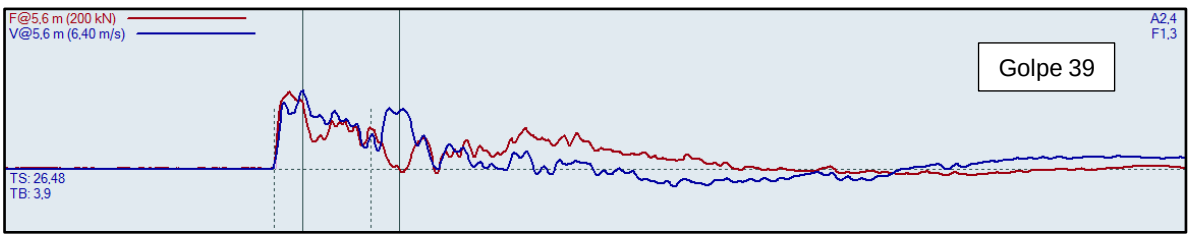

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 34
TS: 26,48
TB: 3,9

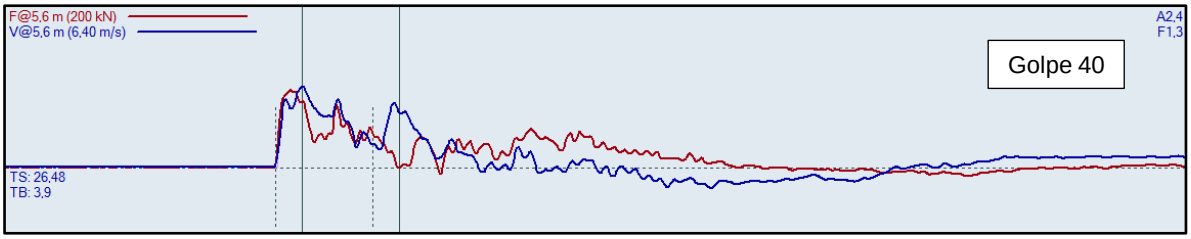

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 35
TS: 26,48
TB: 3,9

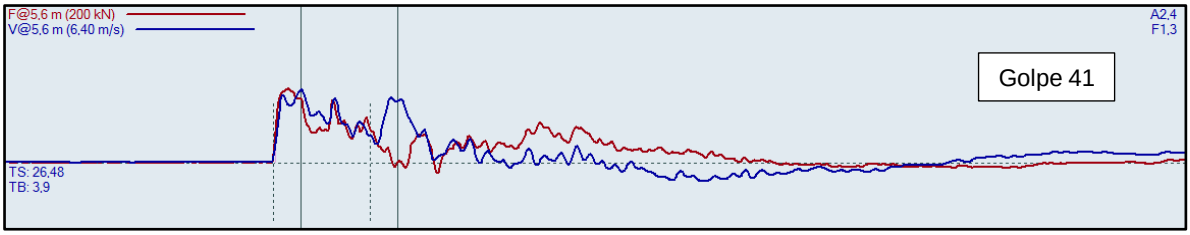

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 36
TS: 26,48
TB: 3,9

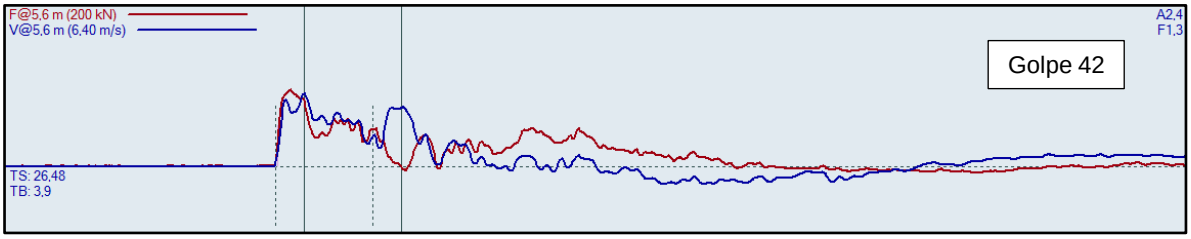

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 37
TS: 26,48
TB: 3,9

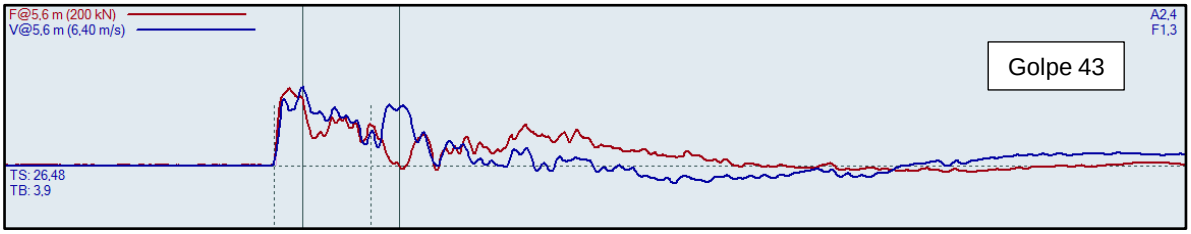

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 38
TS: 26,48
TB: 3,9

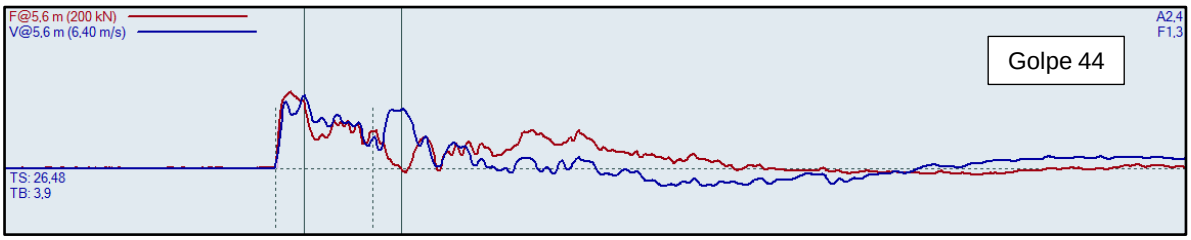

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 39
TS: 26,48
TB: 3,9

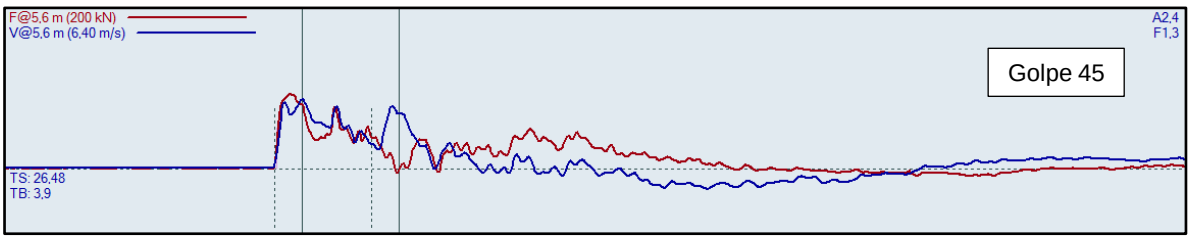

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 40
TS: 26,48
TB: 3,9

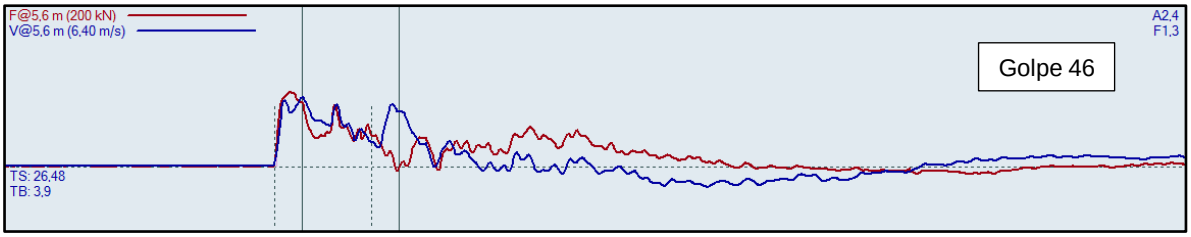

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 41
TS: 26,48
TB: 3,9

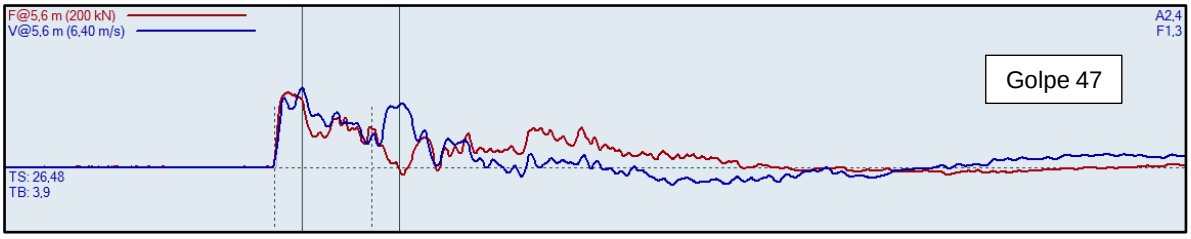

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 42
TS: 26,48
TB: 3,9

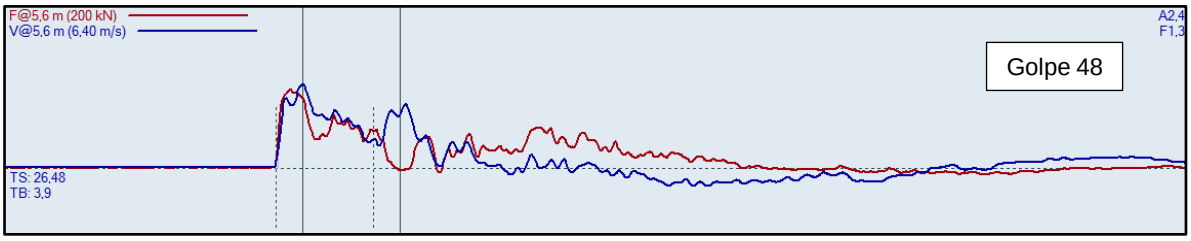

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 43
TS: 26,48
TB: 3,9

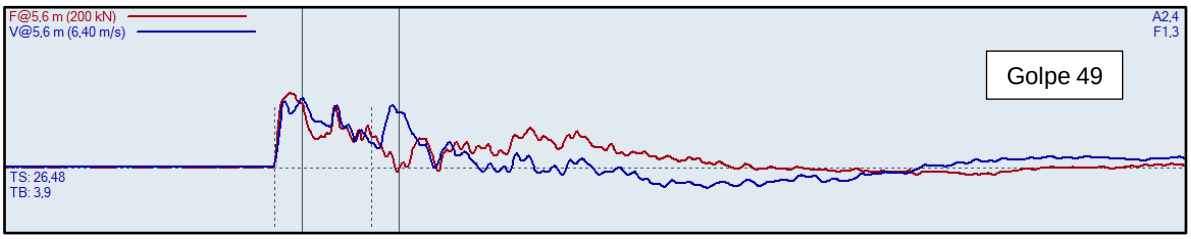

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 44
TS: 26,48
TB: 3,9

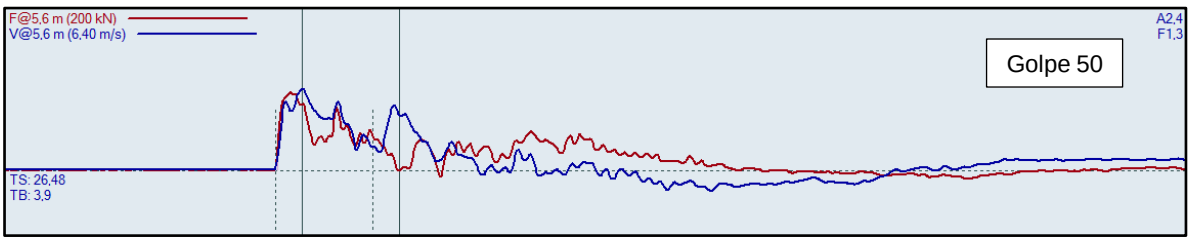

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 45
TS: 26,48
TB: 3,9

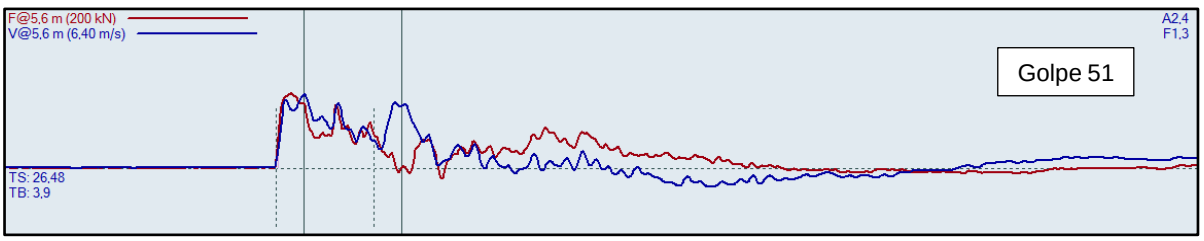

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 46
TS: 26,48
TB: 3,9

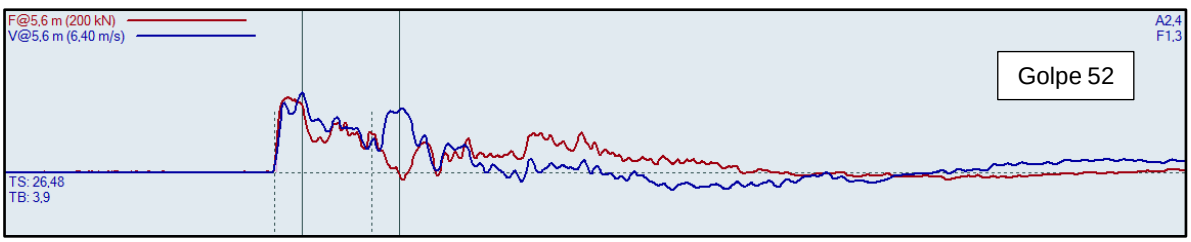

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 47
TS: 26,48
TB: 3,9

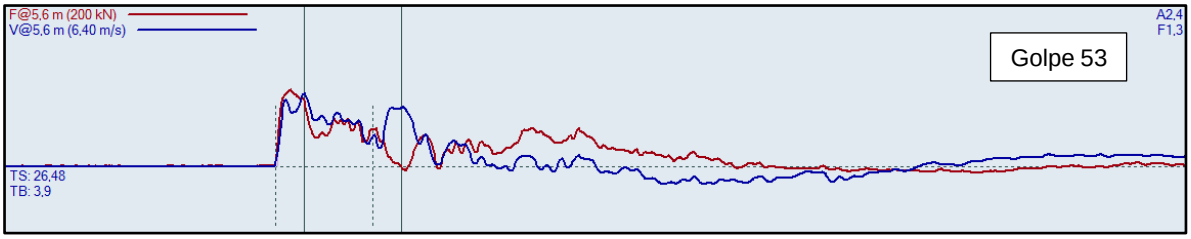

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 48
TS: 26,48
TB: 3,9

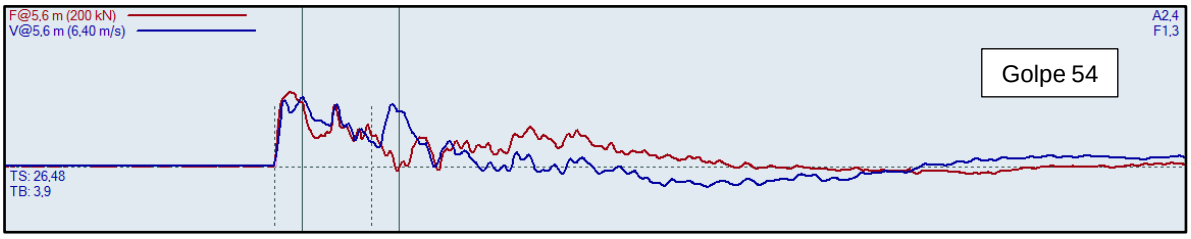

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 49
TS: 26,48
TB: 3,9

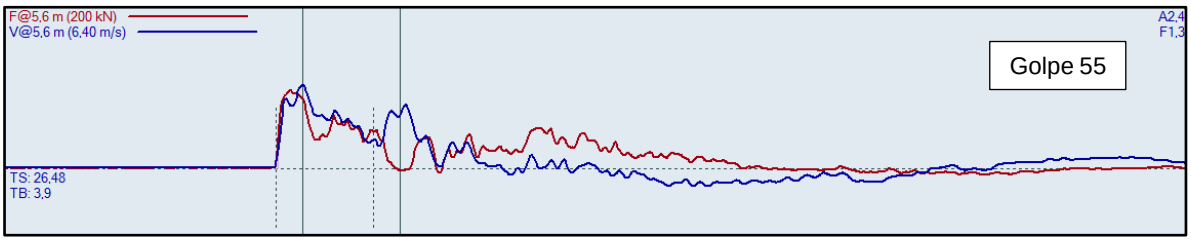

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 50
TS: 26,48
TB: 3,9

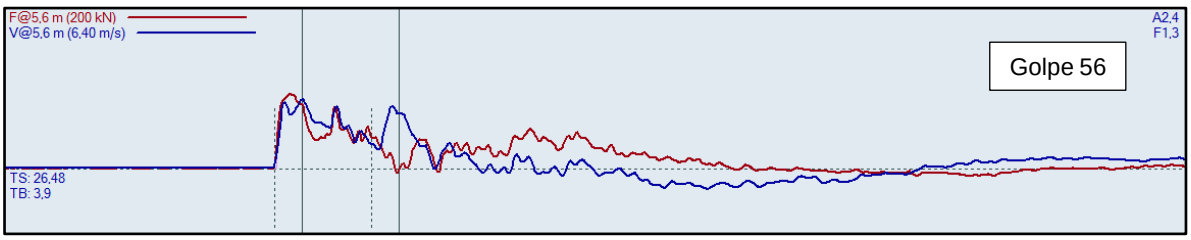

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 51
TS: 26,48
TB: 3,9

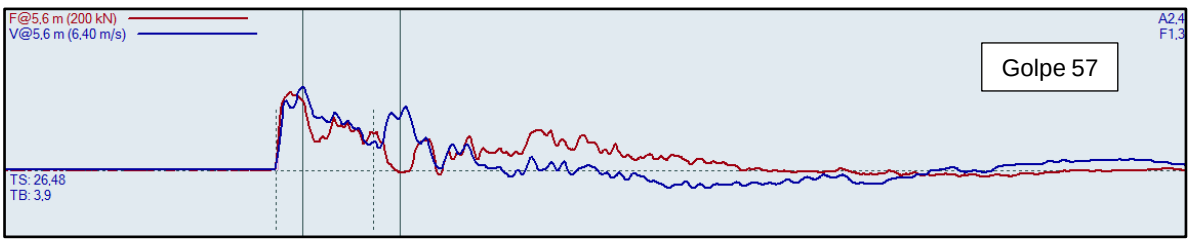

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 52
TS: 26,48
TB: 3,9

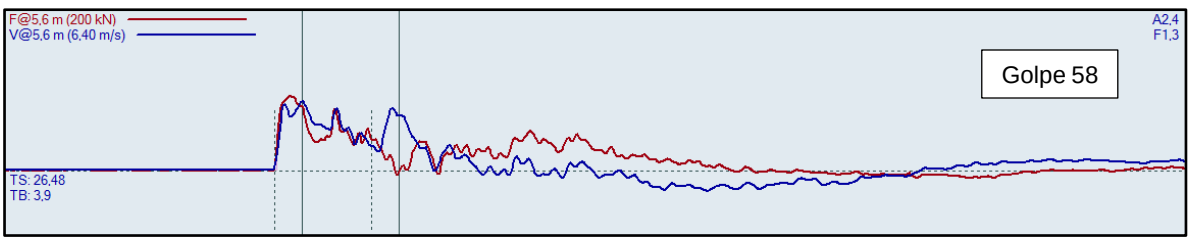

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 53
TS: 26,48
TB: 3,9

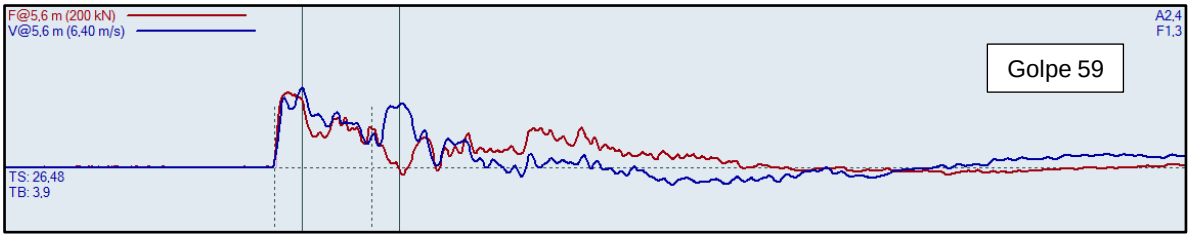

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 54
TS: 26,48
TB: 3,9

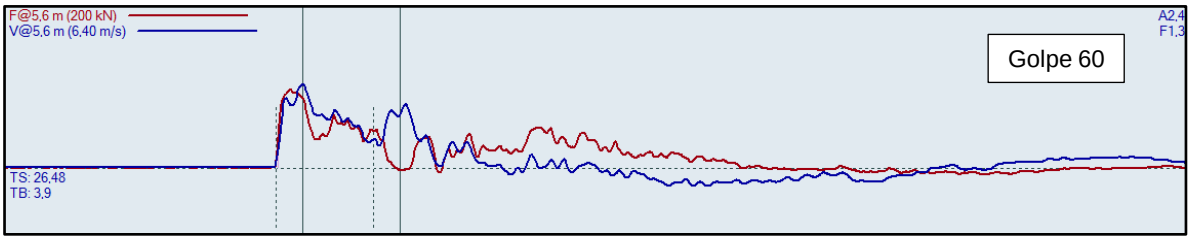

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 55
TS: 26,48
TB: 3,9

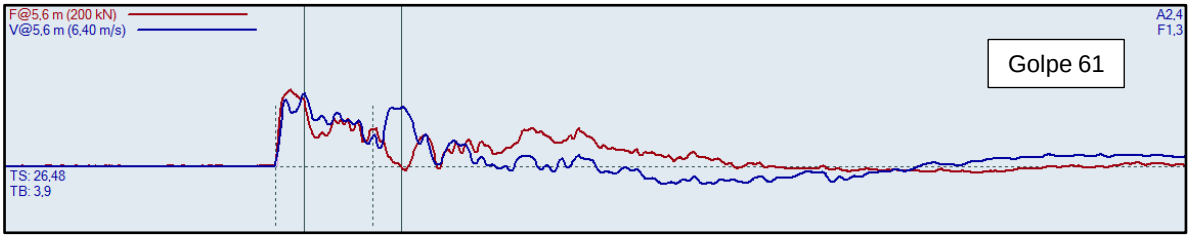

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 56
TS: 26,48
TB: 3,9

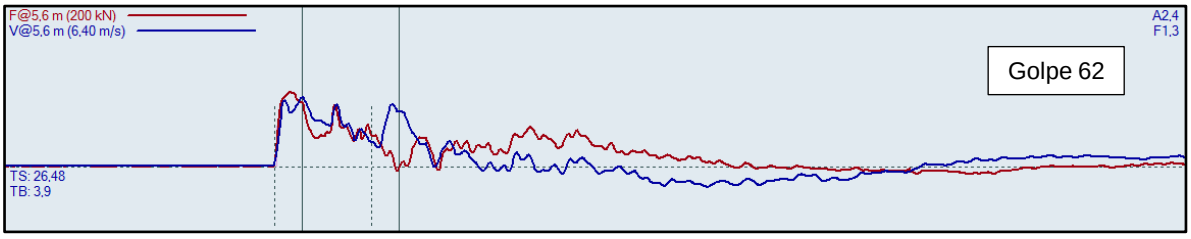

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 57
TS: 26,48
TB: 3,9

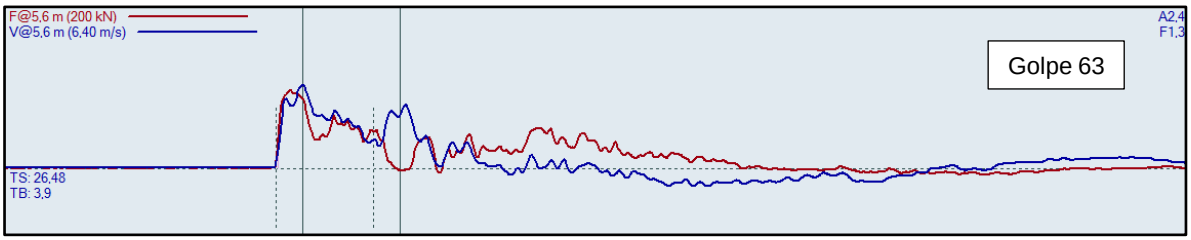

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 58
TS: 26,48
TB: 3,9

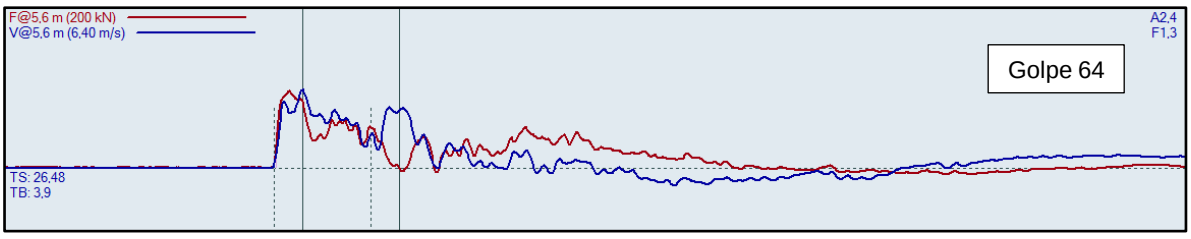

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 59
TS: 26,48
TB: 3,9

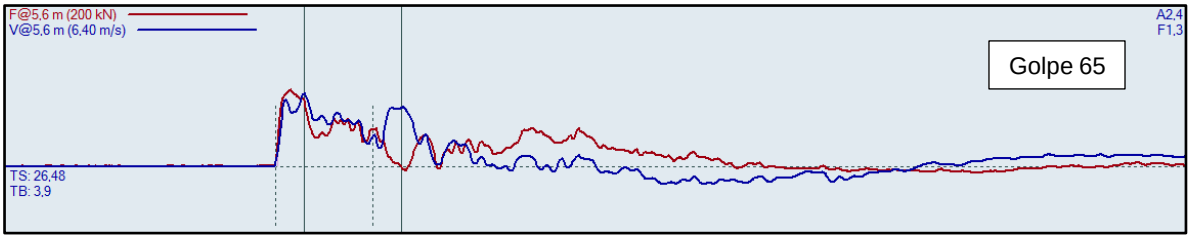

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 60
TS: 26,48
TB: 3,9

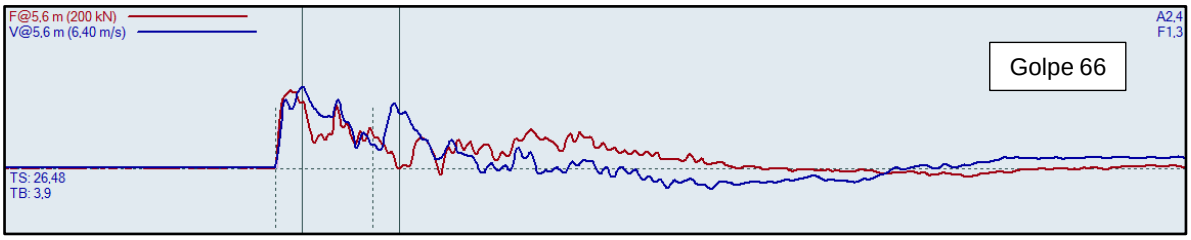

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 61
TS: 26,48
TB: 3,9


F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 62
TS: 26,48
TB: 3,9

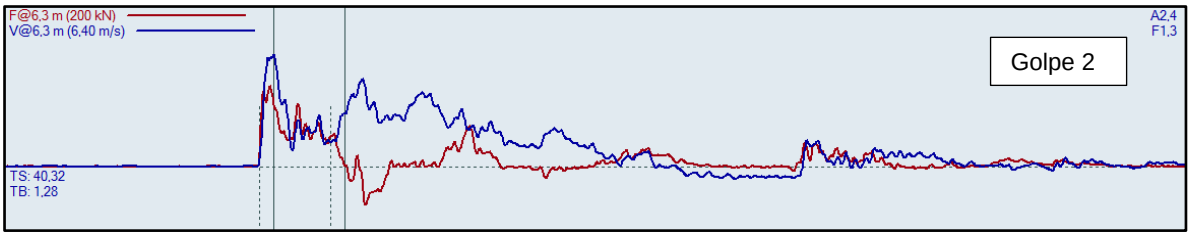

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 63
TS: 26,48
TB: 3,9

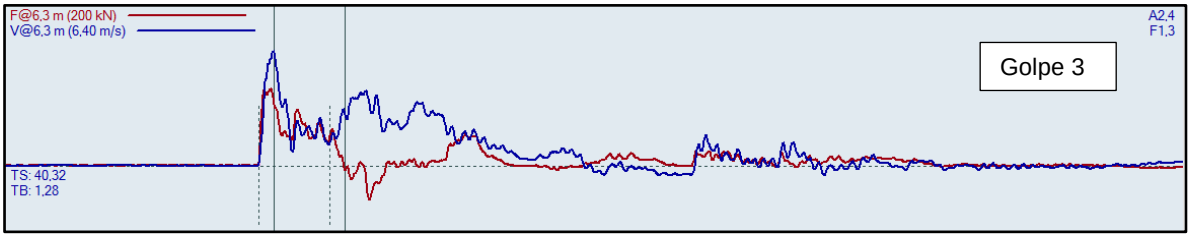

F@5,6 m (200 kN)
V@5,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 64
TS: 26,48
TB: 3,9

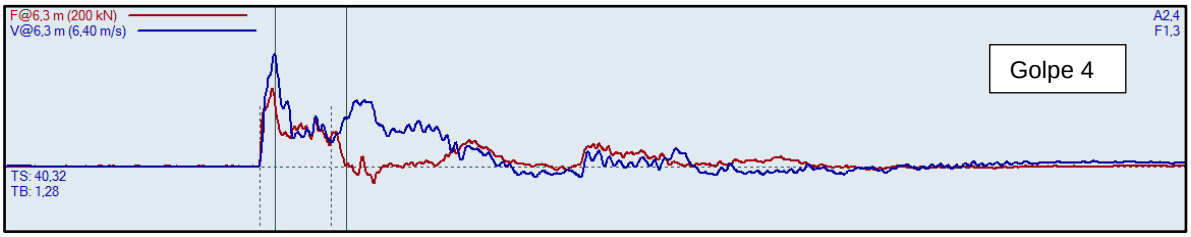


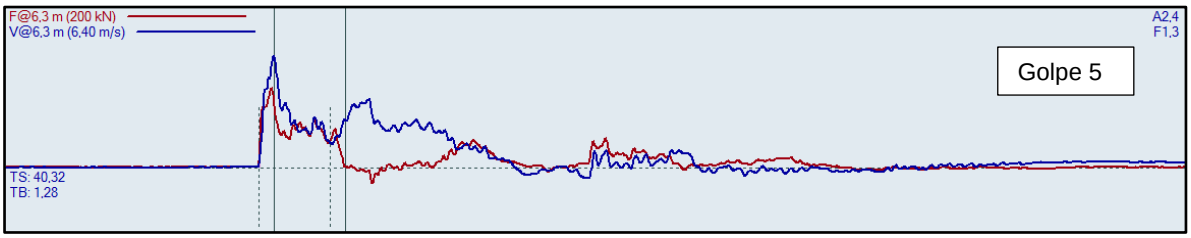


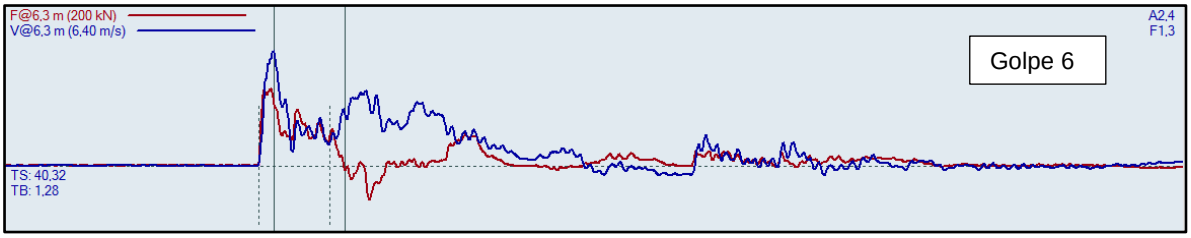
Sondeo 1 - Profundidad 5.00 – 5.45

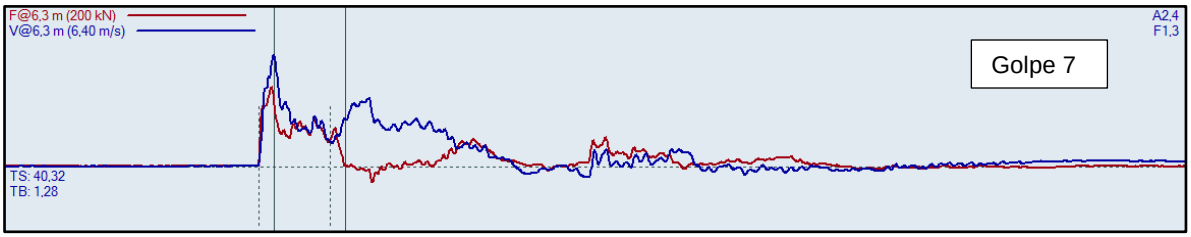


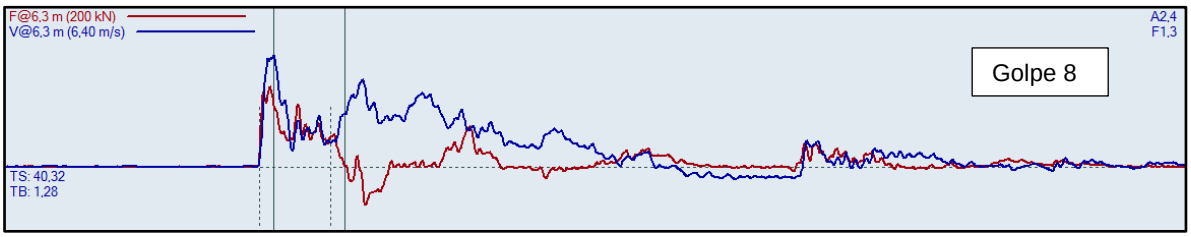


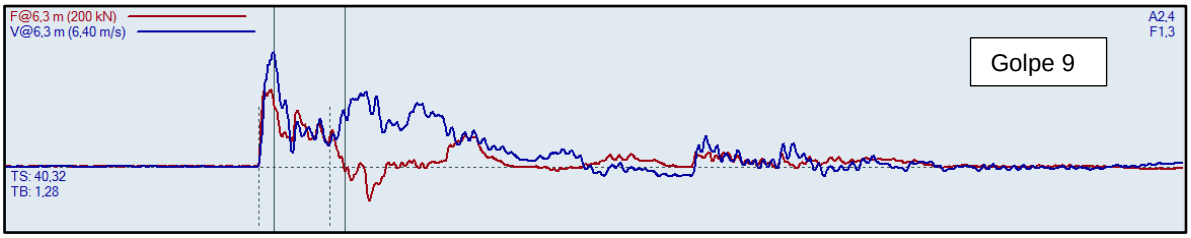


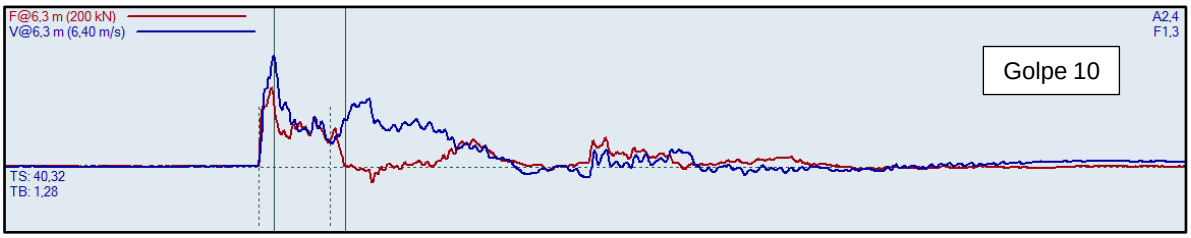


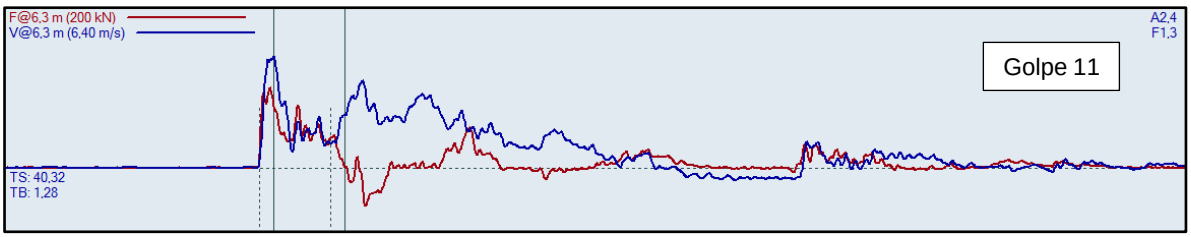

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 6
TS: 40,32
TB: 1,28

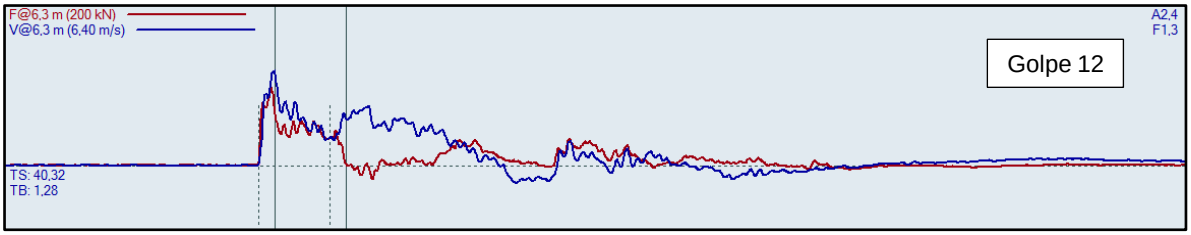

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 7
TS: 40,32
TB: 1,28

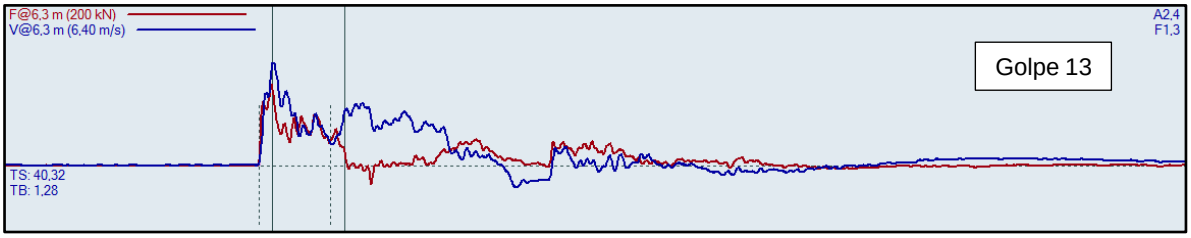

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 8
TS: 40,32
TB: 1,28

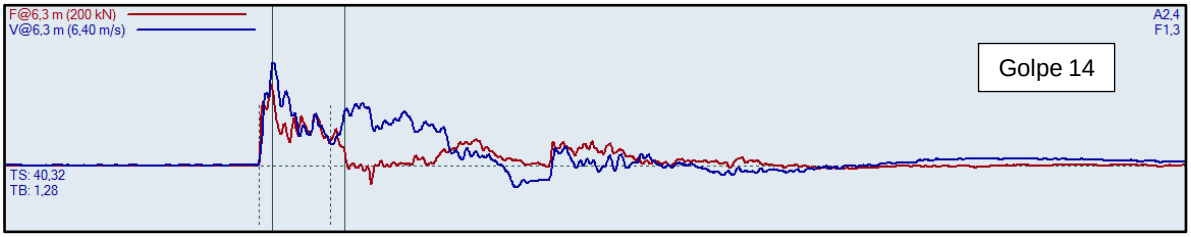

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 9
TS: 40,32
TB: 1,28

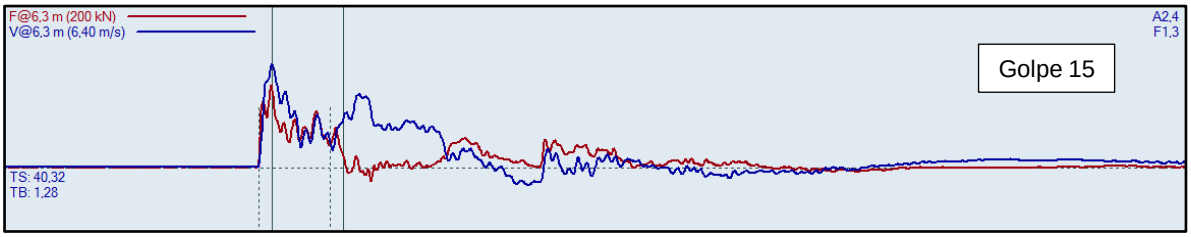

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 10
TS: 40,32
TB: 1,28

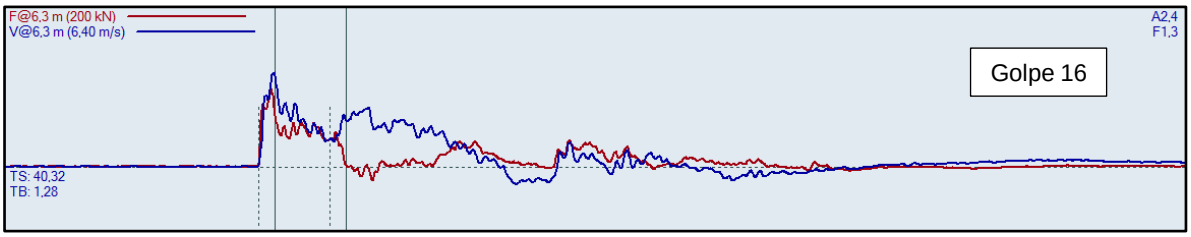

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 11
TS: 40,32
TB: 1,28

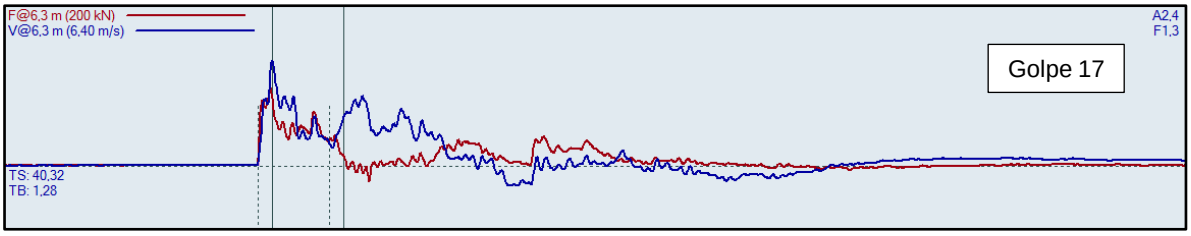

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 12
TS: 40,32
TB: 1,28

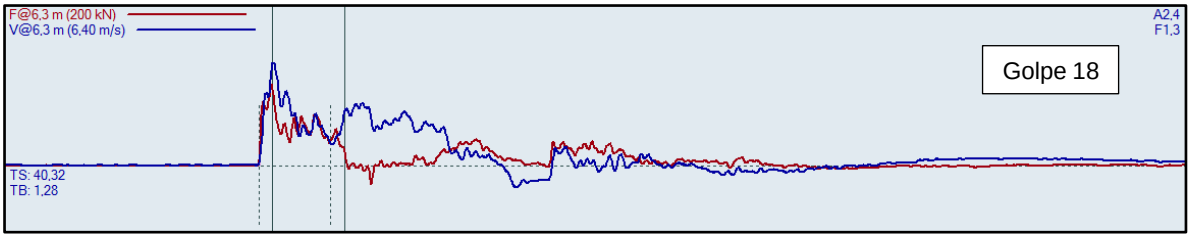

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 13
TS: 40,32
TB: 1,28

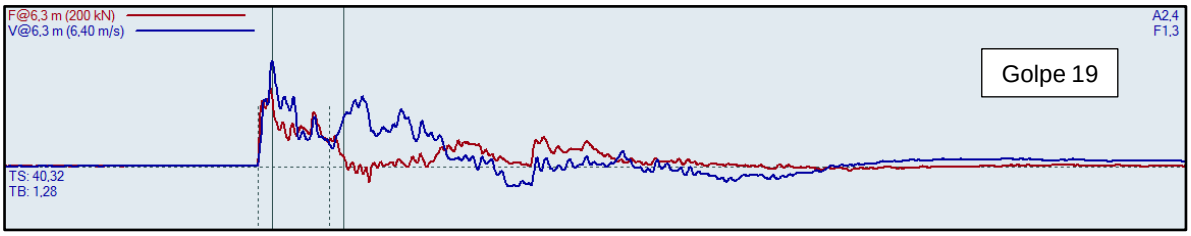

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 14
TS: 40,32
TB: 1,28

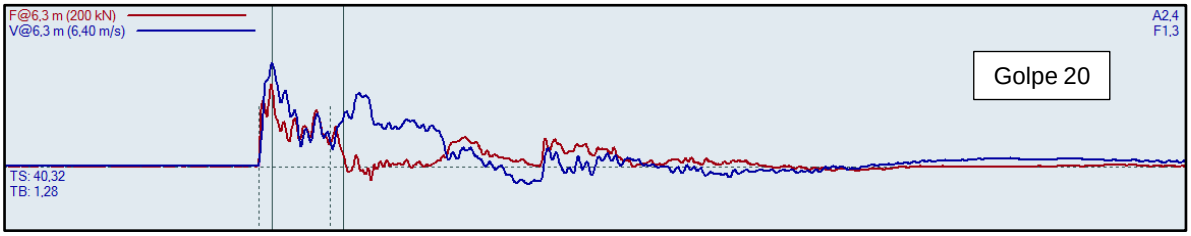

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 15
TS: 40,32
TB: 1,28

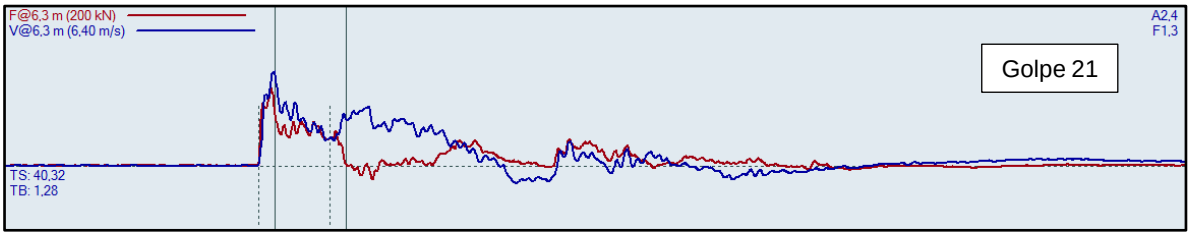

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 16
TS: 40,32
TB: 1,28

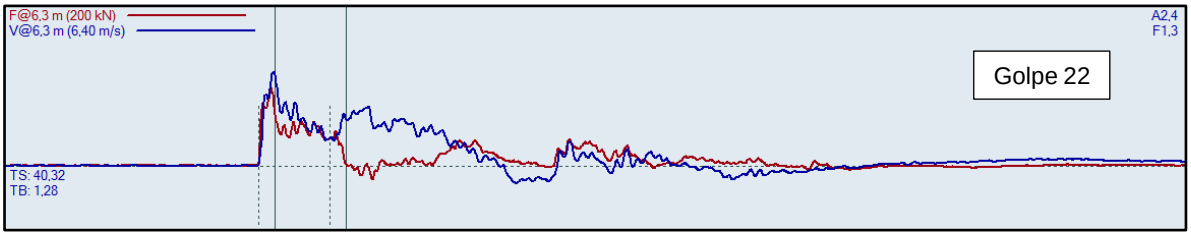

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 17
TS: 40,32
TB: 1,28

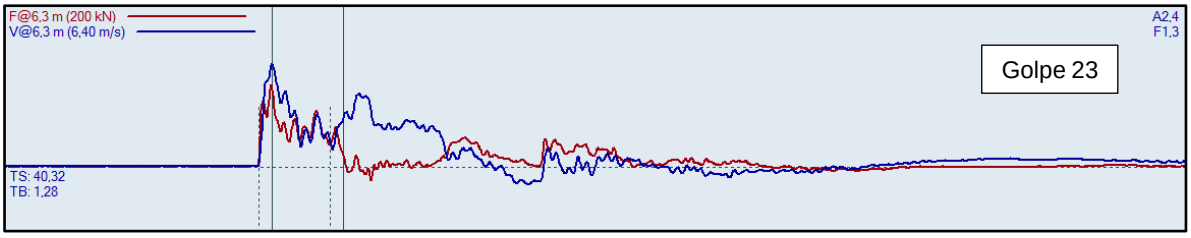

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 18
TS: 40,32
TB: 1,28

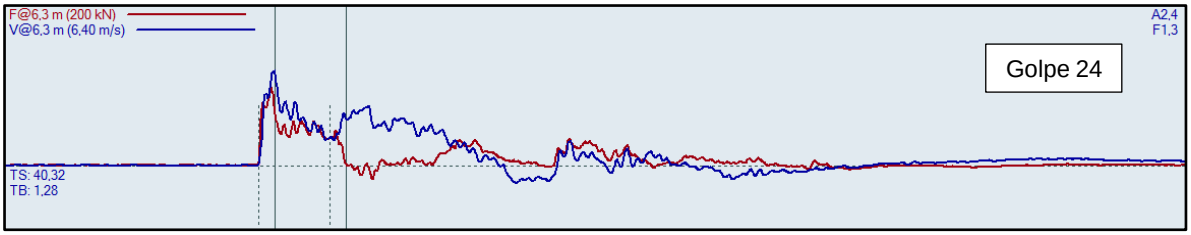

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 19
TS: 40,32
TB: 1,28

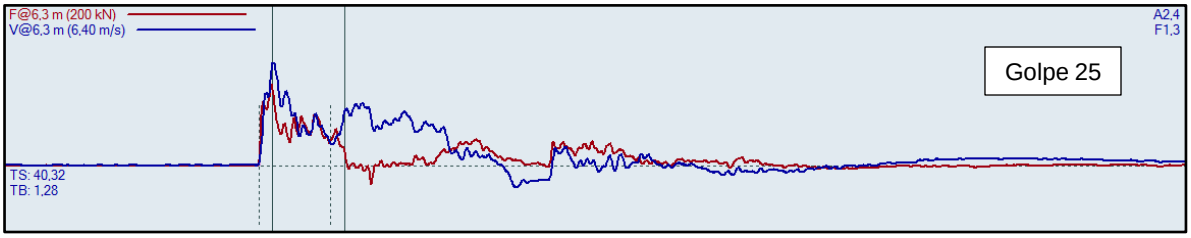

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 20
TS: 40,32
TB: 1,28

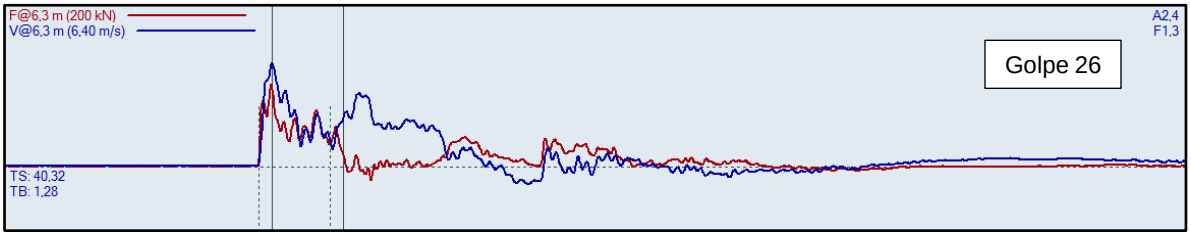

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 21
TS: 40,32
TB: 1,28

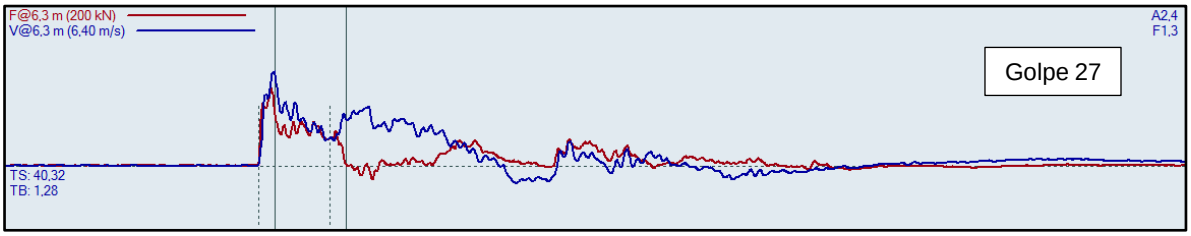

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 22
TS: 40,32
TB: 1,28

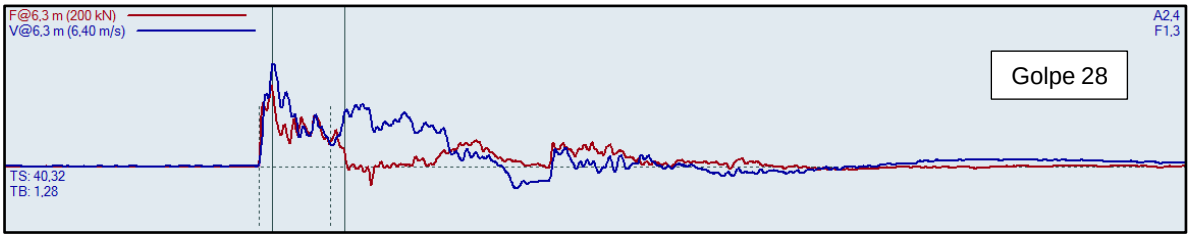

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 23
TS: 40,32
TB: 1,28

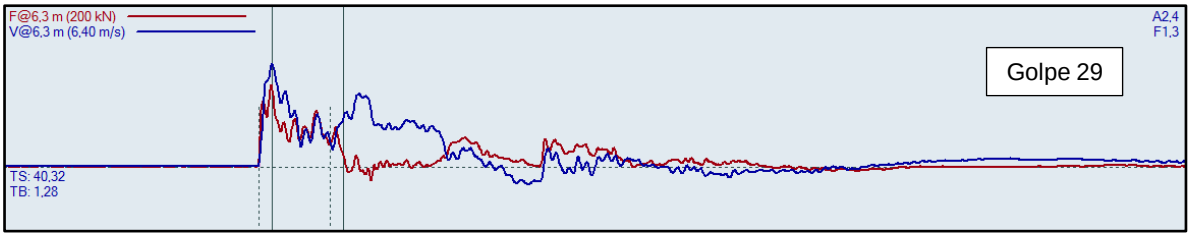

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 24
TS: 40,32
TB: 1,28

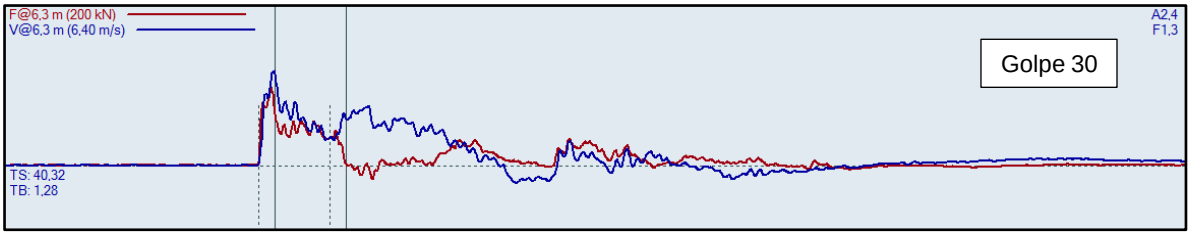

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 25
TS: 40,32
TB: 1,28

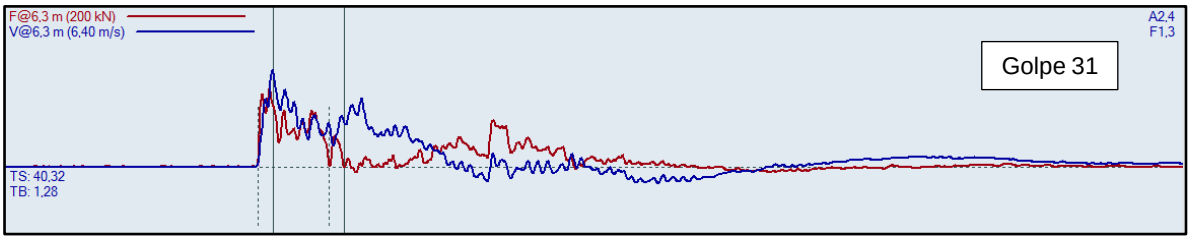

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 26
TS: 40,32
TB: 1,28

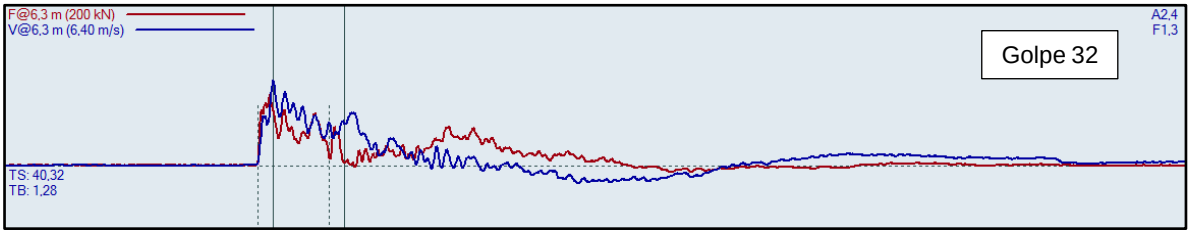

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 27
TS: 40,32
TB: 1,28

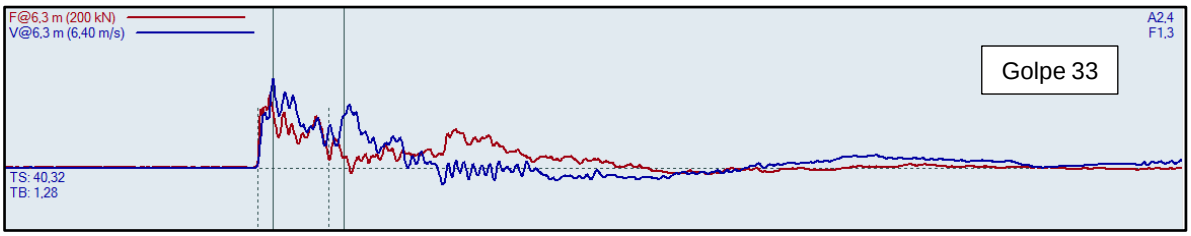

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 28
TS: 40,32
TB: 1,28

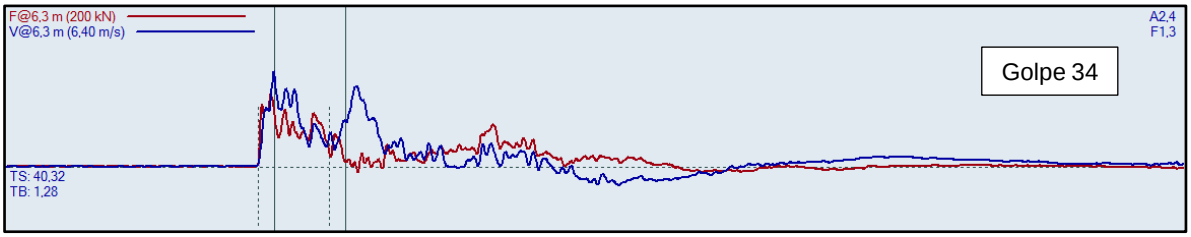

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 29
TS: 40,32
TB: 1,28

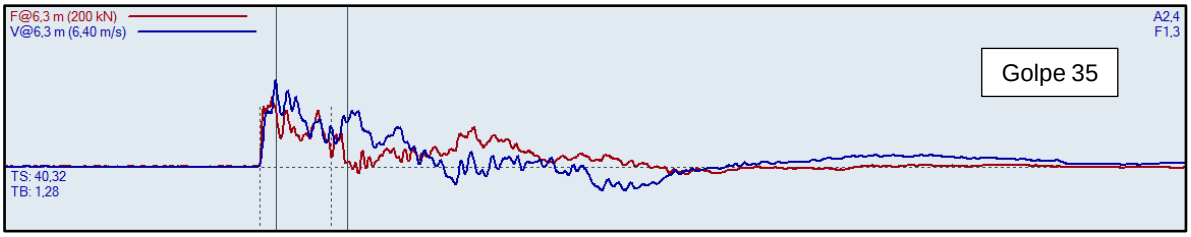

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 30
TS: 40,32
TB: 1,28

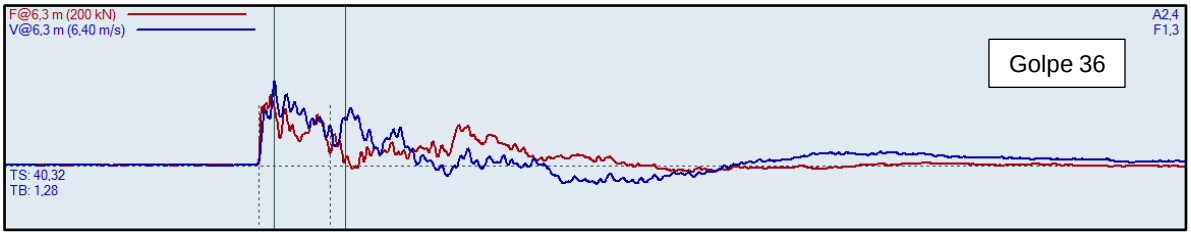

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 31
TS: 40,32
TB: 1,28

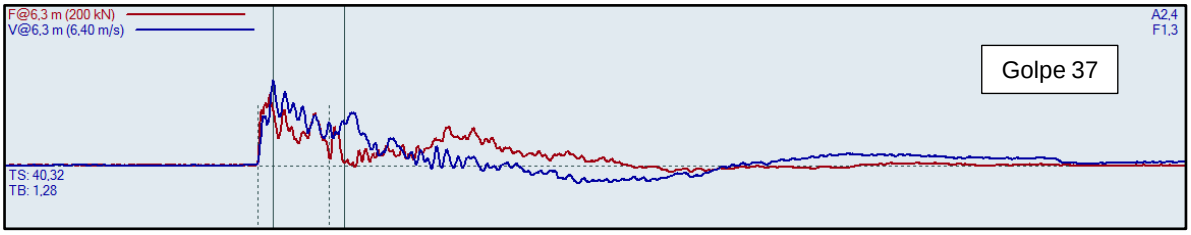

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 32
TS: 40,32
TB: 1,28

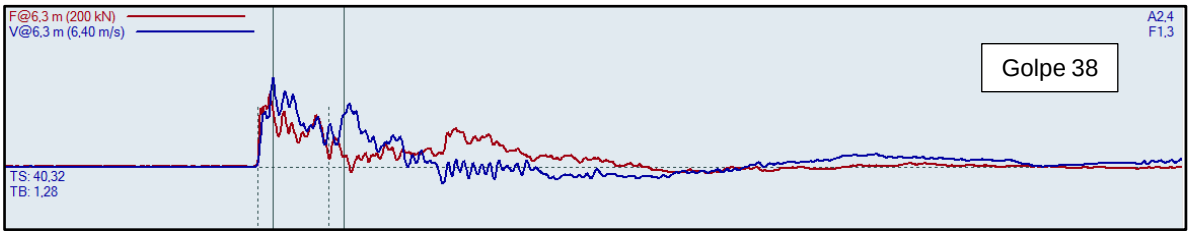

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 33
TS: 40,32
TB: 1,28

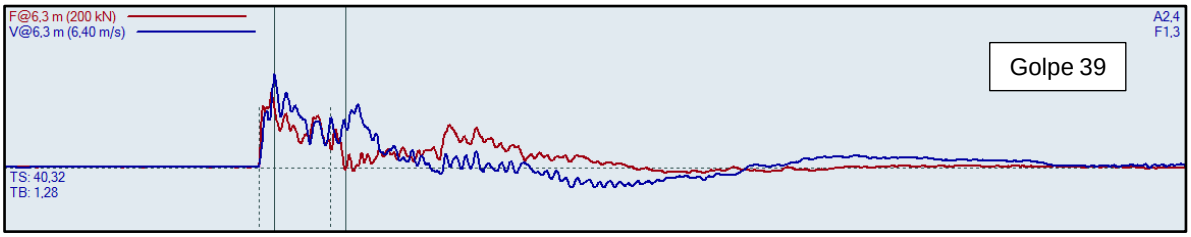

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 34
TS: 40,32
TB: 1,28

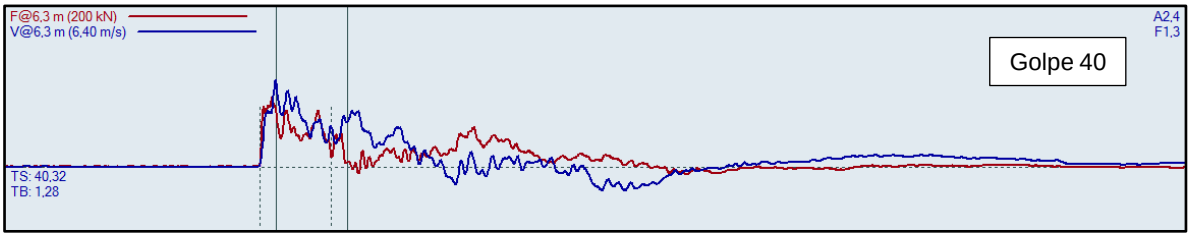

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 35
TS: 40,32
TB: 1,28

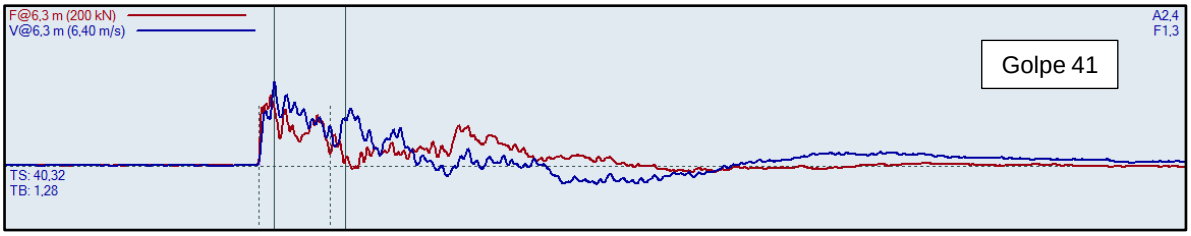

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 36
TS: 40,32
TB: 1,28

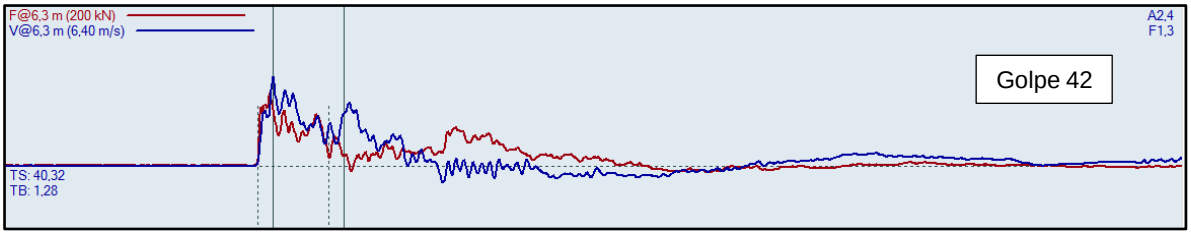

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 37
TS: 40,32
TB: 1,28

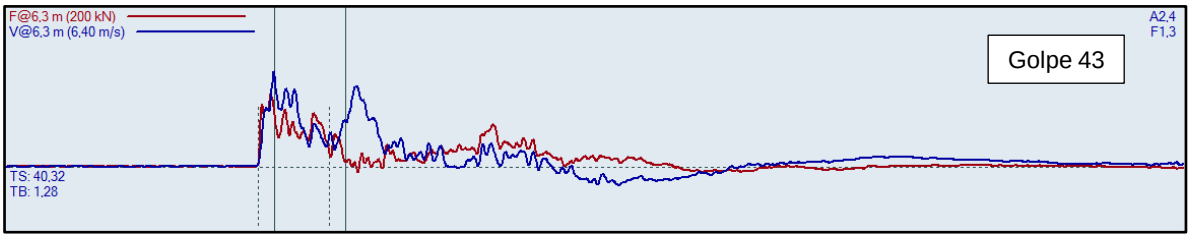

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 38
TS: 40,32
TB: 1,28

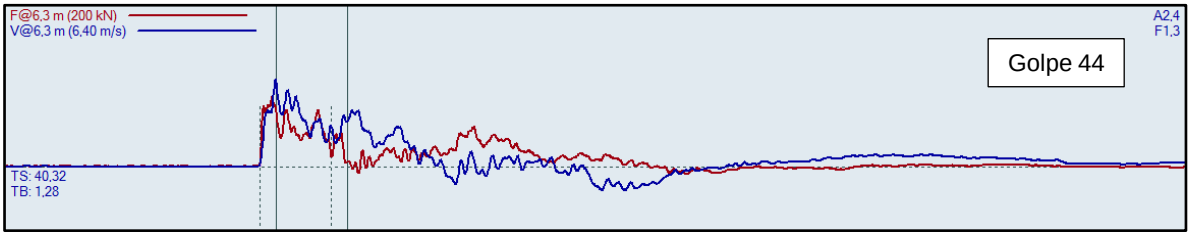

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 39
TS: 40,32
TB: 1,28

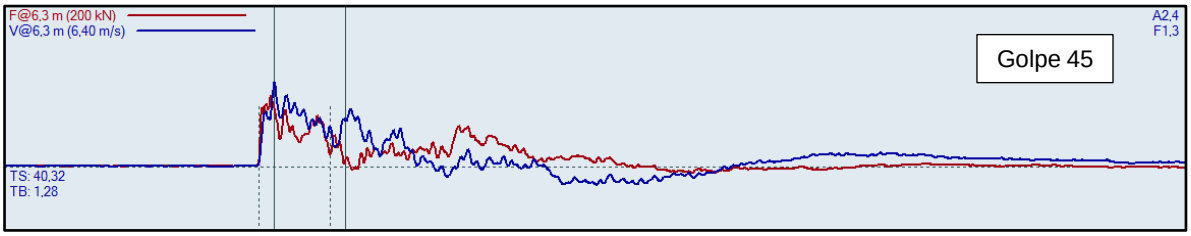

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 40
TS: 40,32
TB: 1,28

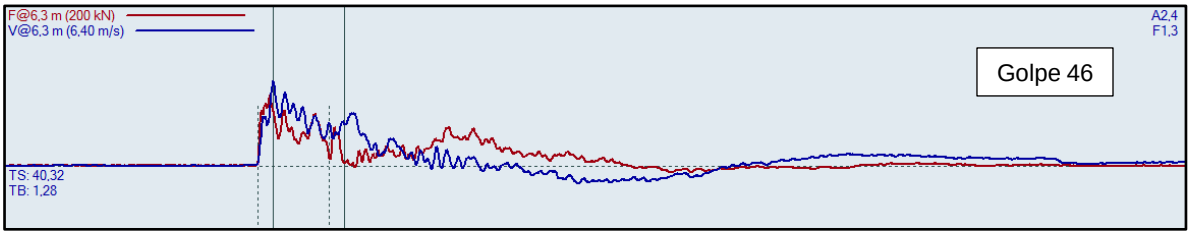

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 41
TS: 40,32
TB: 1,28

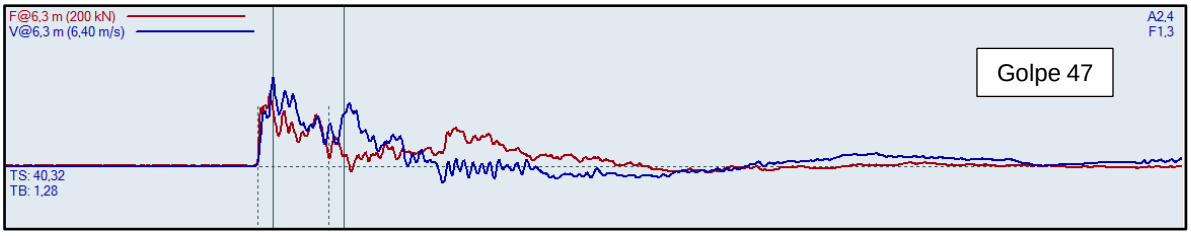

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 42
TS: 40,32
TB: 1,28

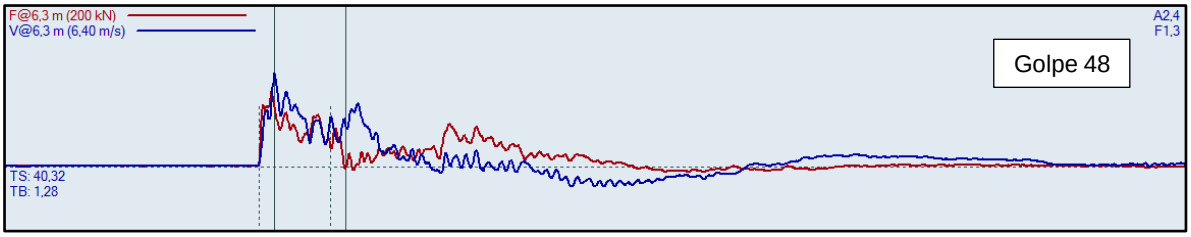

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 43
TS: 40,32
TB: 1,28

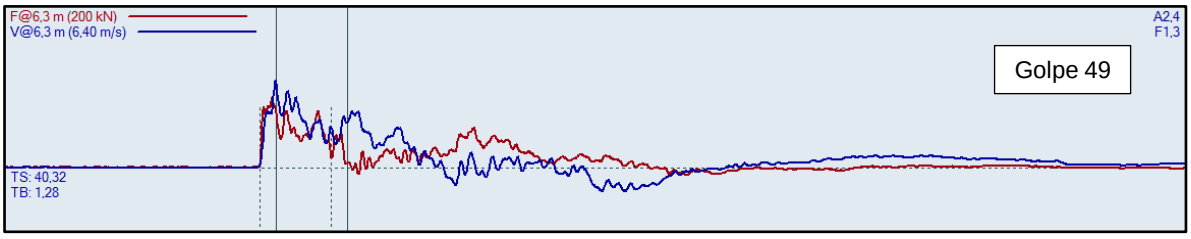

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 44
TS: 40,32
TB: 1,28

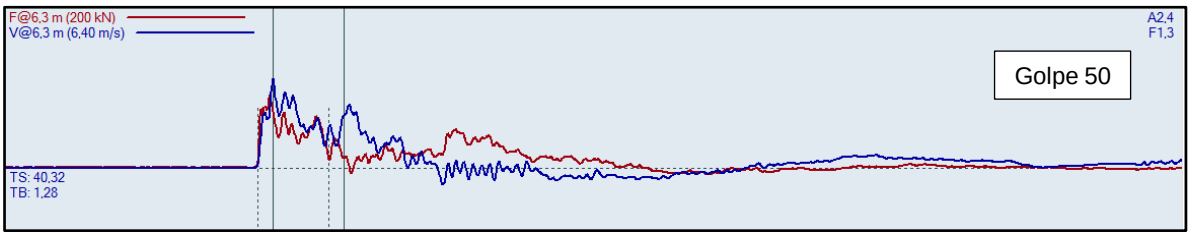

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 45
TS: 40,32
TB: 1,28

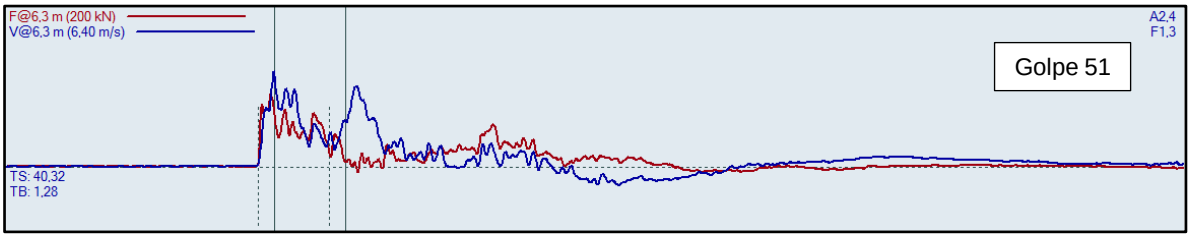

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 46
TS: 40,32
TB: 1,28

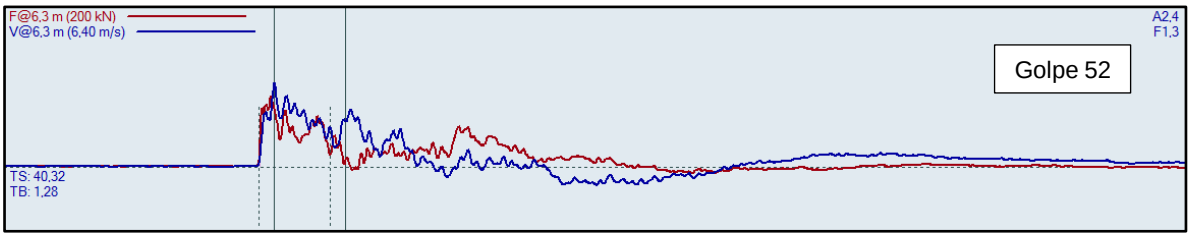

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 47
TS: 40,32
TB: 1,28

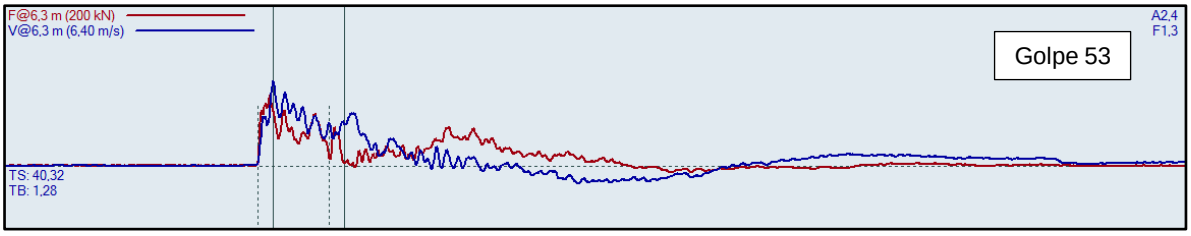

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 48
TS: 40,32
TB: 1,28

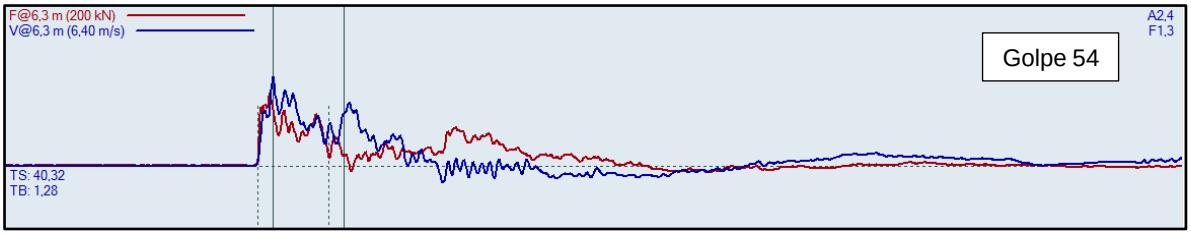

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 49
TS: 40,32
TB: 1,28

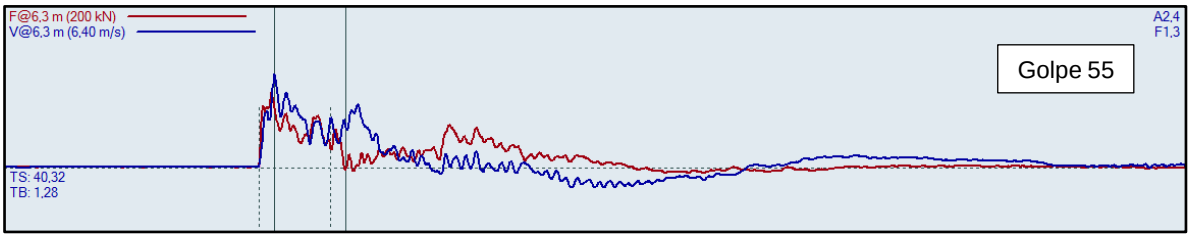

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 50
TS: 40,32
TB: 1,28

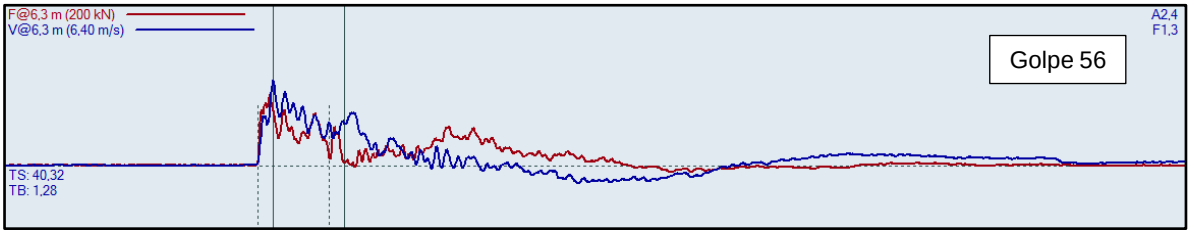

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 51
TS: 40,32
TB: 1,28

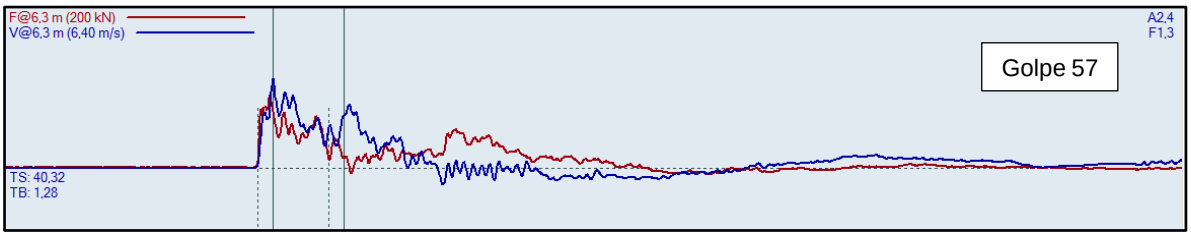

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 52
TS: 40,32
TB: 1,28

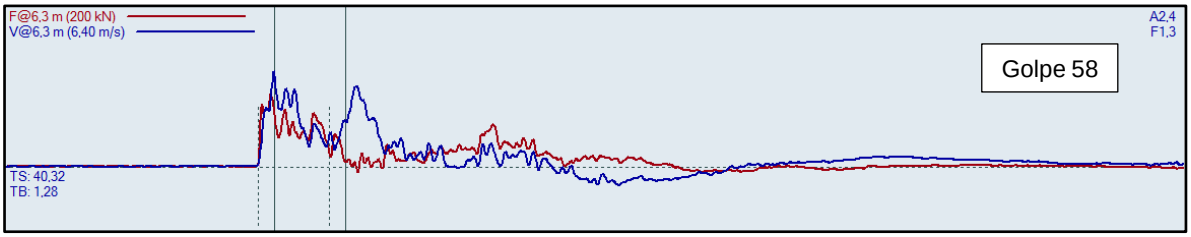

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 53
TS: 40,32
TB: 1,28

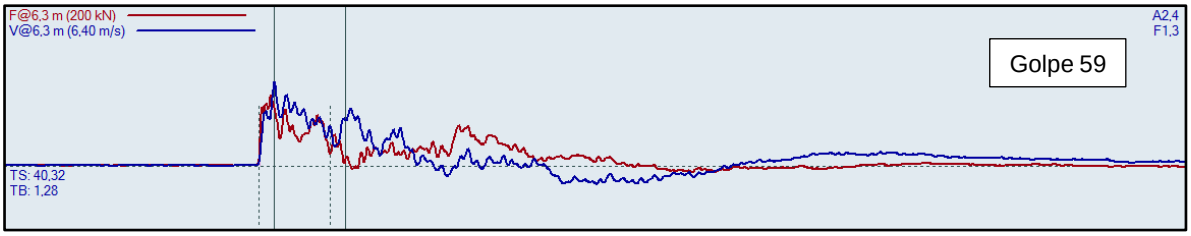

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 54
TS: 40,32
TB: 1,28


F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 55
TS: 40,32
TB: 1,28

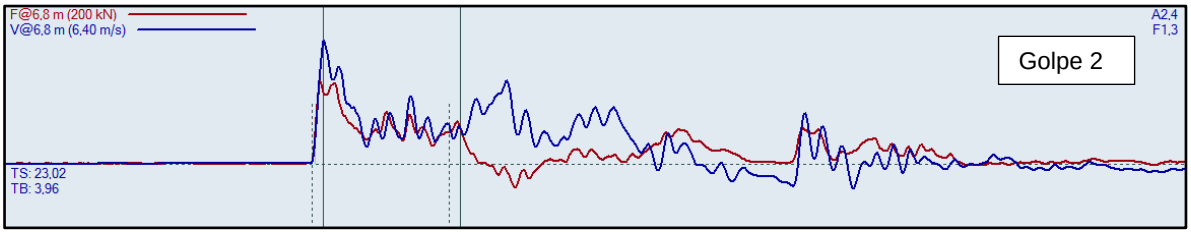

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 56
TS: 40,32
TB: 1,28

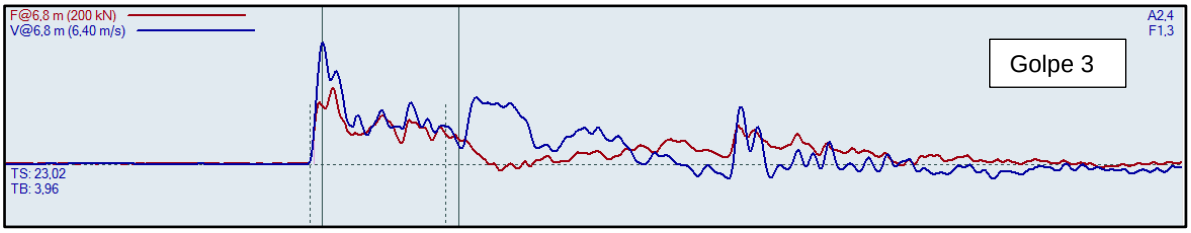

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 57
TS: 40,32
TB: 1,28

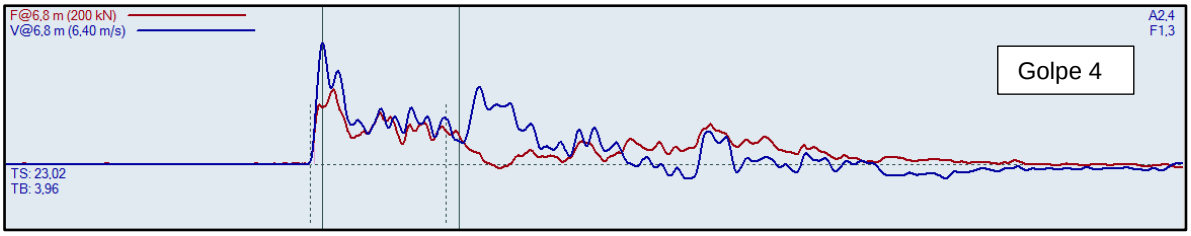

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 58
TS: 40,32
TB: 1,28

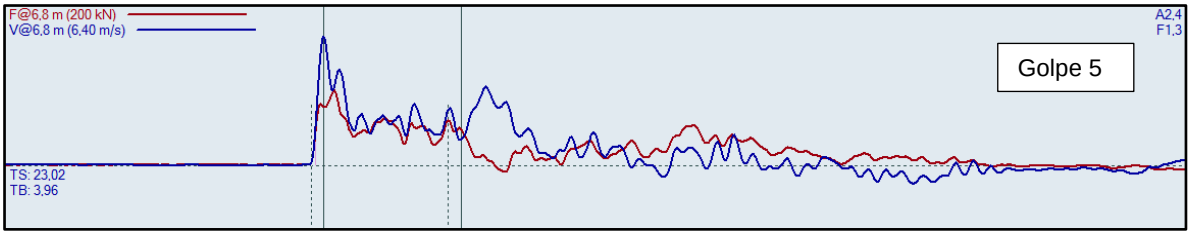

F@6,3 m (200 kN)
V@6,3 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 59
TS: 40,32
TB: 1,28

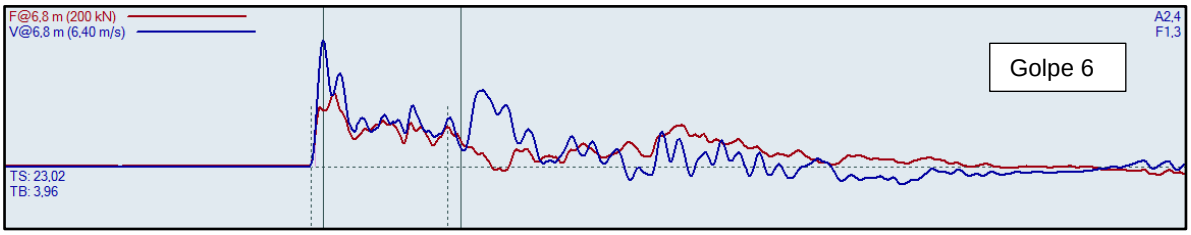
Sondeo 1 - Profundidad 5.55 – 6.00

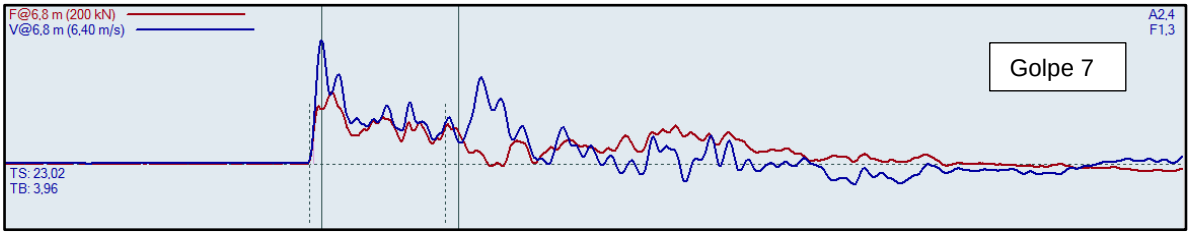


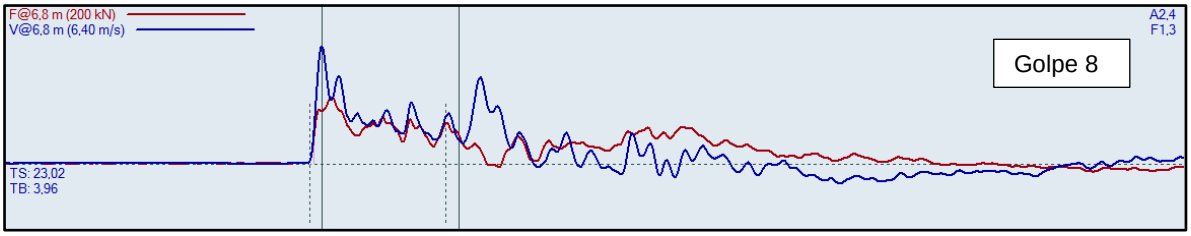


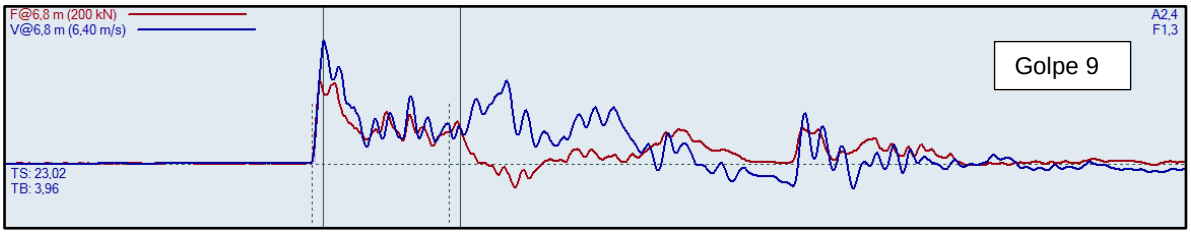


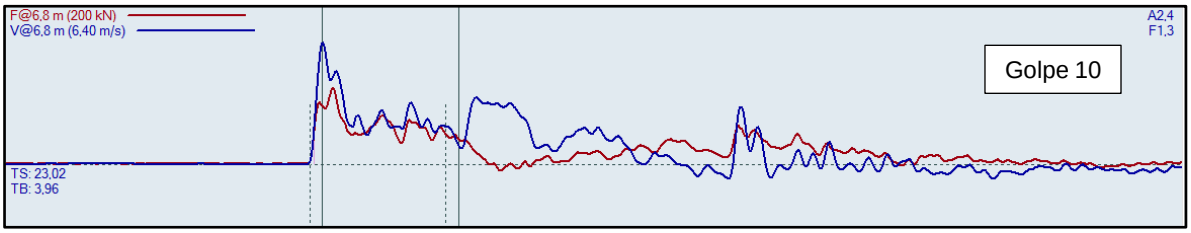


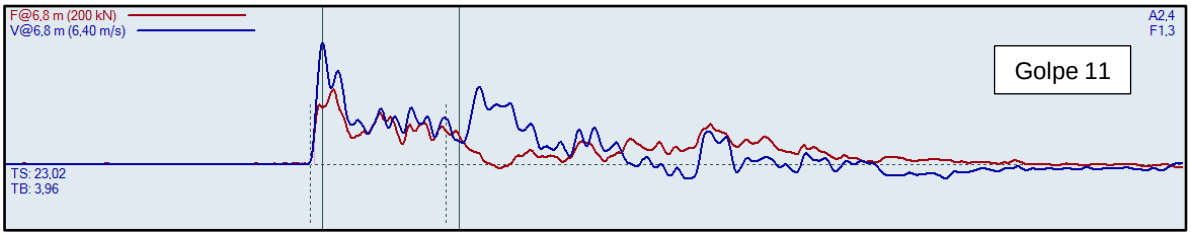


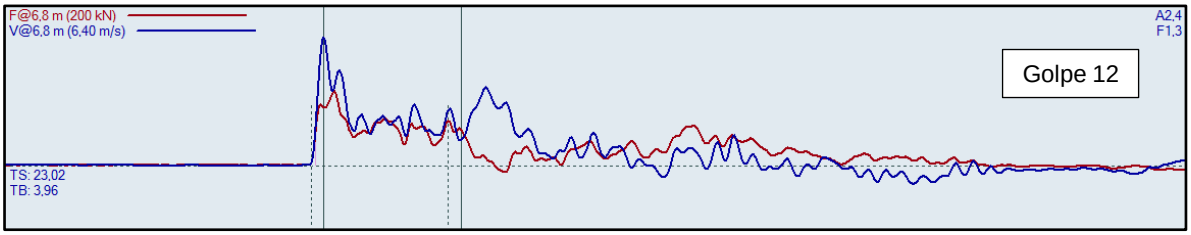


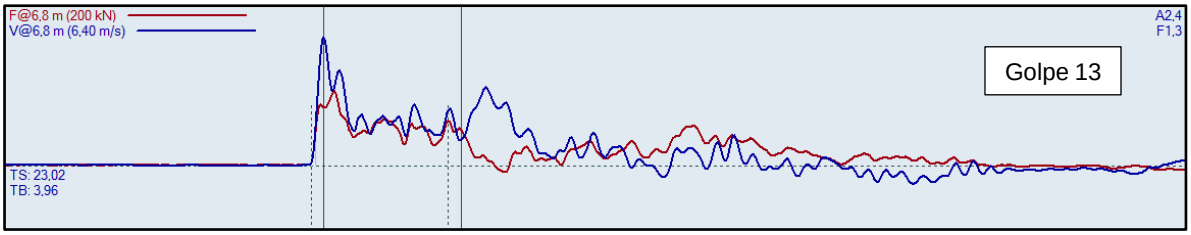

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 8
TS: 23,02
TB: 3,96

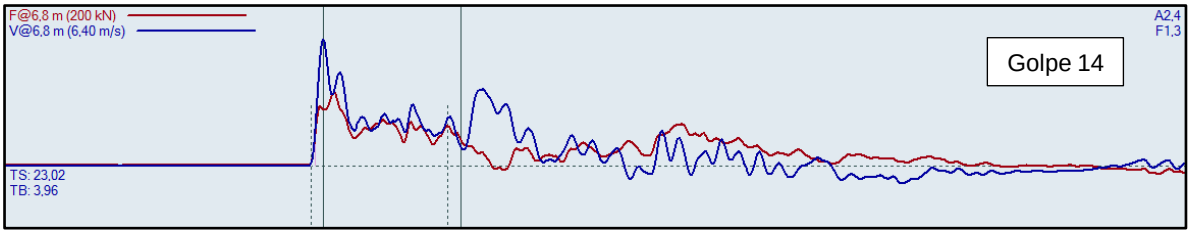

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 9
TS: 23,02
TB: 3,96

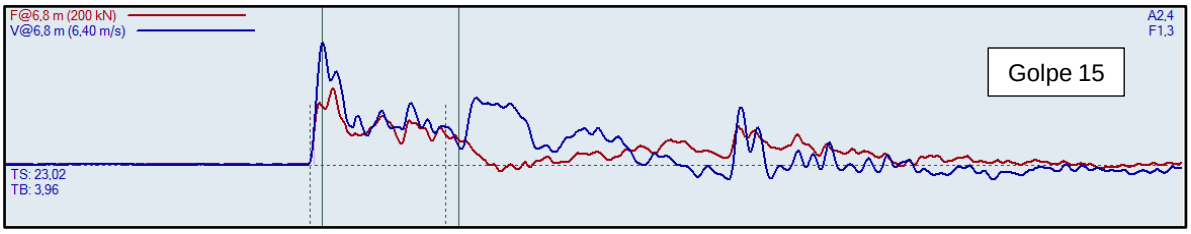

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 10
TS: 23,02
TB: 3,96

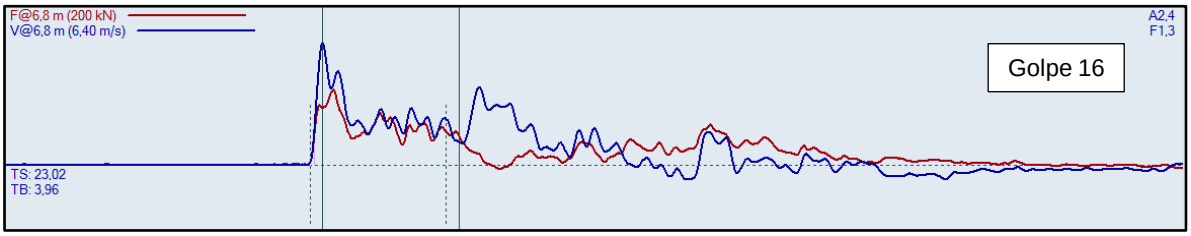

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 11
TS: 23,02
TB: 3,96

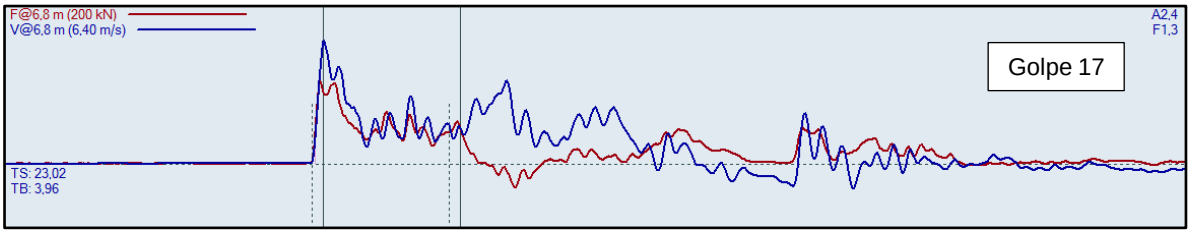

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 12
TS: 23,02
TB: 3,96

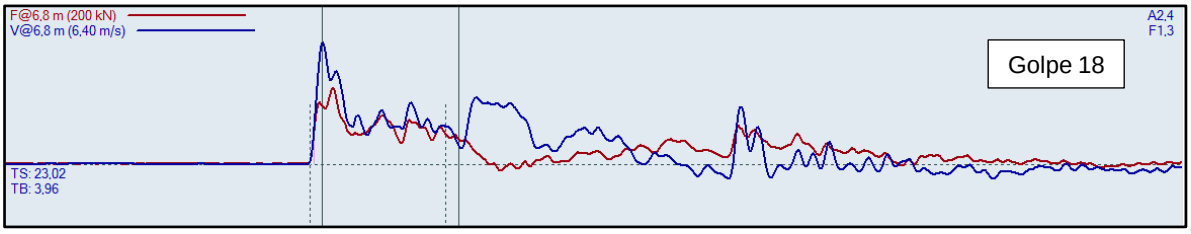

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 13
TS: 23,02
TB: 3,96

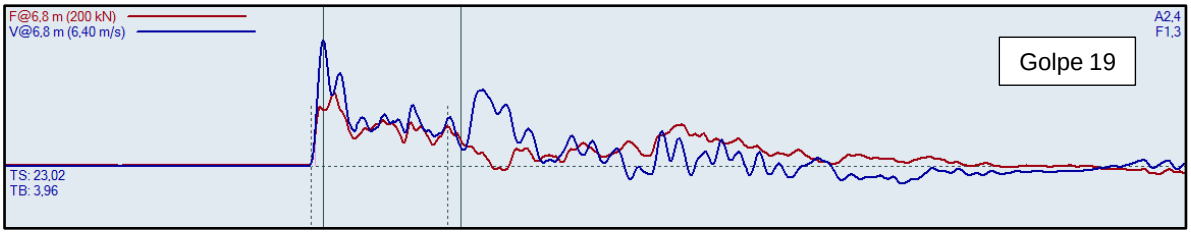

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 14
TS: 23,02
TB: 3,96

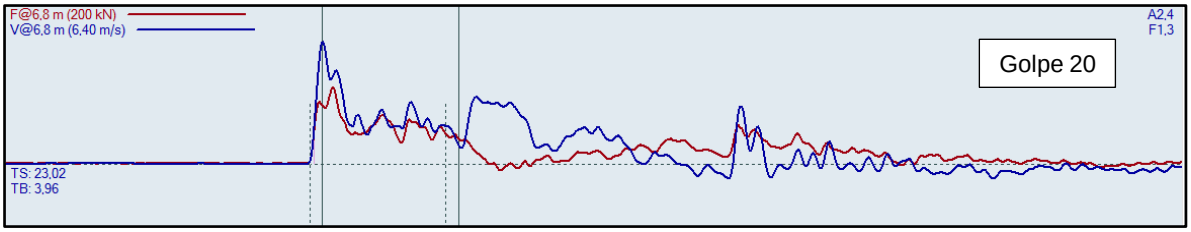

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 15
TS: 23,02
TB: 3,96

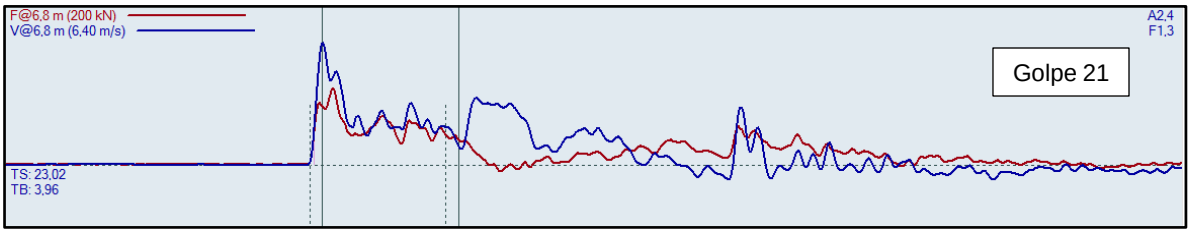

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 16
TS: 23,02
TB: 3,96

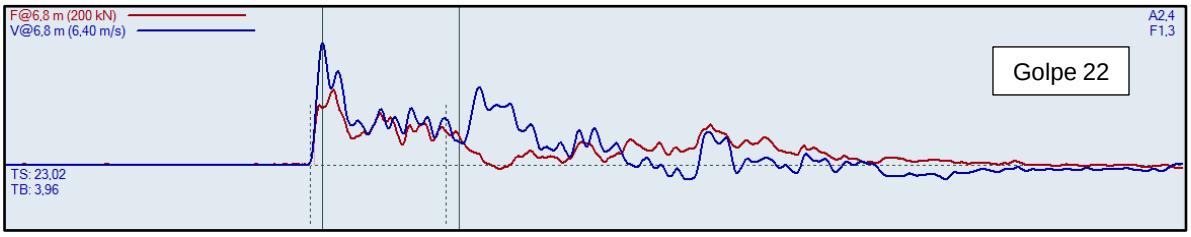

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 17
TS: 23,02
TB: 3,96

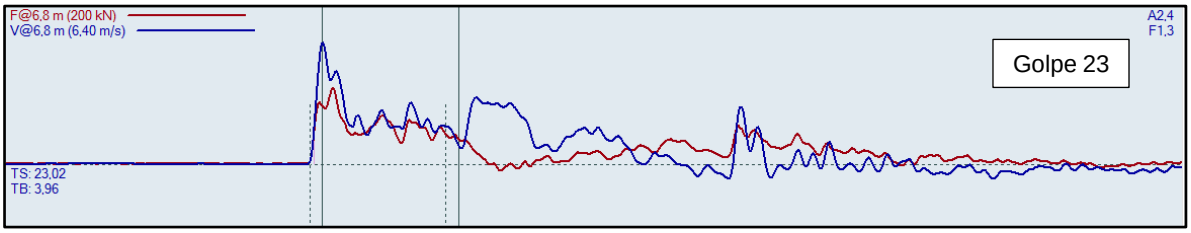

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 18
TS: 23,02
TB: 3,96

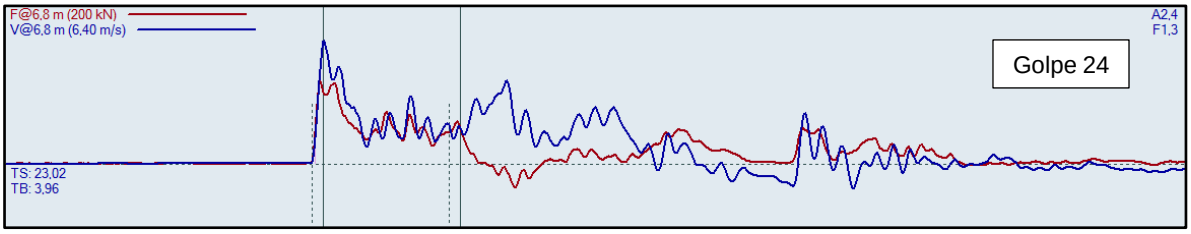

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 19
TS: 23,02
TB: 3,96

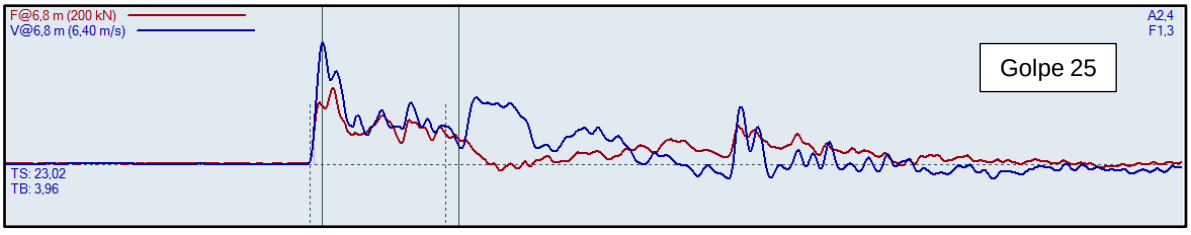

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 20
TS: 23,02
TB: 3,96

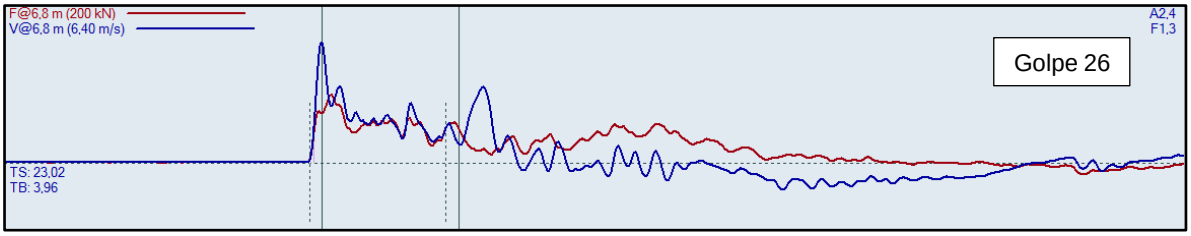

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 21
TS: 23,02
TB: 3,96

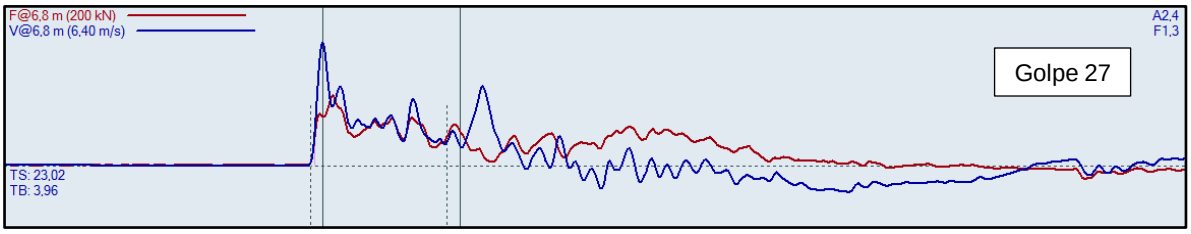

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 22
TS: 23,02
TB: 3,96

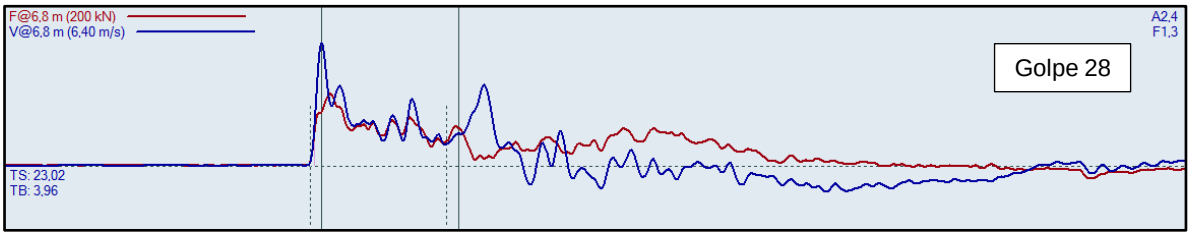

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 23
TS: 23,02
TB: 3,96

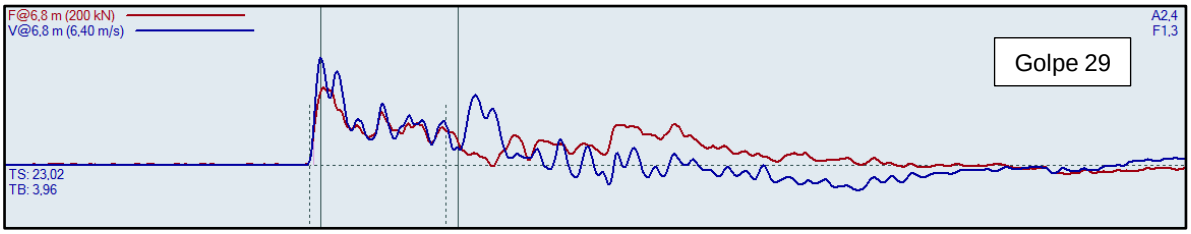

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 24
TS: 23,02
TB: 3,96

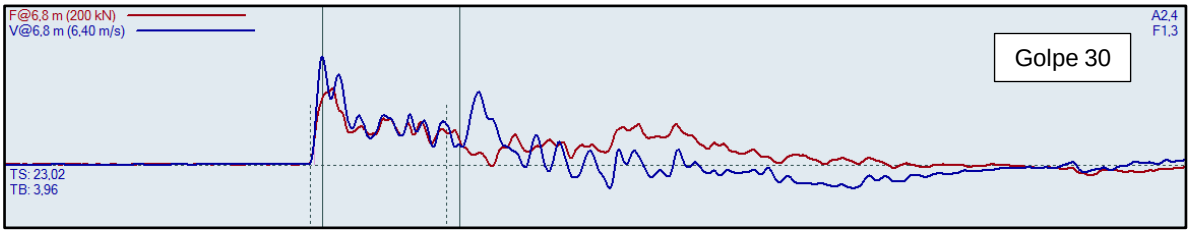

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 25
TS: 23,02
TB: 3,96

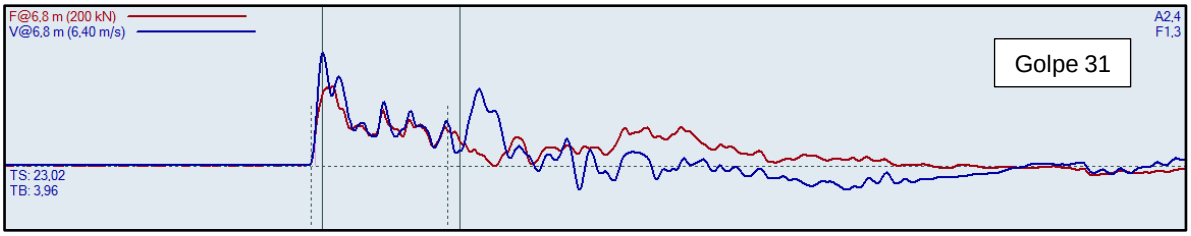

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 26
TS: 23,02
TB: 3,96

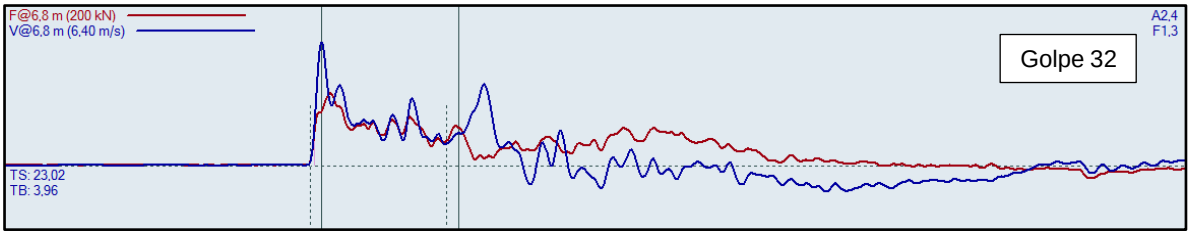

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 27
TS: 23,02
TB: 3,96

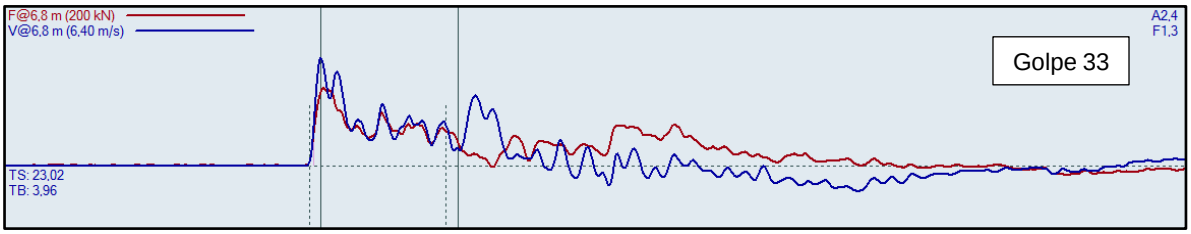

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 28
TS: 23,02
TB: 3,96

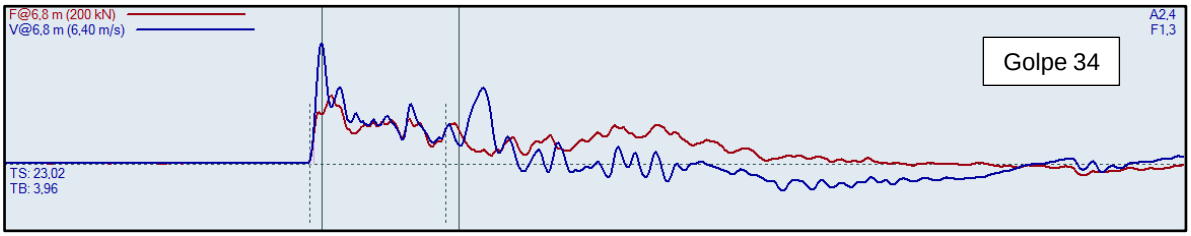

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 29
TS: 23,02
TB: 3,96

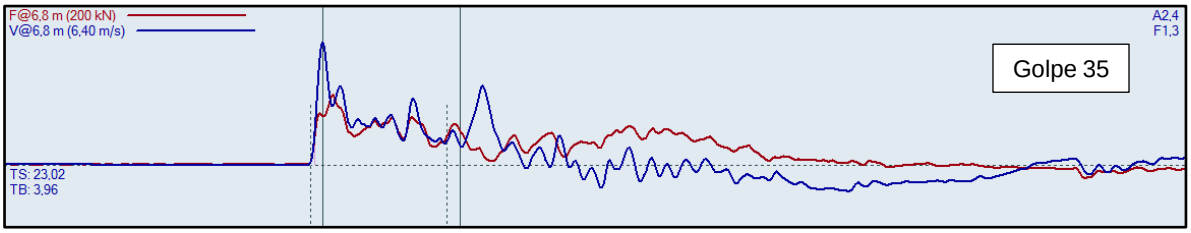

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 30
TS: 23,02
TB: 3,96

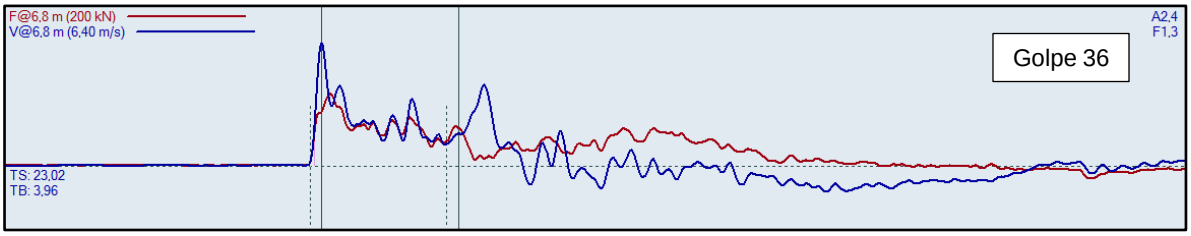

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 31
TS: 23,02
TB: 3,96

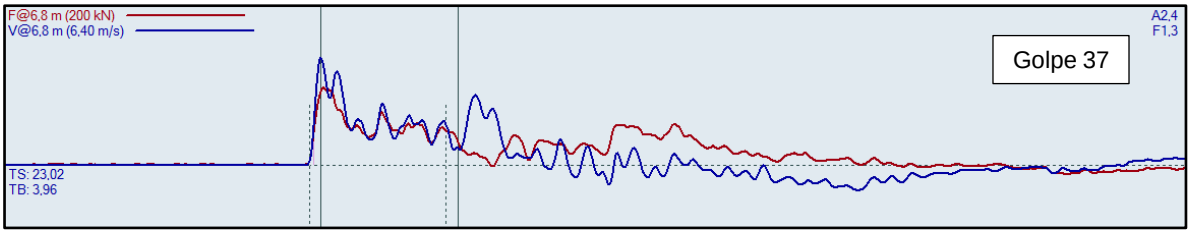

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 32
TS: 23,02
TB: 3,96

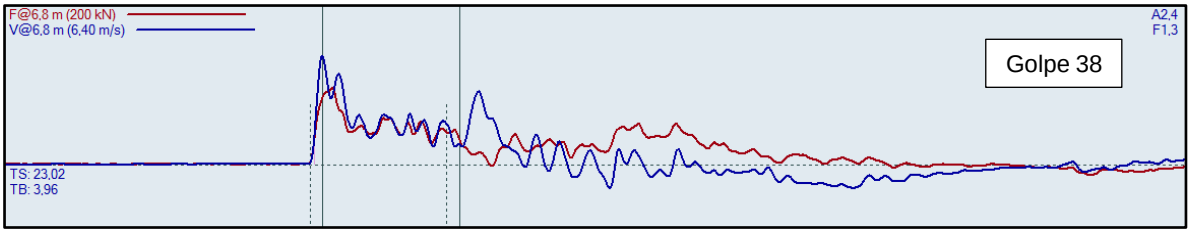

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 33
TS: 23,02
TB: 3,96

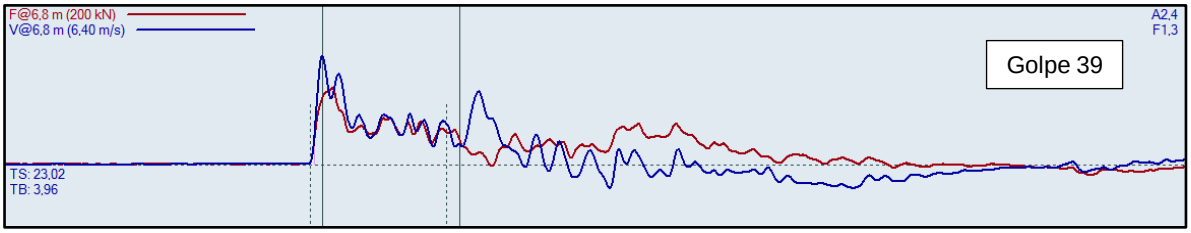

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 34
TS: 23,02
TB: 3,96

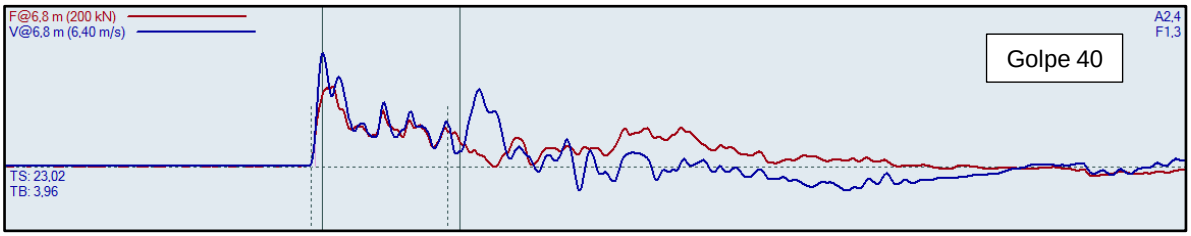

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 35
TS: 23,02
TB: 3,96

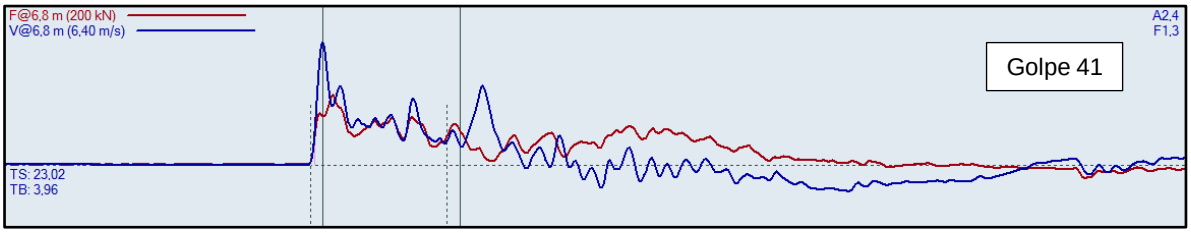

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 36
TS: 23,02
TB: 3,96

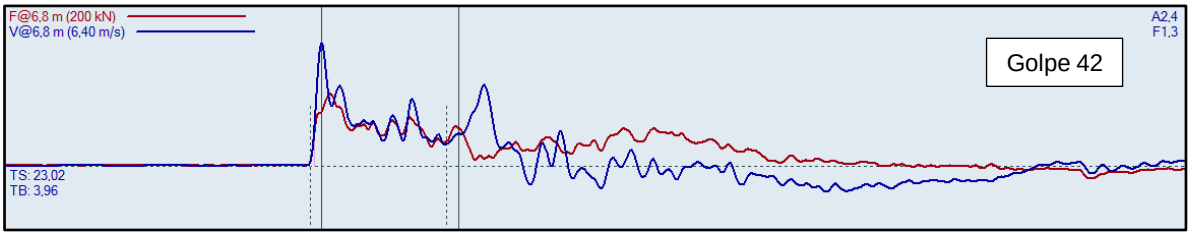

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 37
TS: 23,02
TB: 3,96

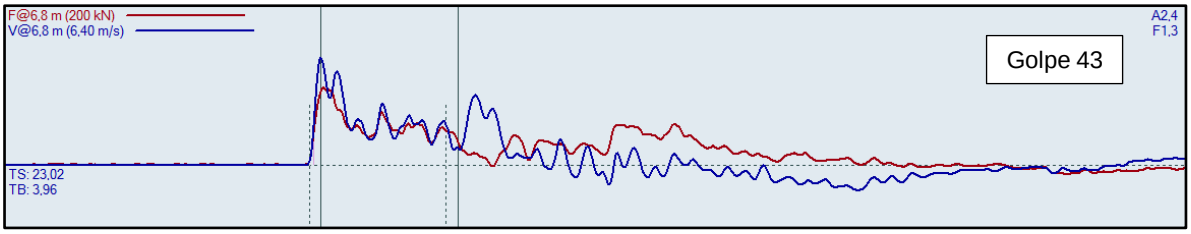

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 38
TS: 23,02
TB: 3,96

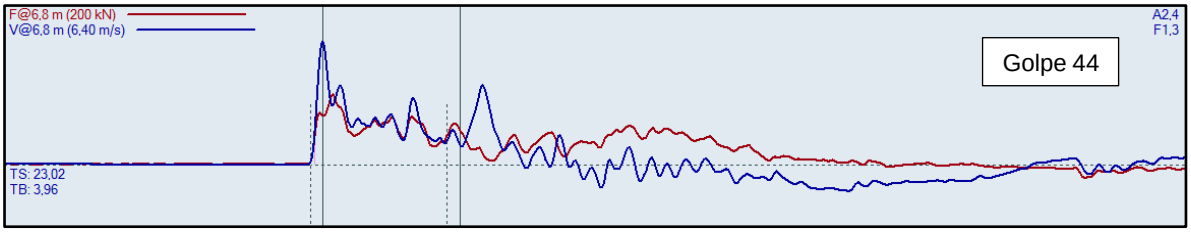

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 39
TS: 23,02
TB: 3,96

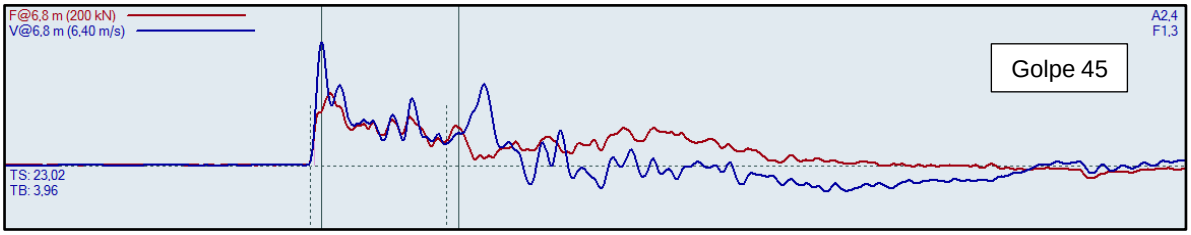

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 40
TS: 23,02
TB: 3,96

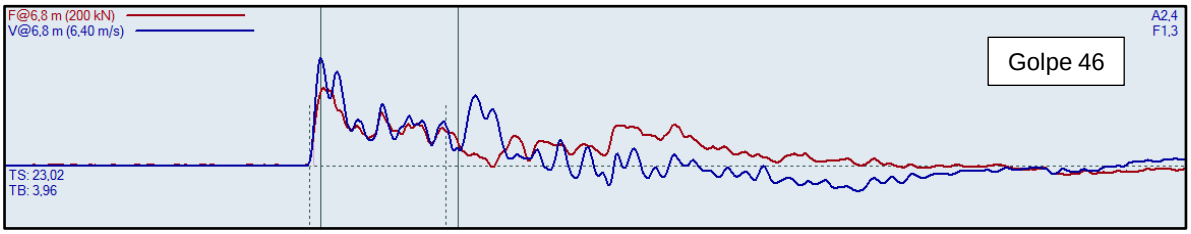

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 41
TS: 23,02
TB: 3,96

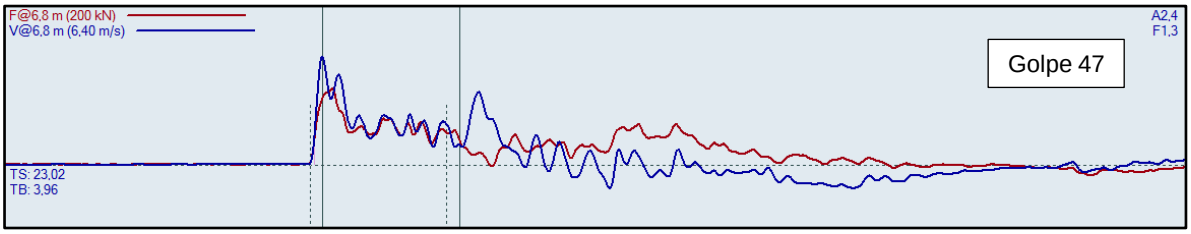

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 42
TS: 23,02
TB: 3,96

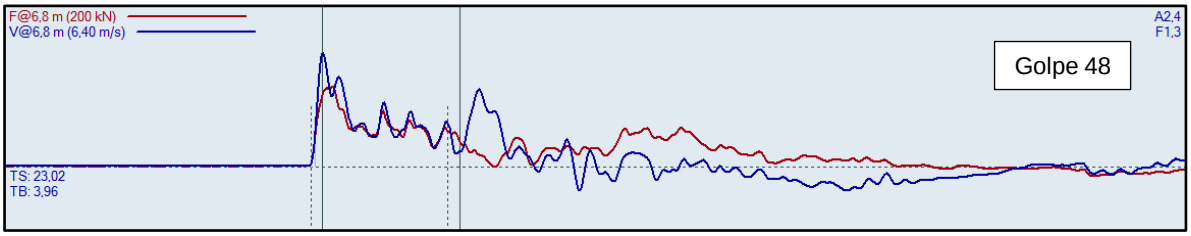

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 43
TS: 23,02
TB: 3,96

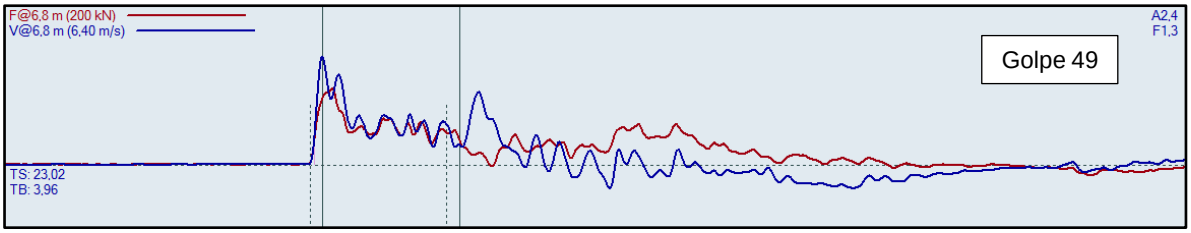

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 44
TS: 23,02
TB: 3,96

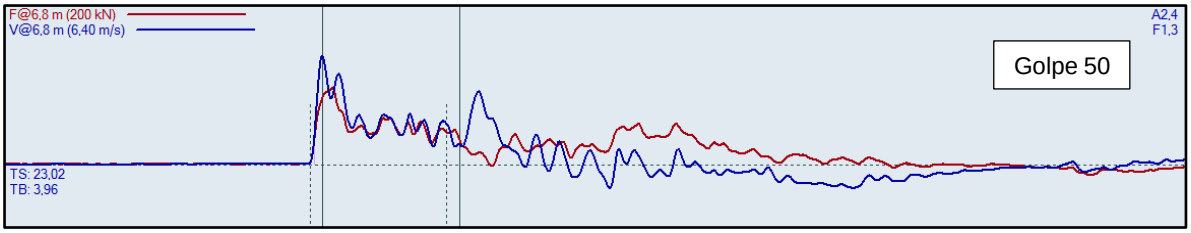

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 45
TS: 23,02
TB: 3,96

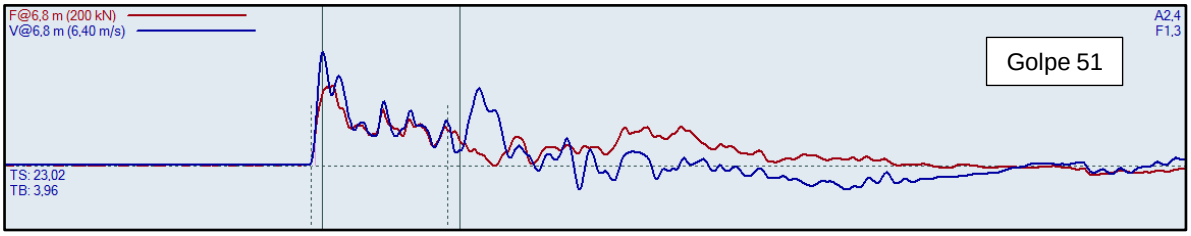

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 46
TS: 23,02
TB: 3,96

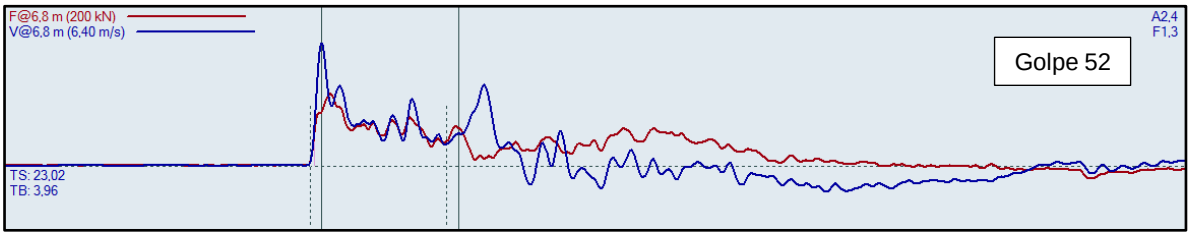

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 47
TS: 23,02
TB: 3,96

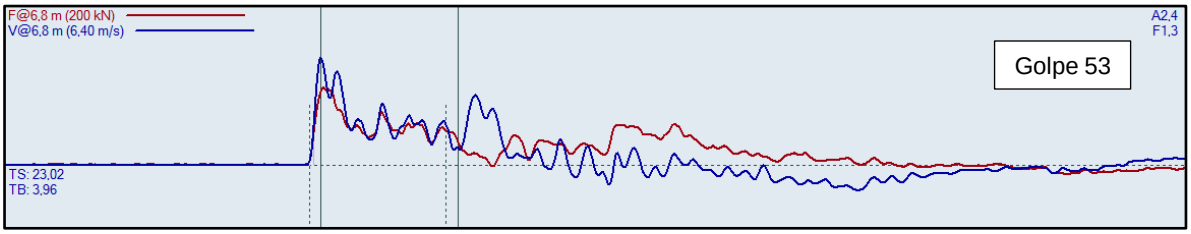

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 48
TS: 23,02
TB: 3,96

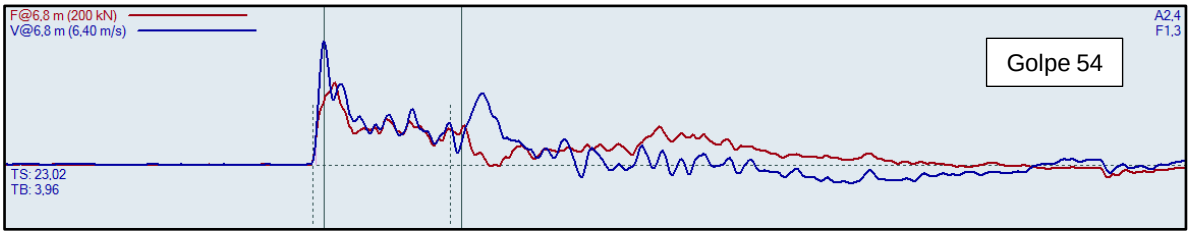

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 49
TS: 23,02
TB: 3,96

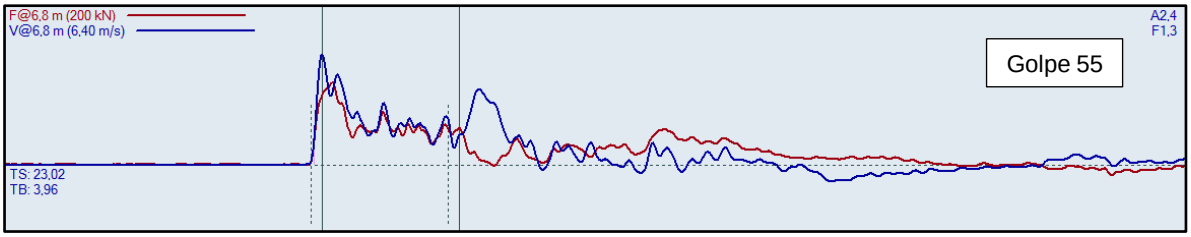

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 50
TS: 23,02
TB: 3,96

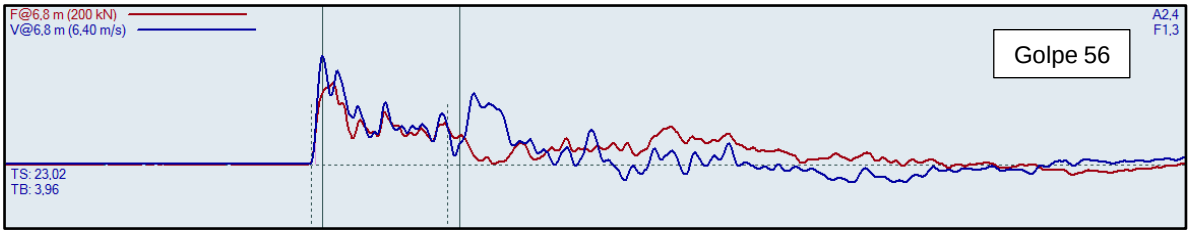

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 51
TS: 23,02
TB: 3,96

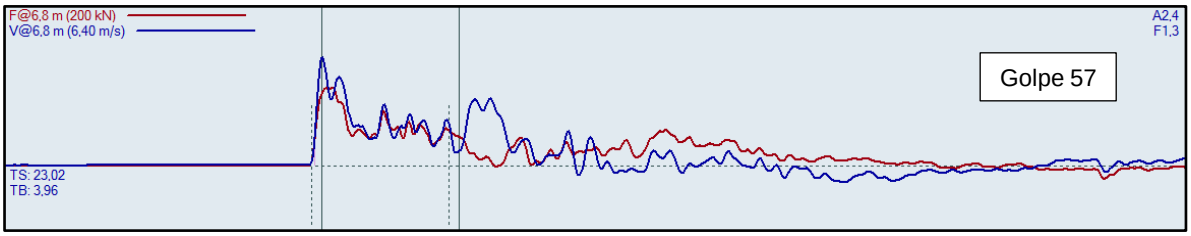

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 52
TS: 23,02
TB: 3,96

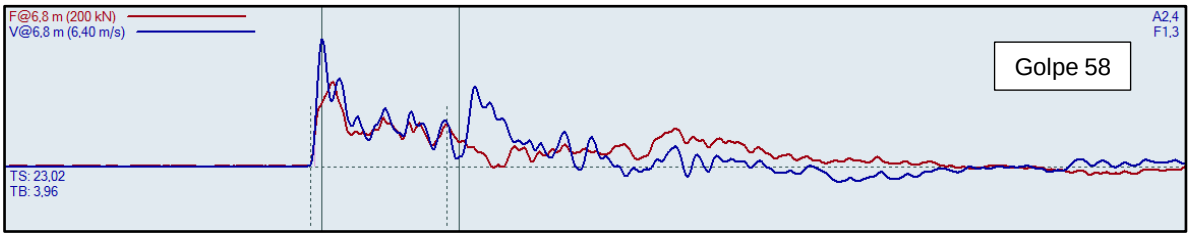

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 53
TS: 23,02
TB: 3,96

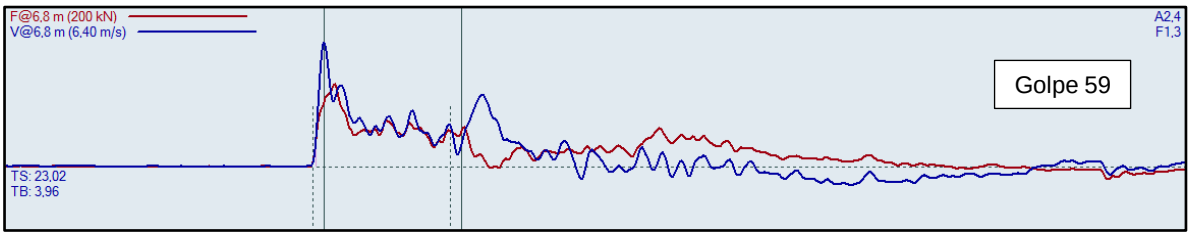

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 54
TS: 23,02
TB: 3,96

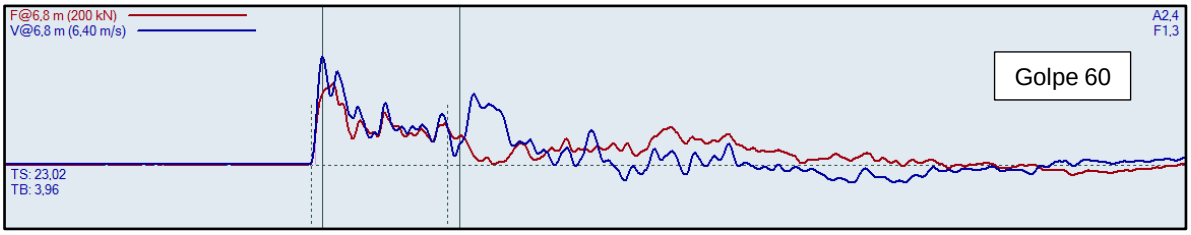

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 55
TS: 23,02
TB: 3,96

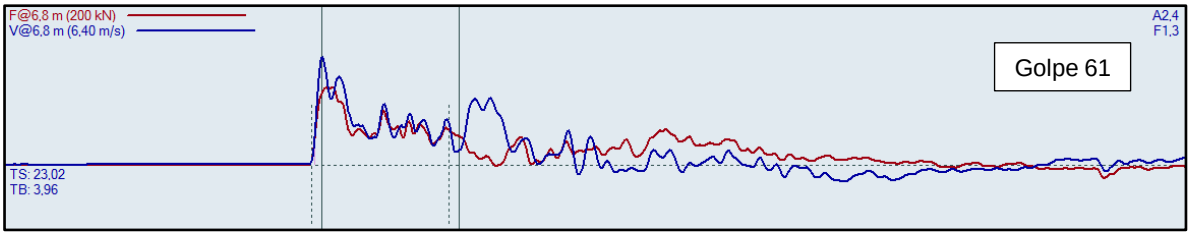

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 56
TS: 23,02
TB: 3,96

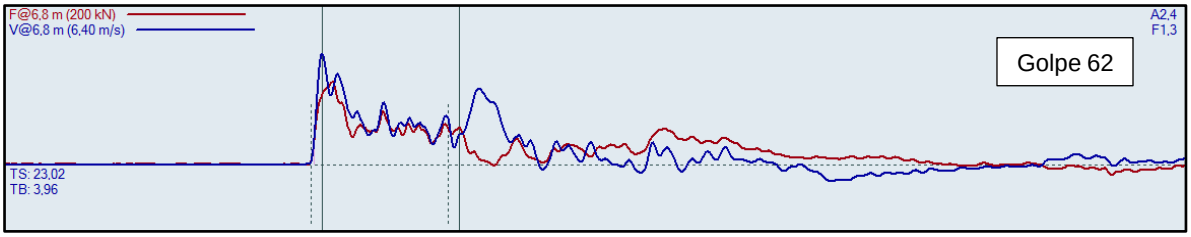

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 57
TS: 23,02
TB: 3,96

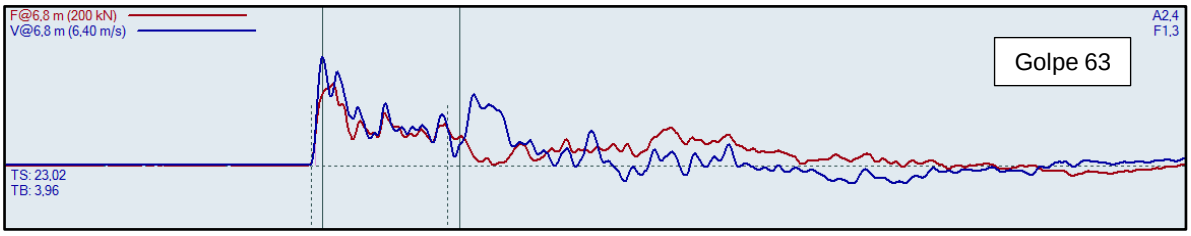

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 58
TS: 23,02
TB: 3,96

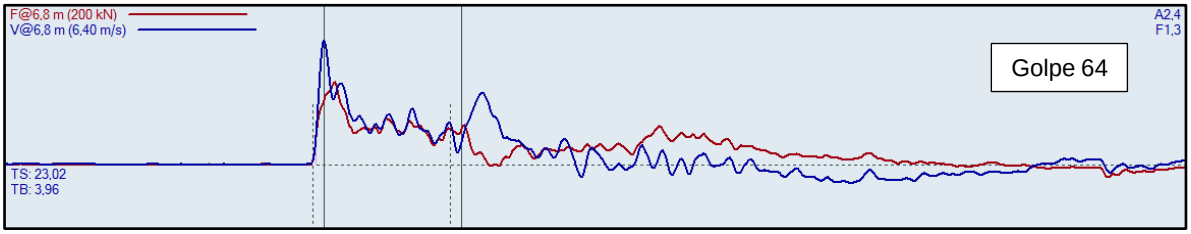

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 59
TS: 23,02
TB: 3,96

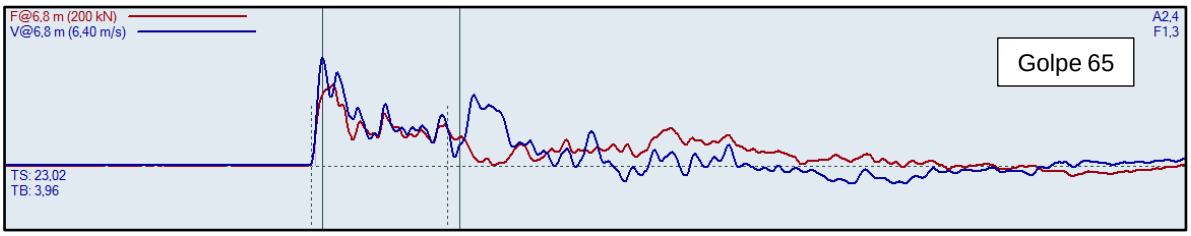

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 60
TS: 23,02
TB: 3,96

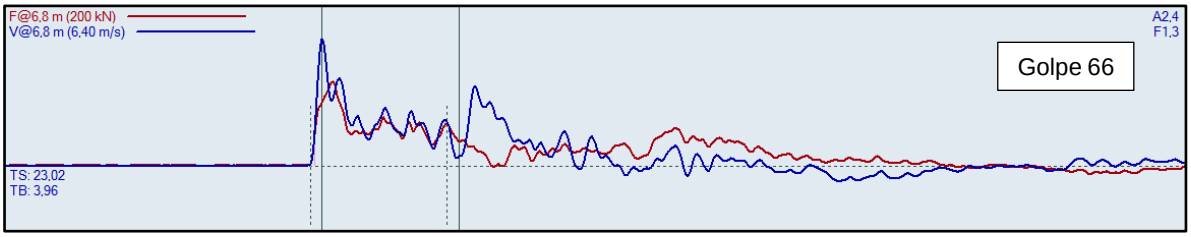

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 61
TS: 23,02
TB: 3,96

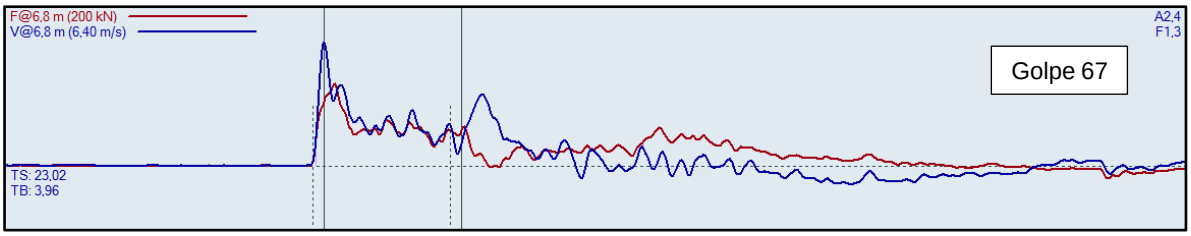

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 62
TS: 23,02
TB: 3,96

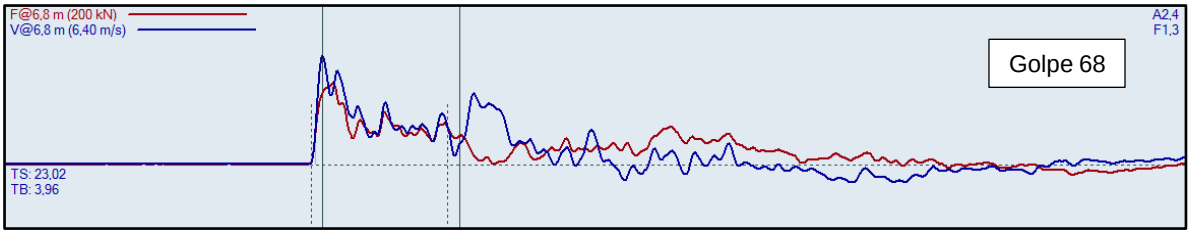

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 63
TS: 23,02
TB: 3,96

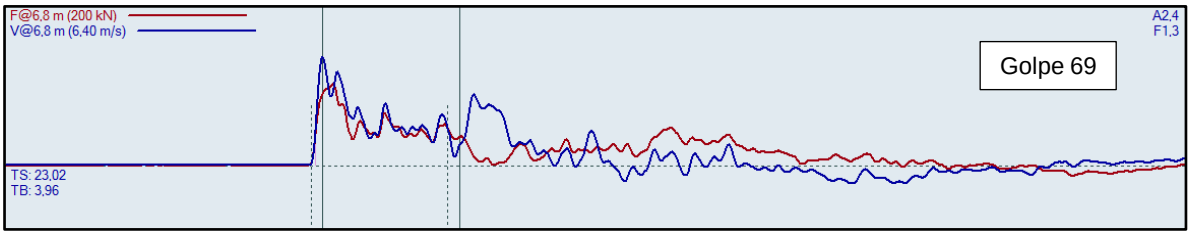

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 64
TS: 23,02
TB: 3,96

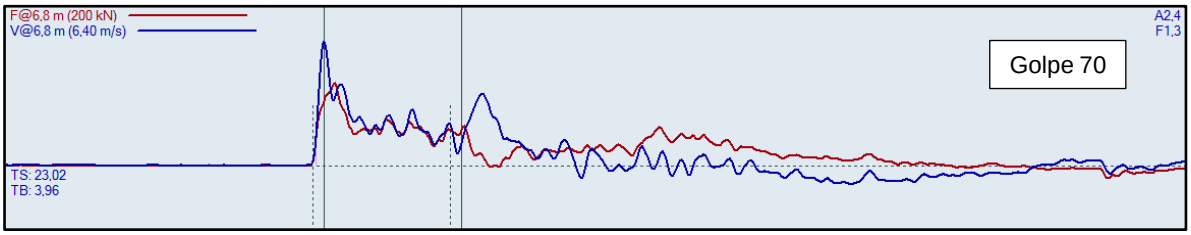

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 65
TS: 23,02
TB: 3,96

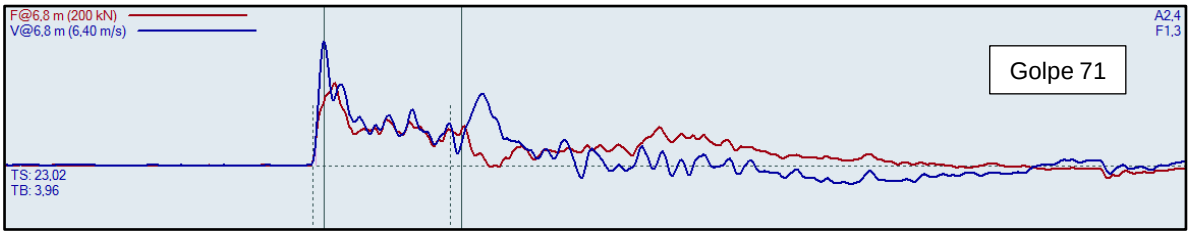

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 66
TS: 23,02
TB: 3,96

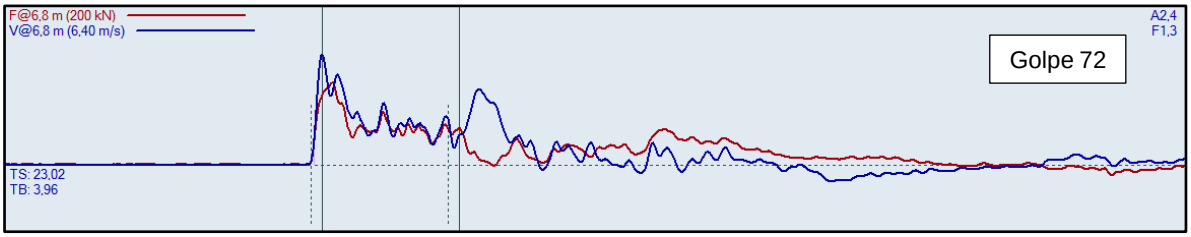

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 67
TS: 23,02
TB: 3,96

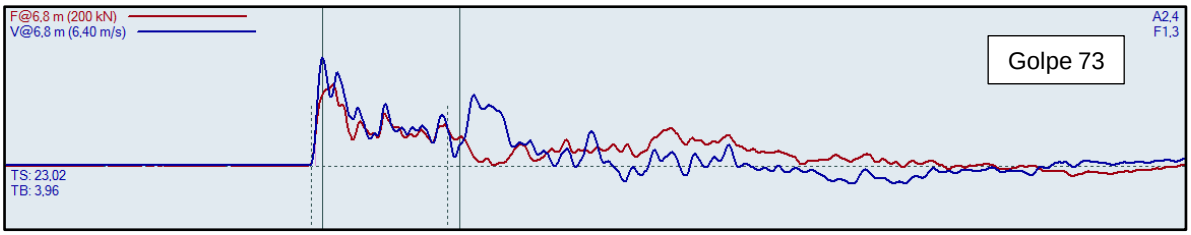

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 68
TS: 23,02
TB: 3,96

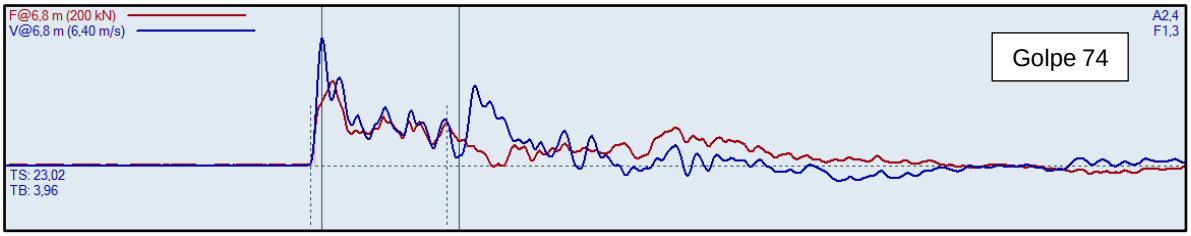

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 69
TS: 23,02
TB: 3,96

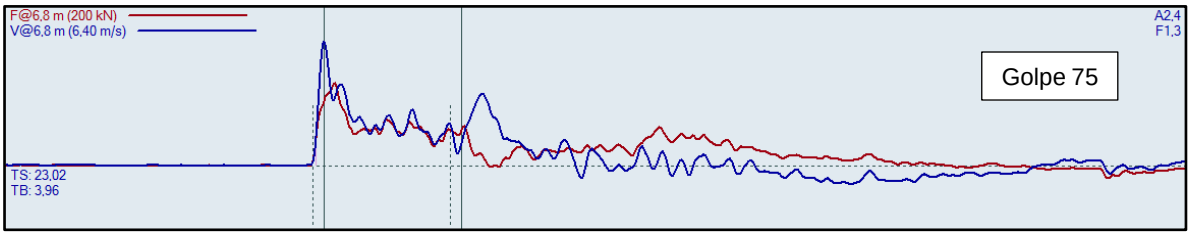

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 70
TS: 23,02
TB: 3,96

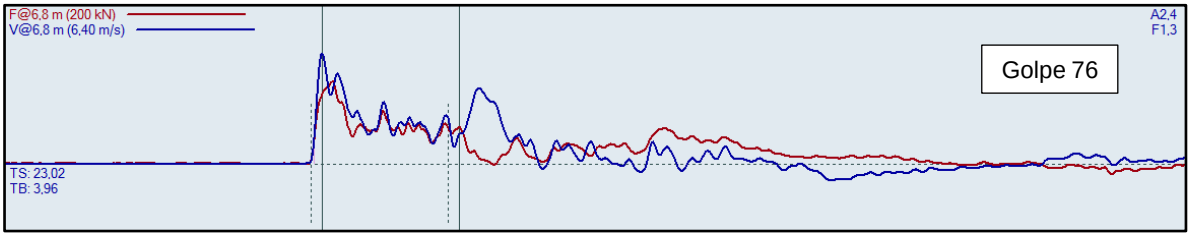

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 71
TS: 23,02
TB: 3,96

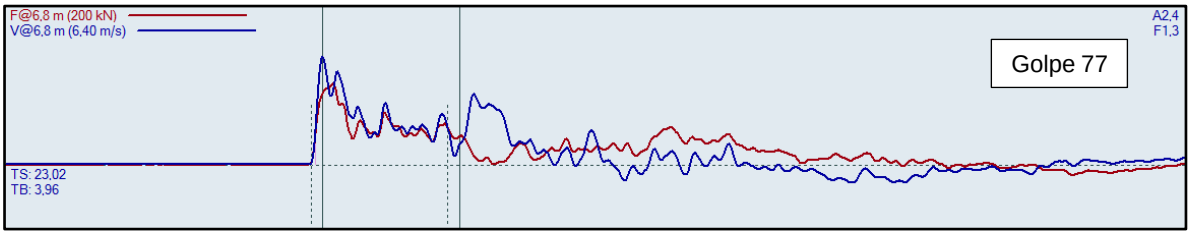

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 72
TS: 23,02
TB: 3,96

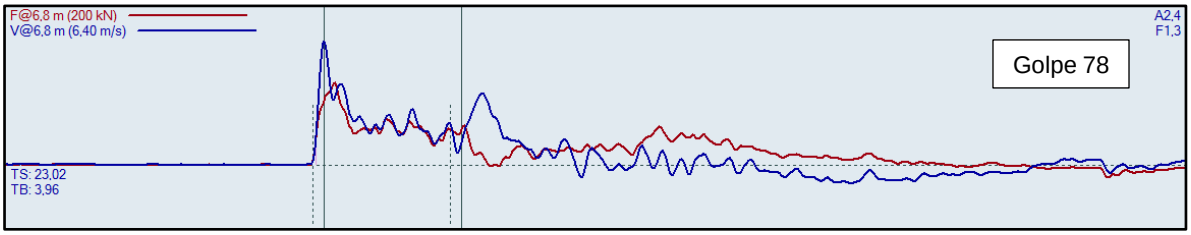

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 73
TS: 23,02
TB: 3,96

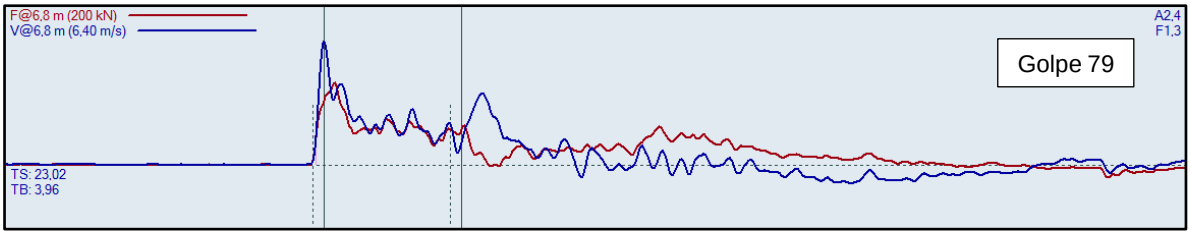

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 74
TS: 23,02
TB: 3,96

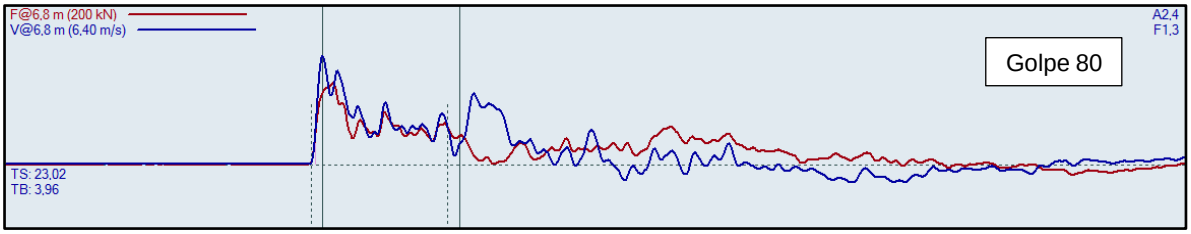

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 75
TS: 23,02
TB: 3,96

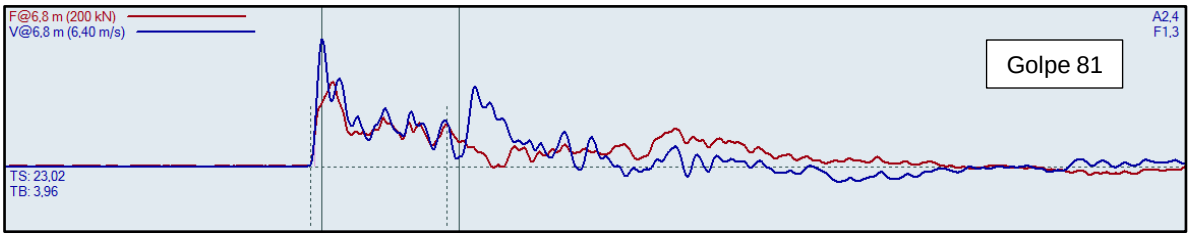

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 76
TS: 23,02
TB: 3,96


F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 77
TS: 23,02
TB: 3,96

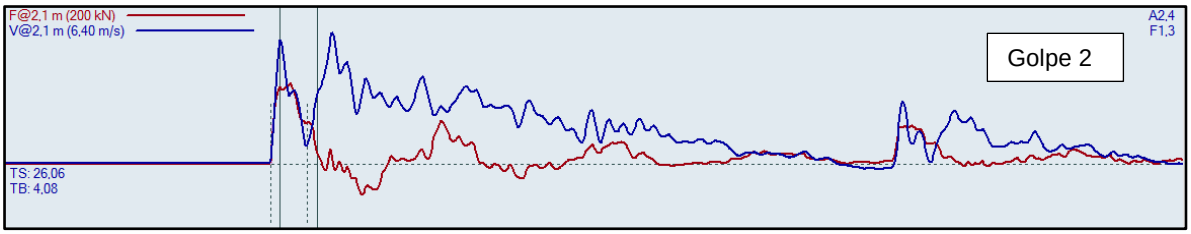

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 78
TS: 23,02
TB: 3,96

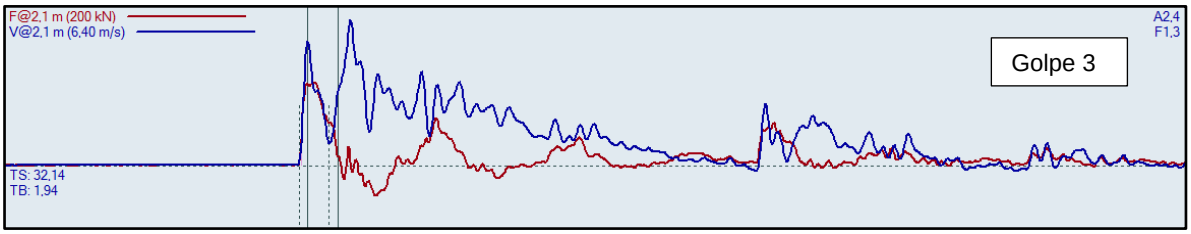

F@6,8 m (200 kN)
V@6,8 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 79
TS: 23,02
TB: 3,96

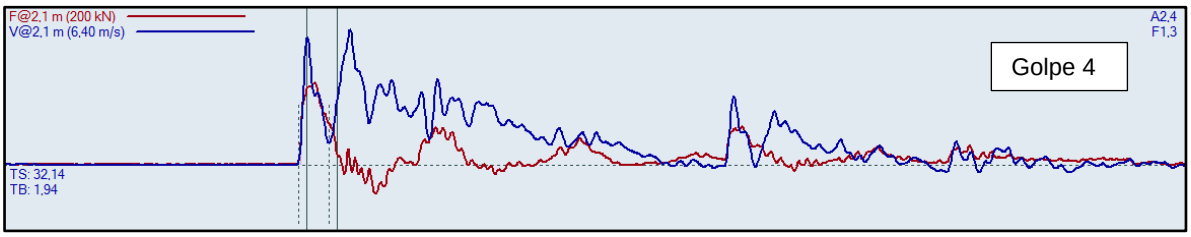


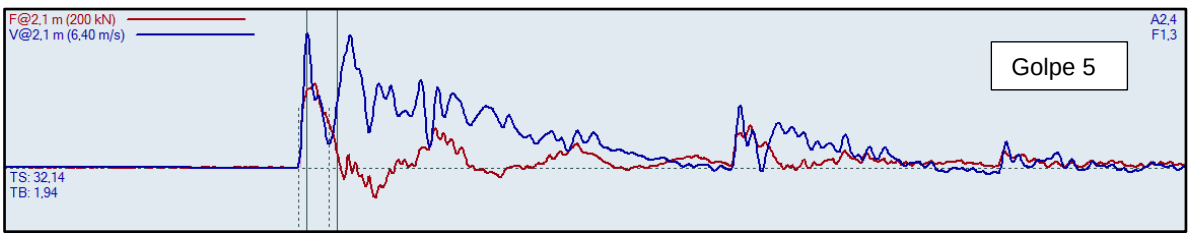


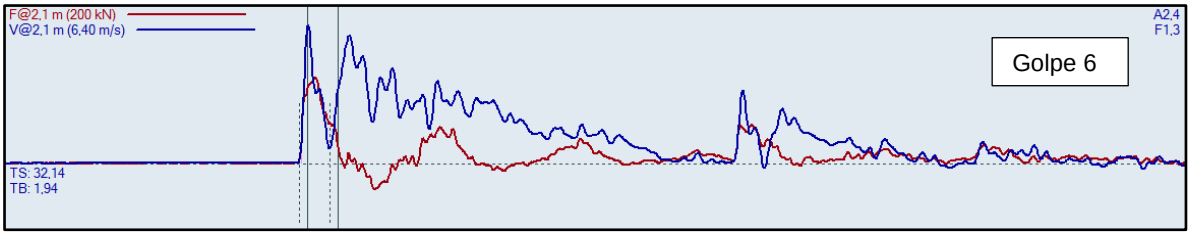
Sondeo 2 - Profundidad 1.00 – 1.45

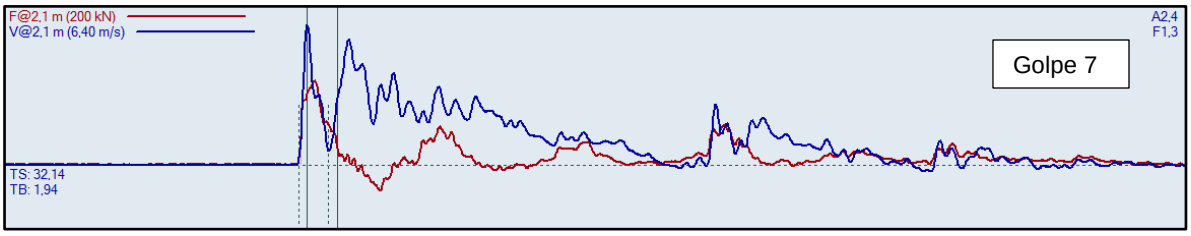


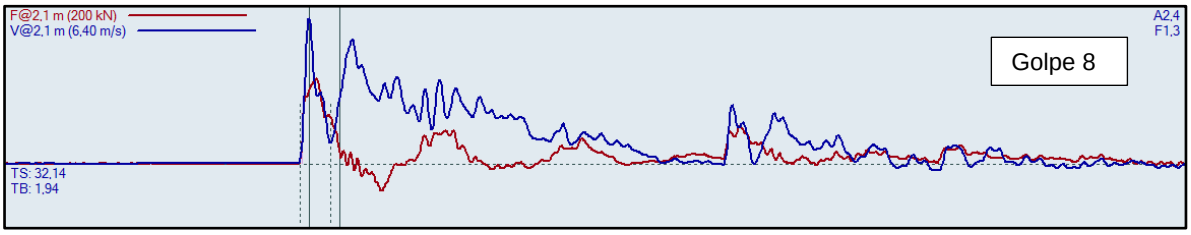


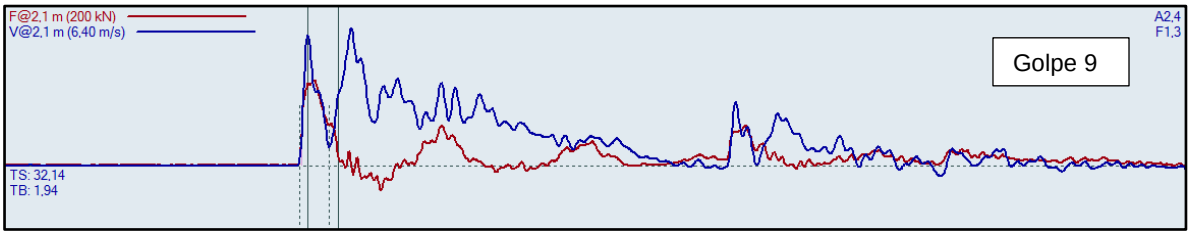


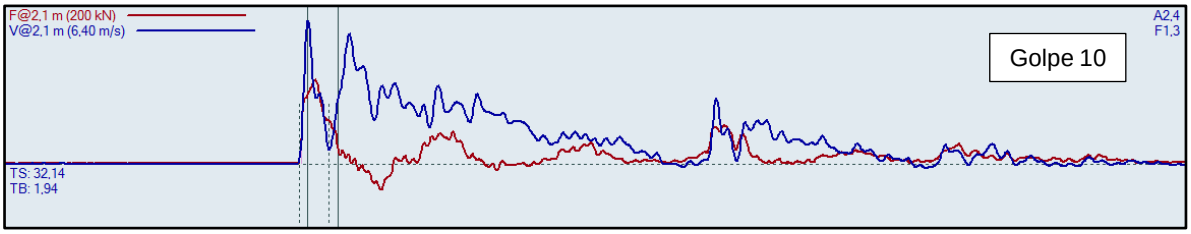


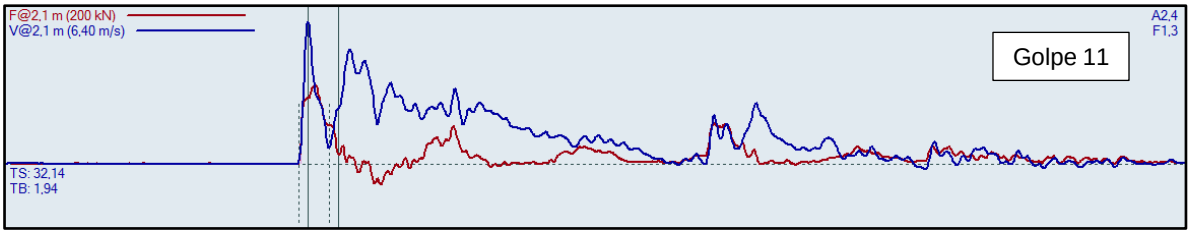

F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 6
TS: 32,14
TB: 1,94

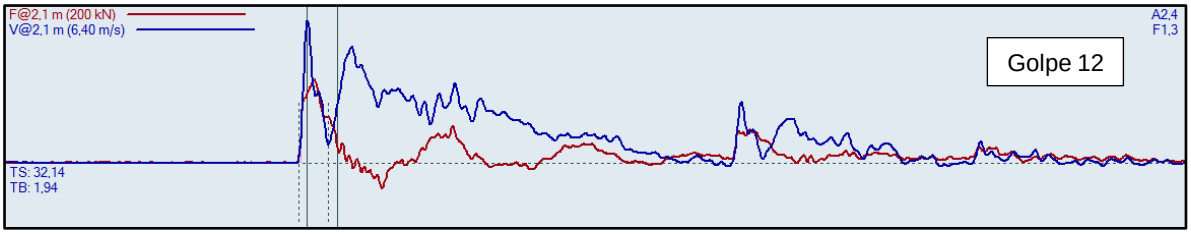

F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 7
TS: 32,14
TB: 1,94

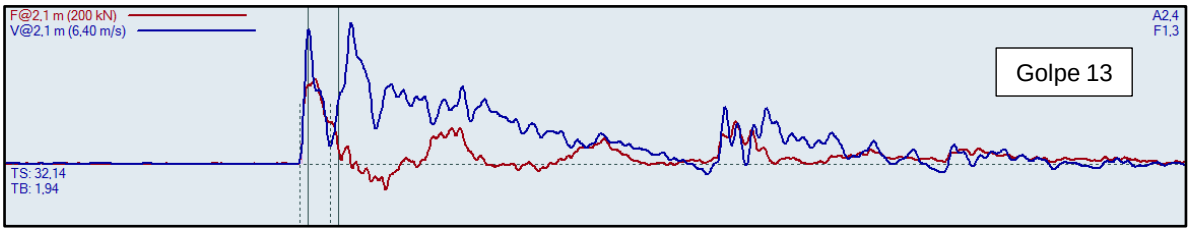

F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 8
TS: 32,14
TB: 1,94

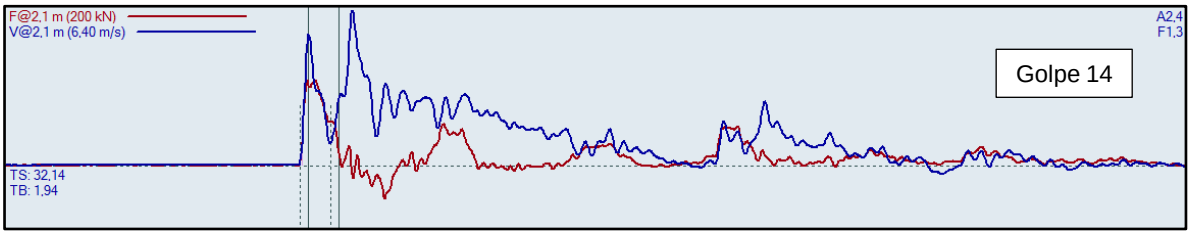

F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 9
TS: 32,14
TB: 1,94

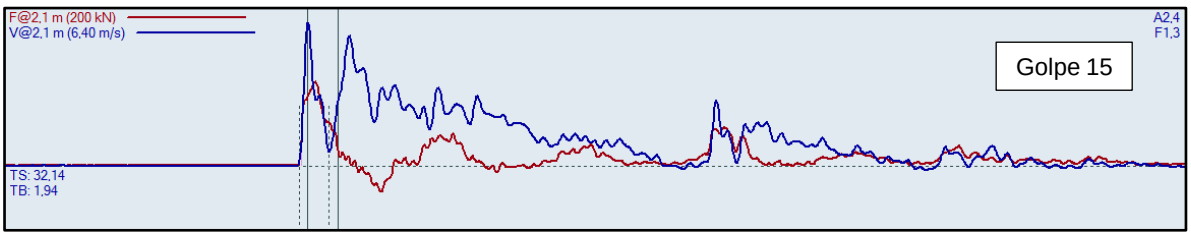

F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 10
TS: 32,14
TB: 1,94

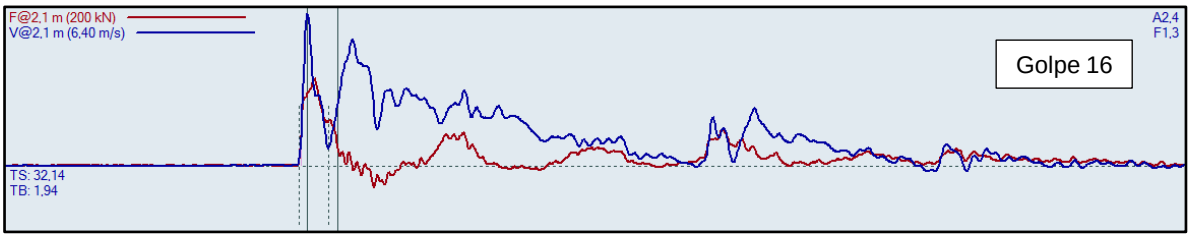

F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 11
TS: 32,14
TB: 1,94

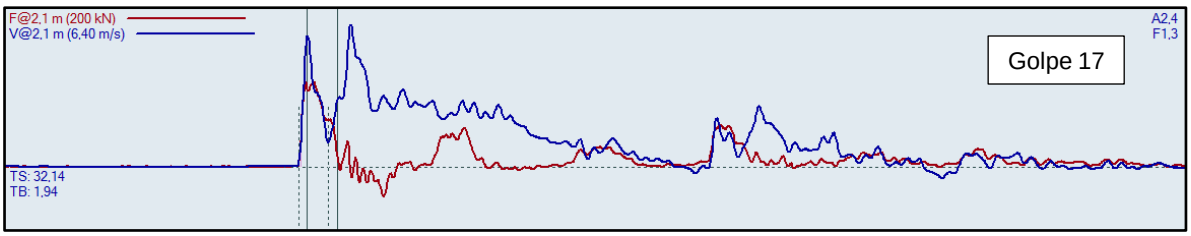

F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 12
TS: 32,14
TB: 1,94

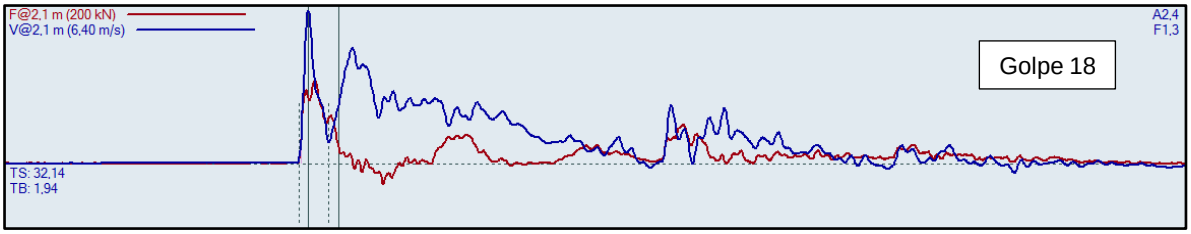

F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 13
TS: 32,14
TB: 1,94

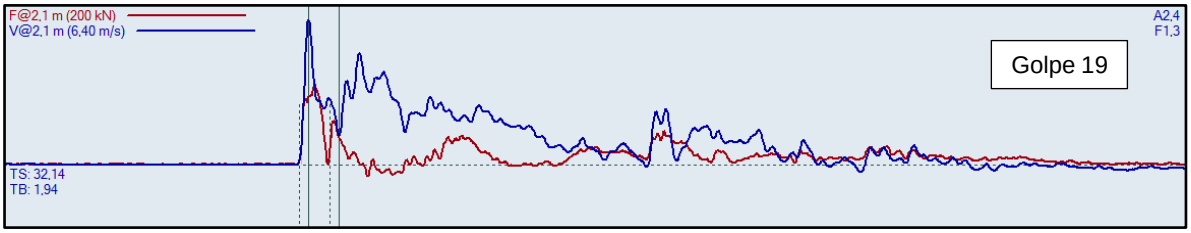

F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 14
TS: 32,14
TB: 1,94

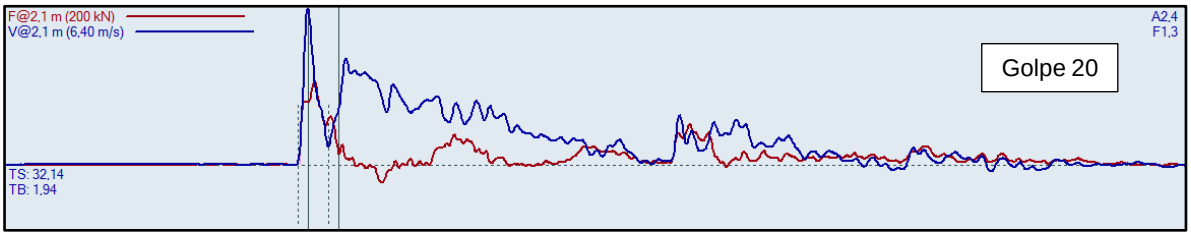

F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 15
TS: 32,14
TB: 1,94

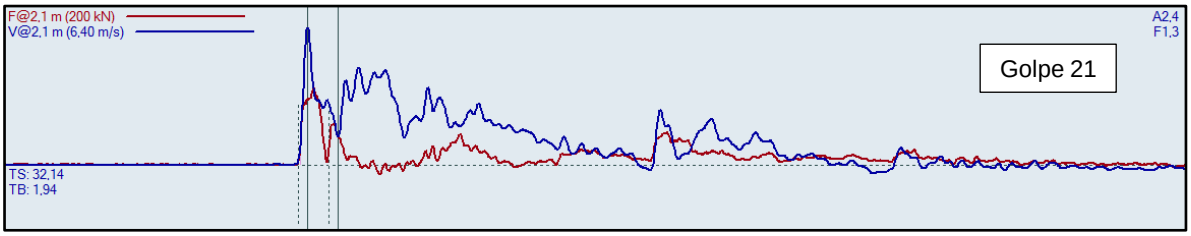

F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 16
TS: 32,14
TB: 1,94

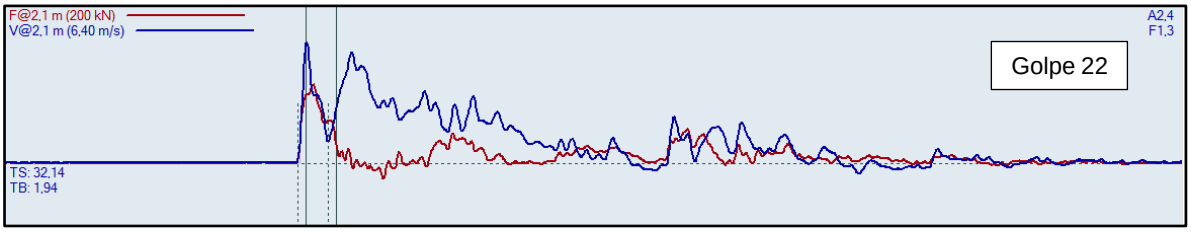

F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 17
TS: 32,14
TB: 1,94

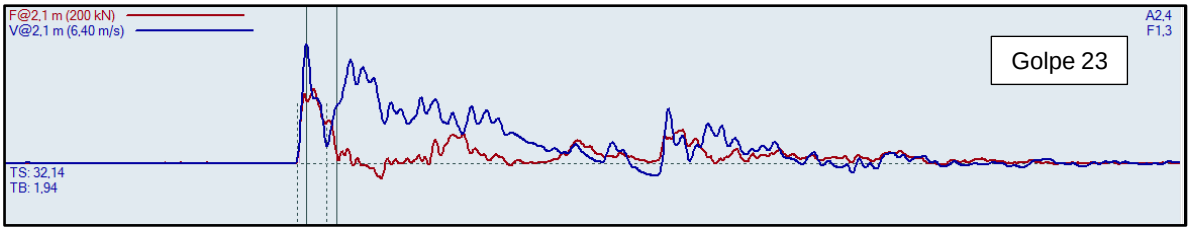

F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 18
TS: 32,14
TB: 1,94

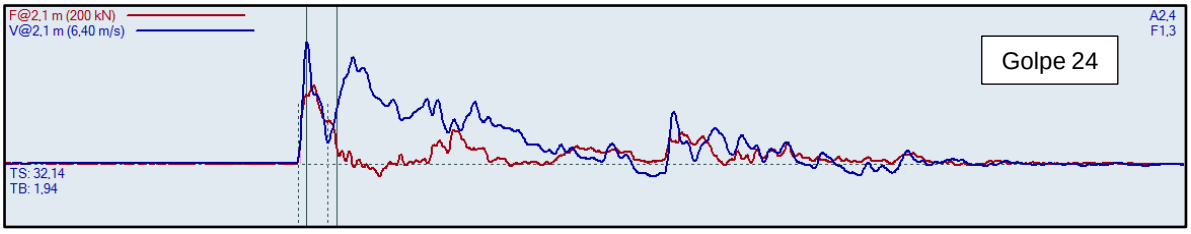

F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 19
TS: 32,14
TB: 1,94


F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 20
TS: 32,14
TB: 1,94

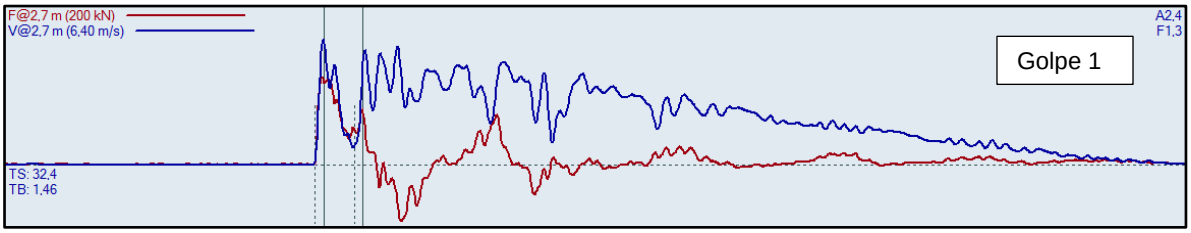

F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 21
TS: 32,14
TB: 1,94

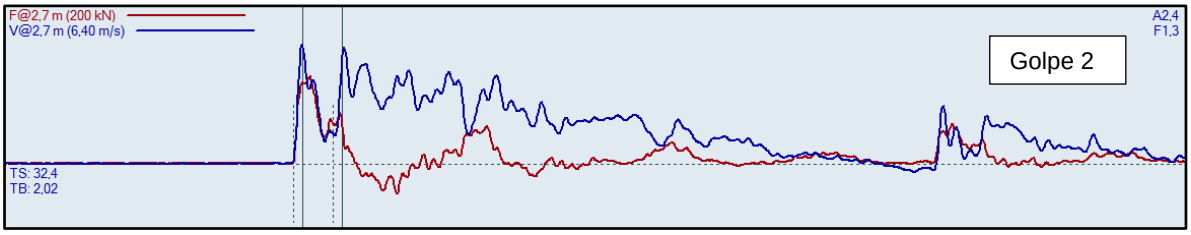

F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 22
TS: 32,14
TB: 1,94

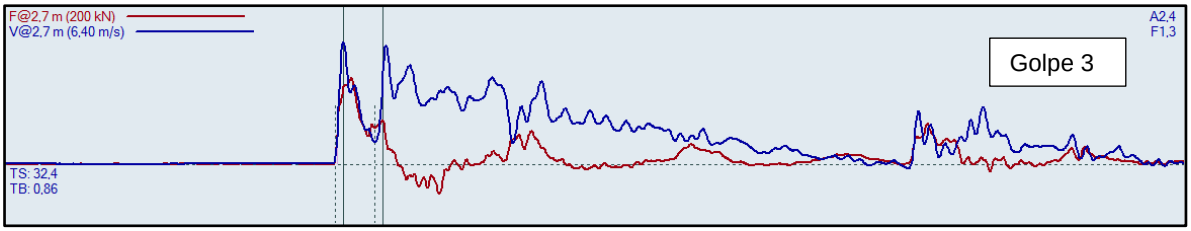

F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 23
TS: 32,14
TB: 1,94

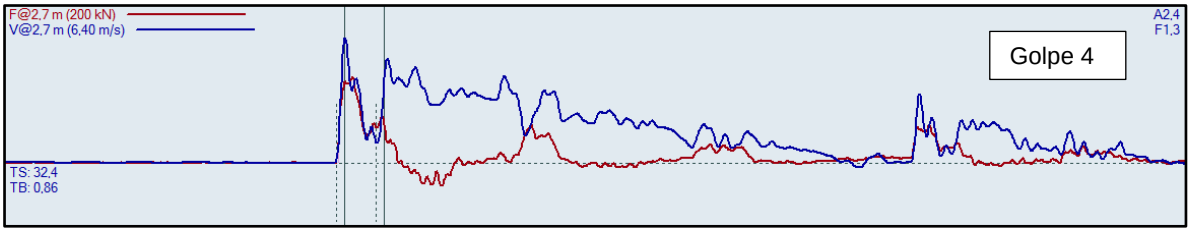

F@2,1 m (200 kN)
V@2,1 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 24
TS: 32,14
TB: 1,94

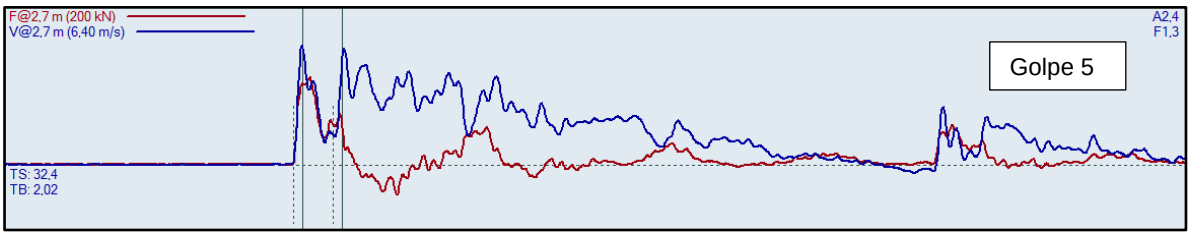
Sondeo 2 - Profundidad 1.50 – 1.95

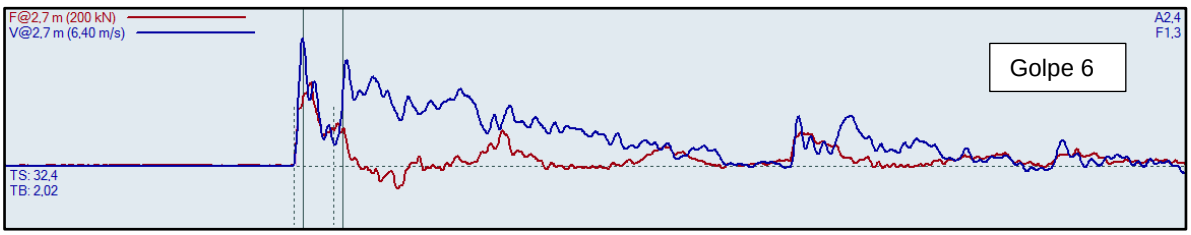


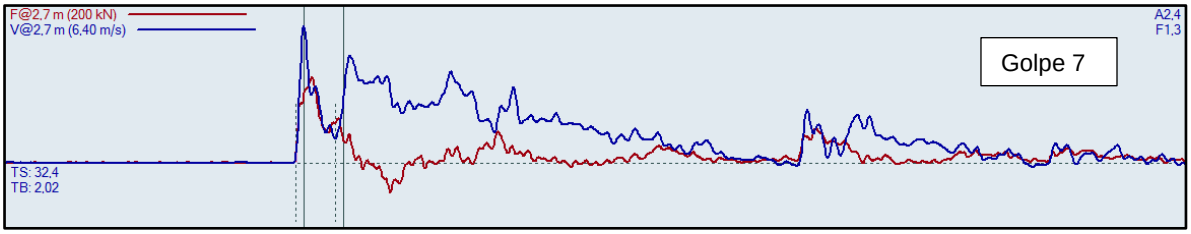


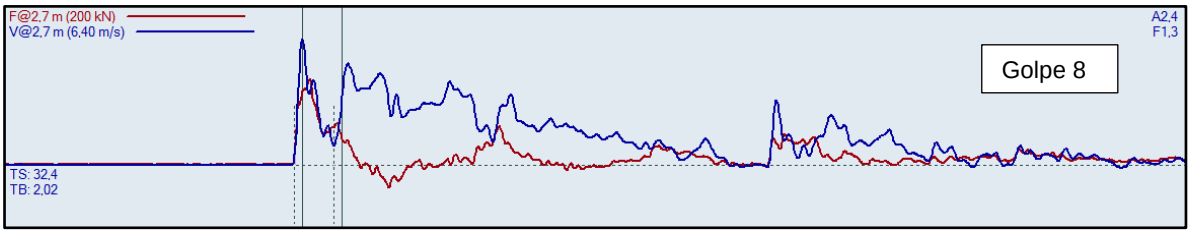


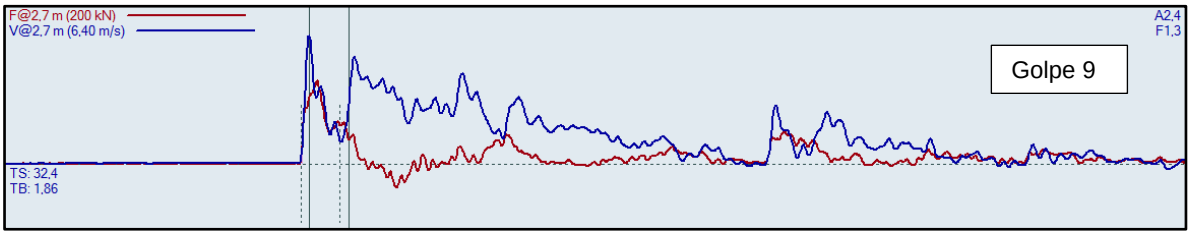


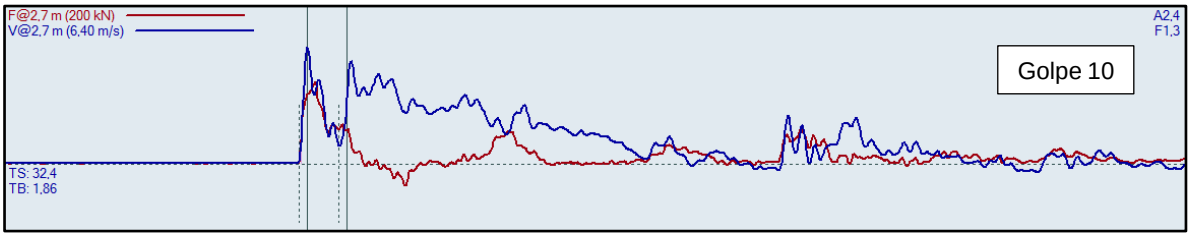


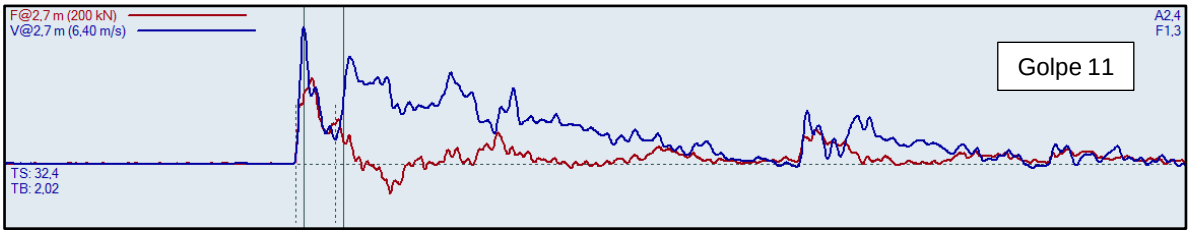


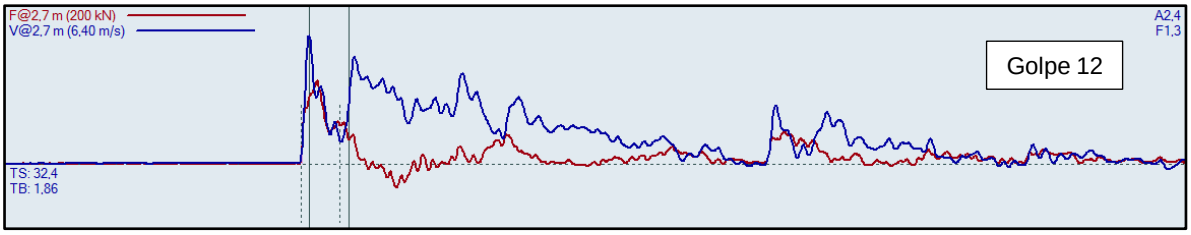

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 7
TS: 32,4
TB: 2,02

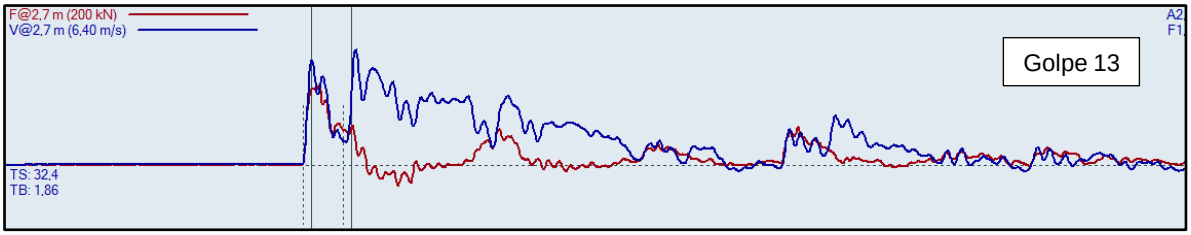

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 8
TS: 32,4
TB: 2,02

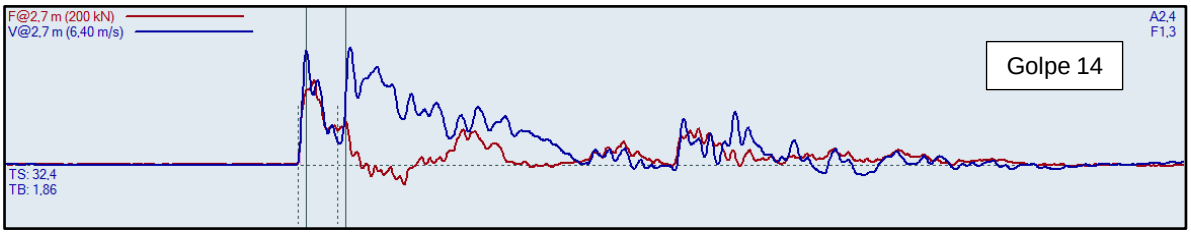

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 9
TS: 32,4
TB: 1,86

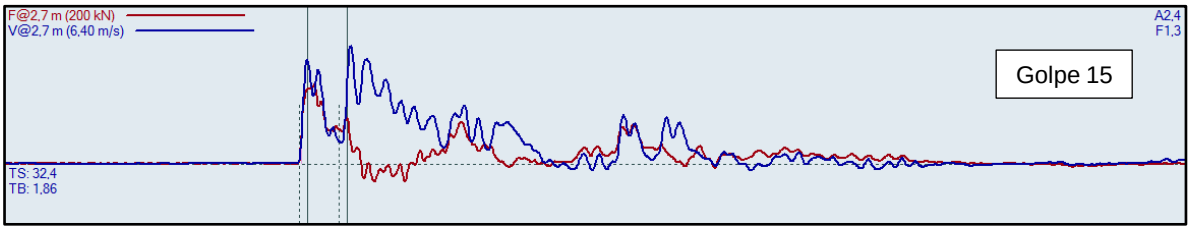

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 10
TS: 32,4
TB: 1,86

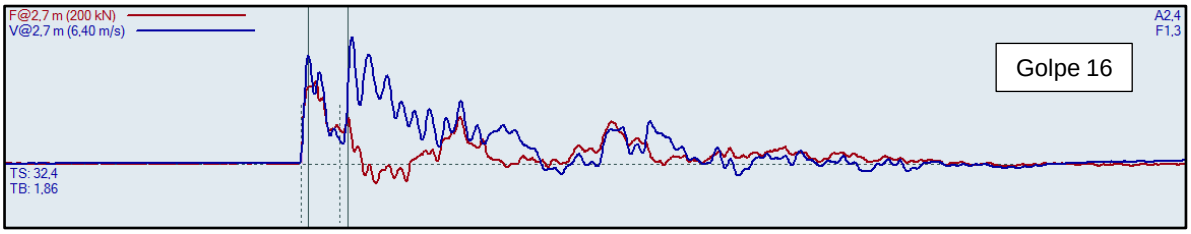

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 11
TS: 32,4
TB: 2,02

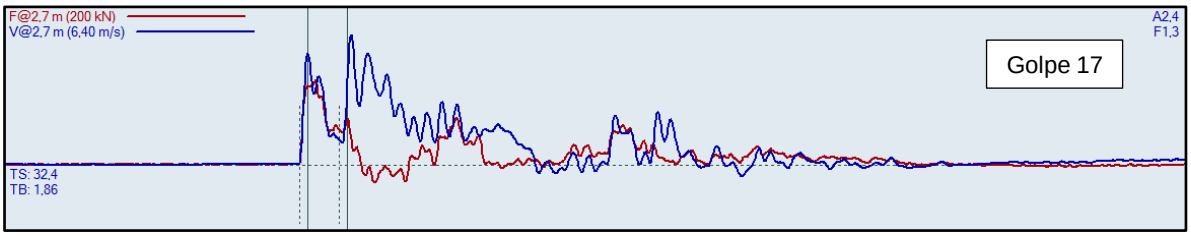

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 12
TS: 32,4
TB: 1,86

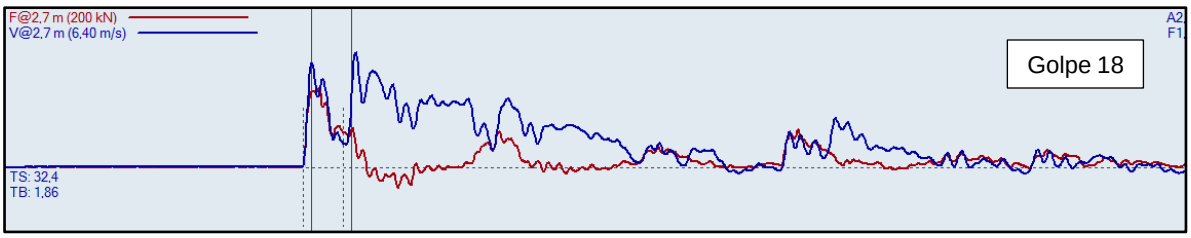

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2
F1
Golpe 13
TS: 32,4
TB: 1,86

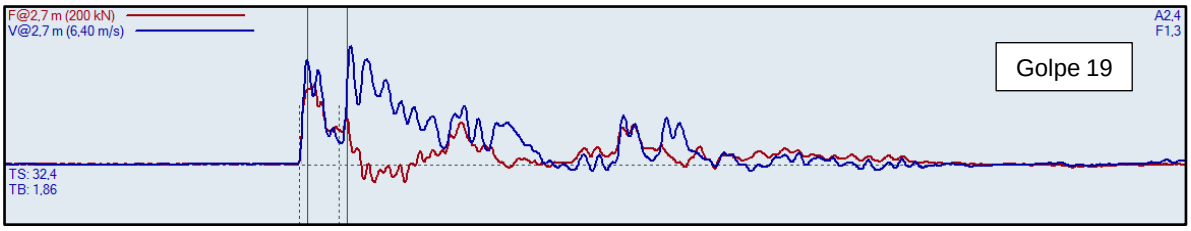

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 14
TS: 32,4
TB: 1,86

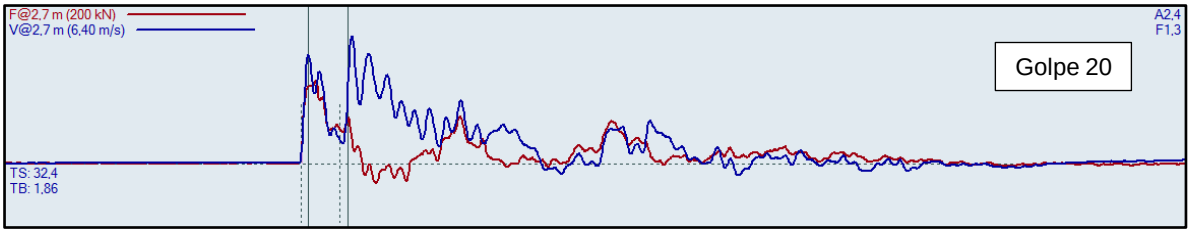

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 15
TS: 32,4
TB: 1,86

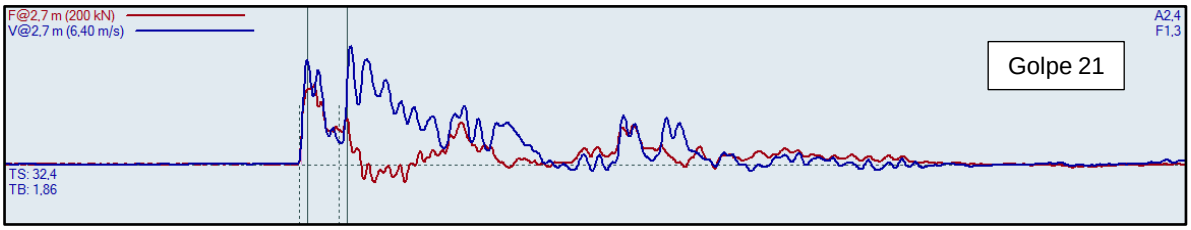

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 16
TS: 32,4
TB: 1,86

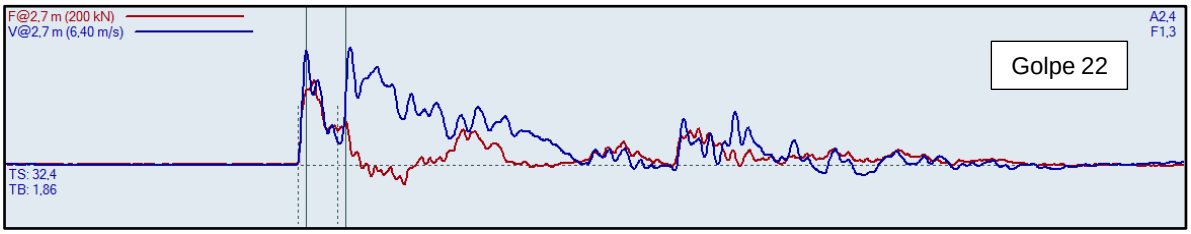

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 17
TS: 32,4
TB: 1,86

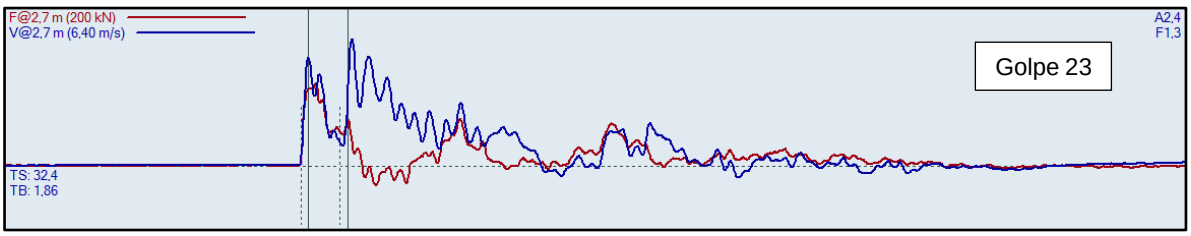

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2
F1
Golpe 18
TS: 32,4
TB: 1,86


F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 19
TS: 32,4
TB: 1,86

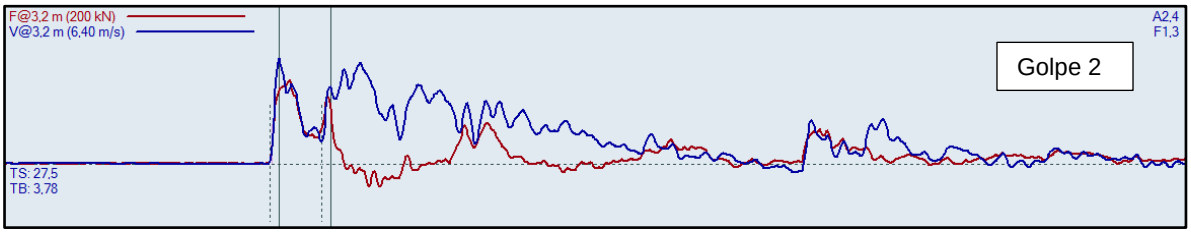


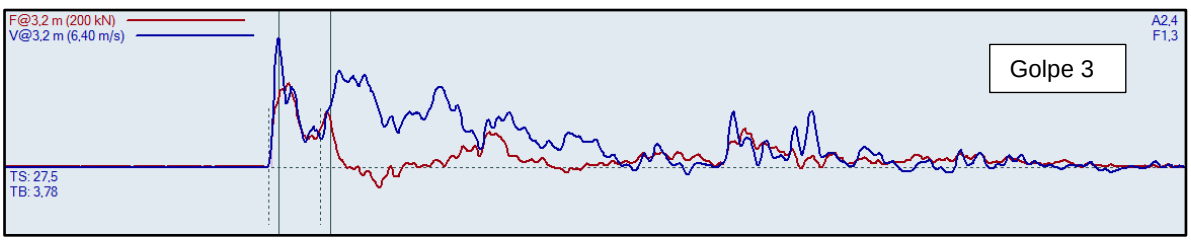


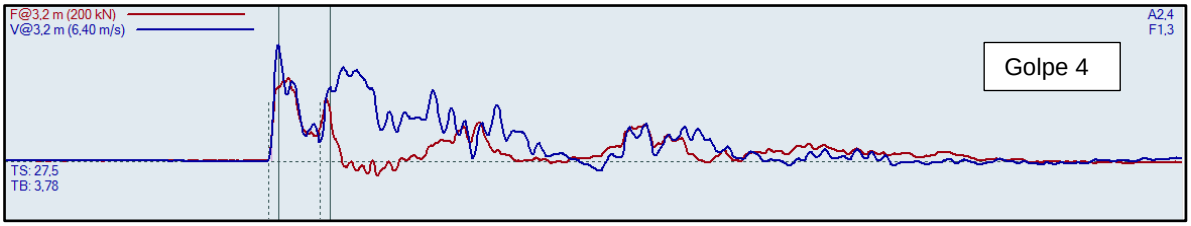


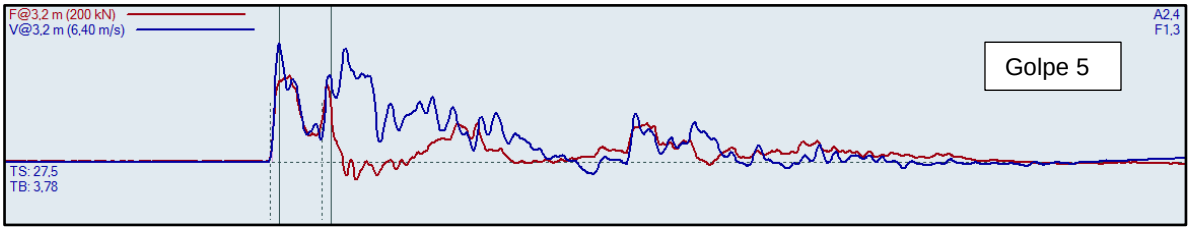


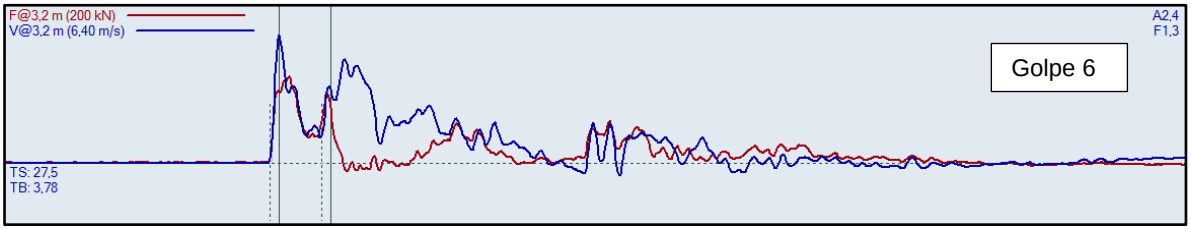
Sondeo 2 - Profundidad 2.00 – 2.45

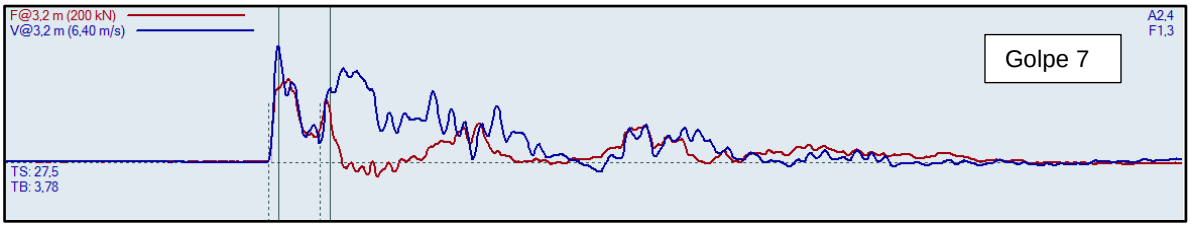


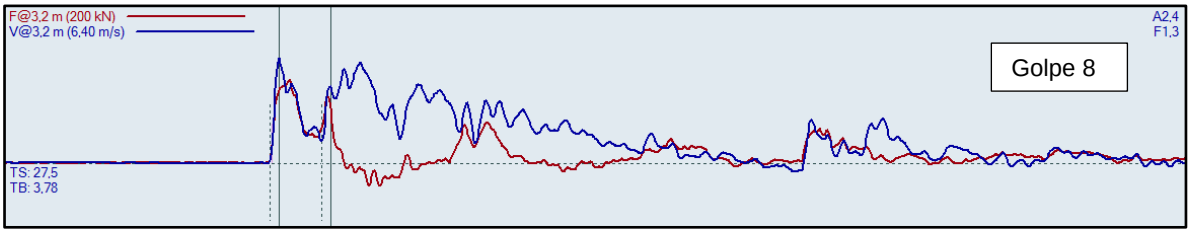


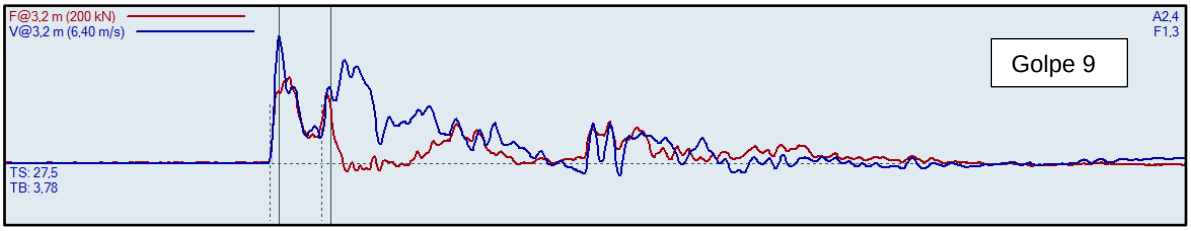

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 4
TS: 27,5
TB: 3,78

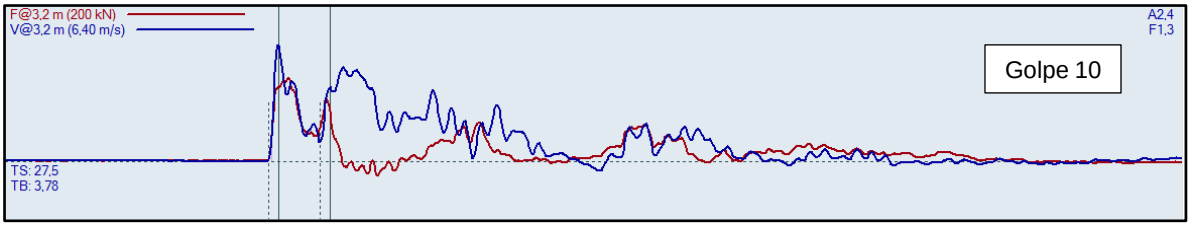

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 5
TS: 27,5
TB: 3,78

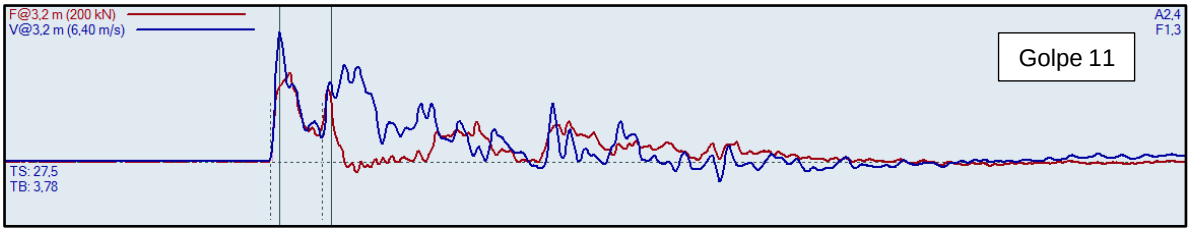

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 6
TS: 27,5
TB: 3,78

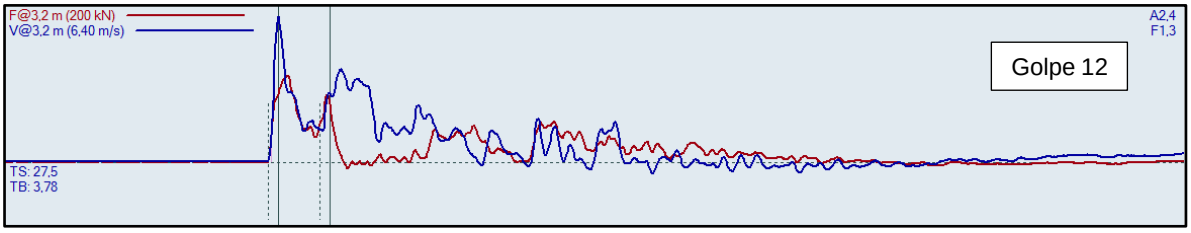

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 7
TS: 27,5
TB: 3,78

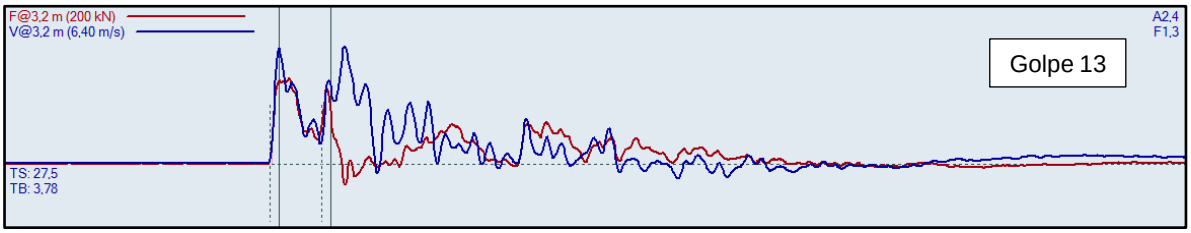

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 8
TS: 27,5
TB: 3,78

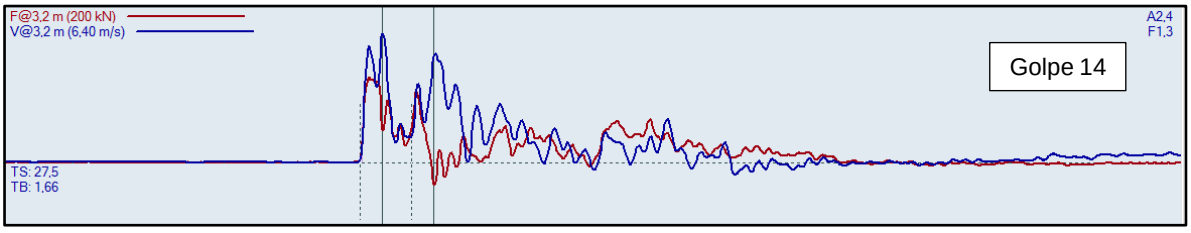

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 9
TS: 27,5
TB: 3,78

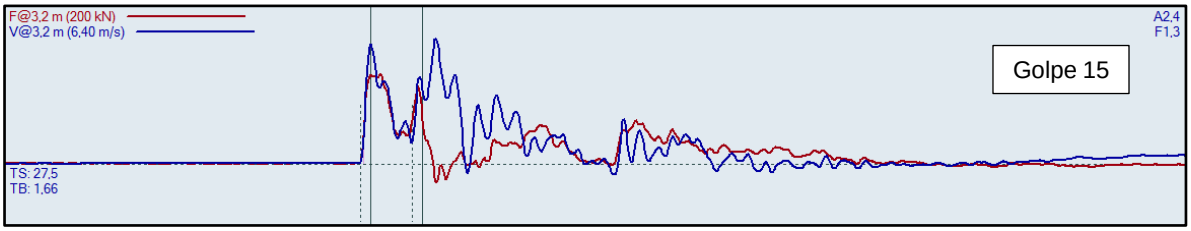

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 10
TS: 27,5
TB: 3,78

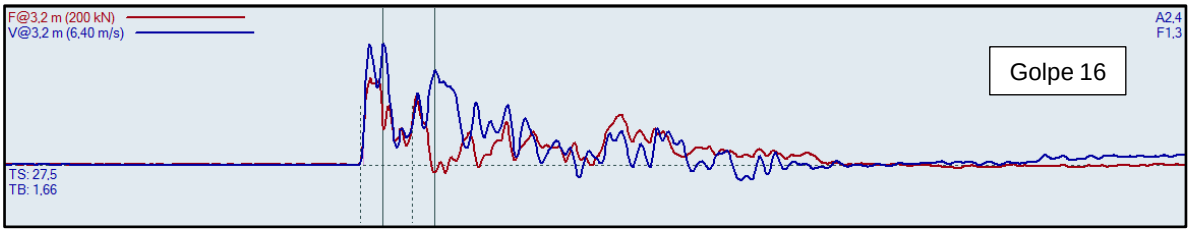

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 11
TS: 27,5
TB: 3,78

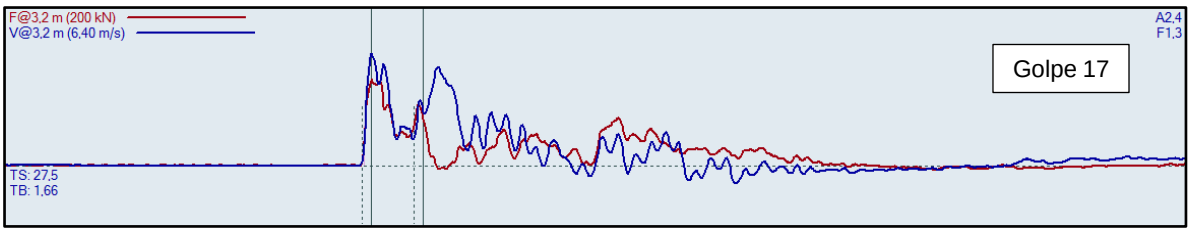

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 12
TS: 27,5
TB: 3,78

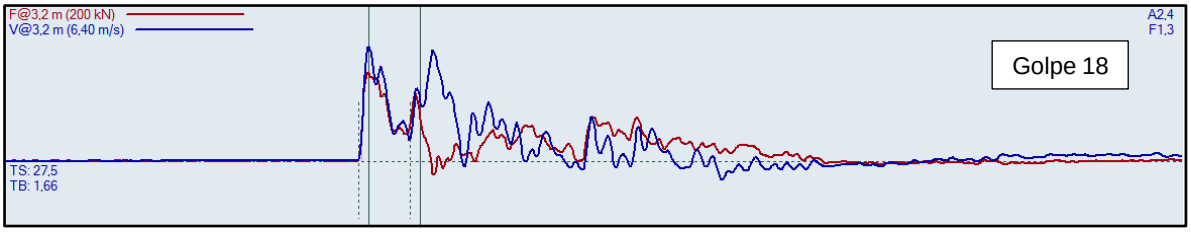

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 13
TS: 27,5
TB: 3,78

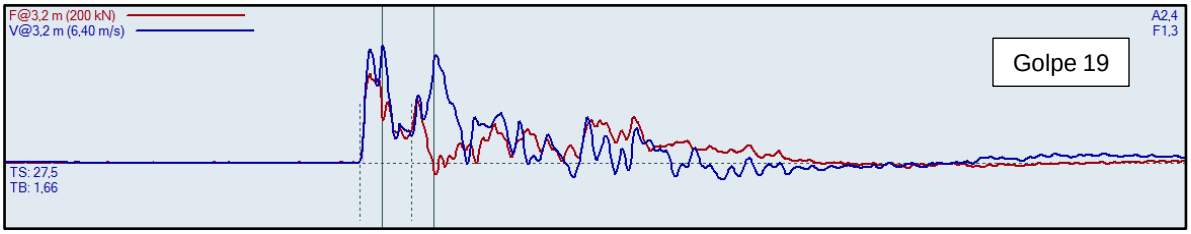

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 14
TS: 27,5
TB: 1,66

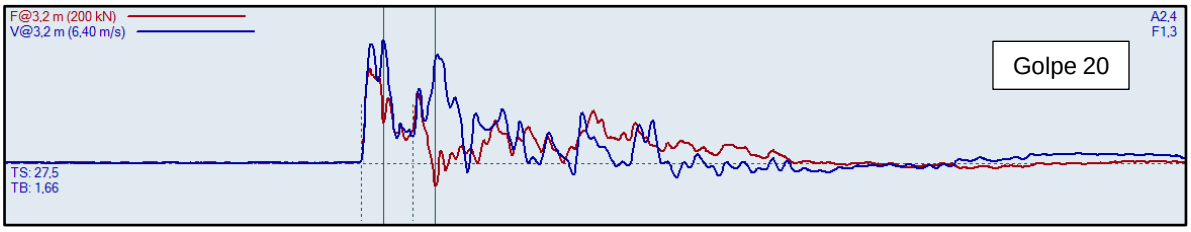

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 15
TS: 27,5
TB: 1,66

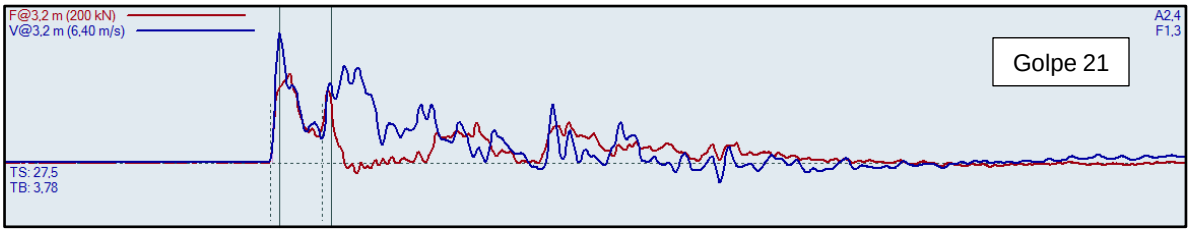

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 16
TS: 27,5
TB: 1,66

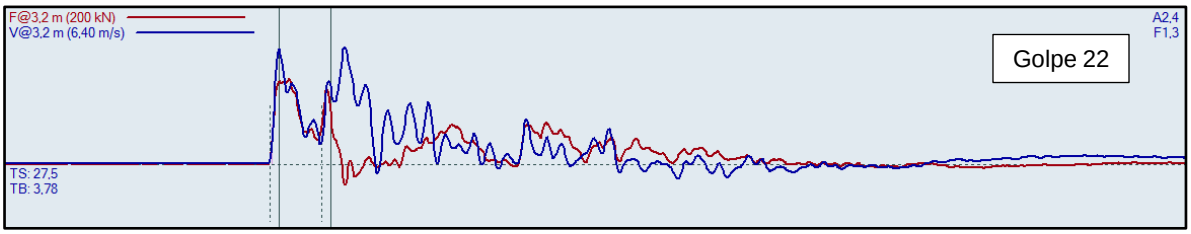

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 17
TS: 27,5
TB: 1,66

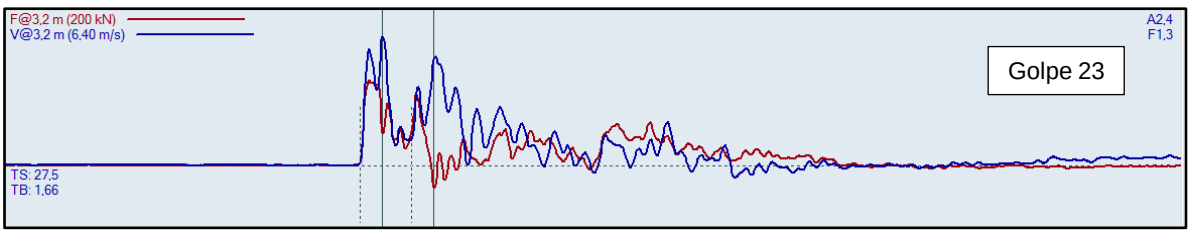

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 18
TS: 27,5
TB: 1,66

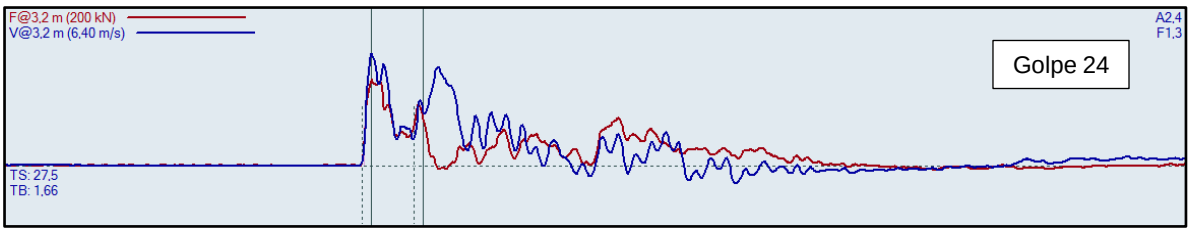

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 19
TS: 27,5
TB: 1,66

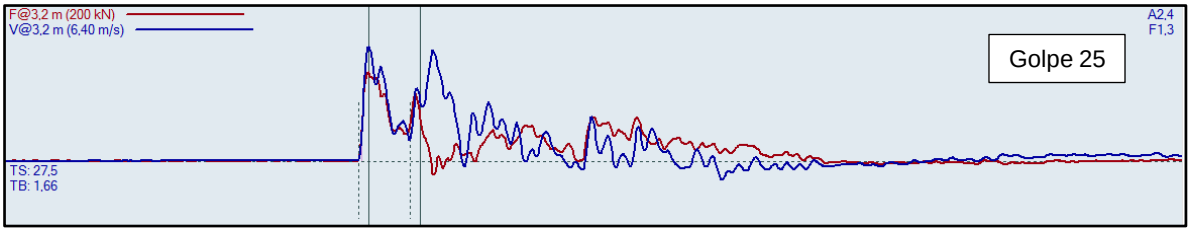

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 20
TS: 27,5
TB: 1,66

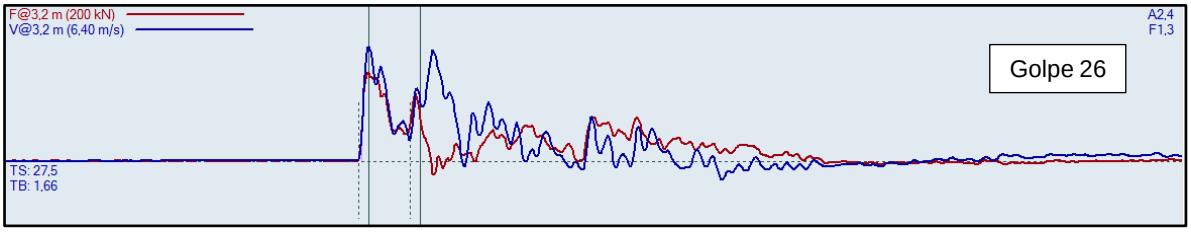

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 21
TS: 27,5
TB: 3,78

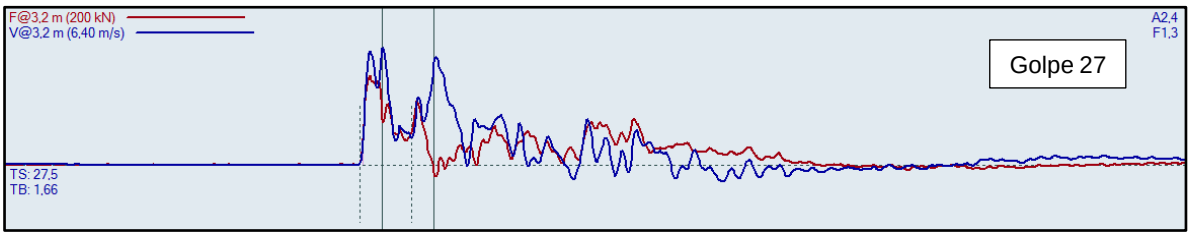

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 22
TS: 27,5
TB: 3,78

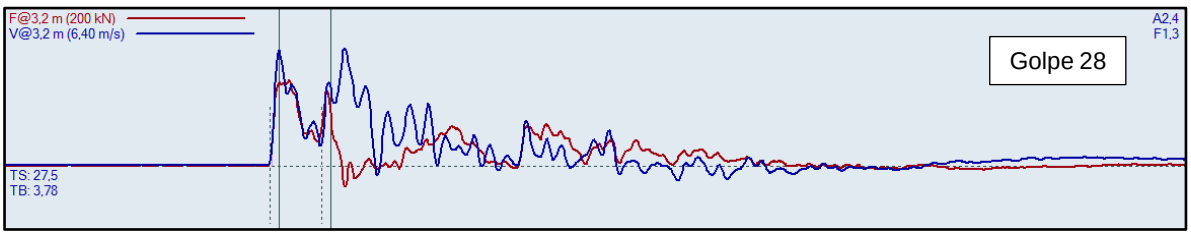

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 23
TS: 27,5
TB: 1,66

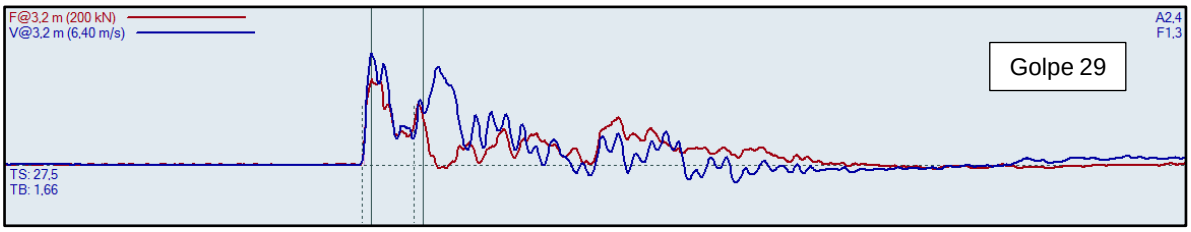

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 24
TS: 27,5
TB: 1,66

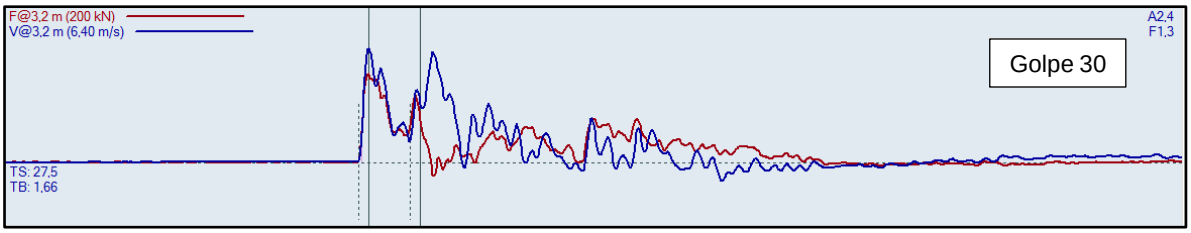

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 25
TS: 27,5
TB: 1,66

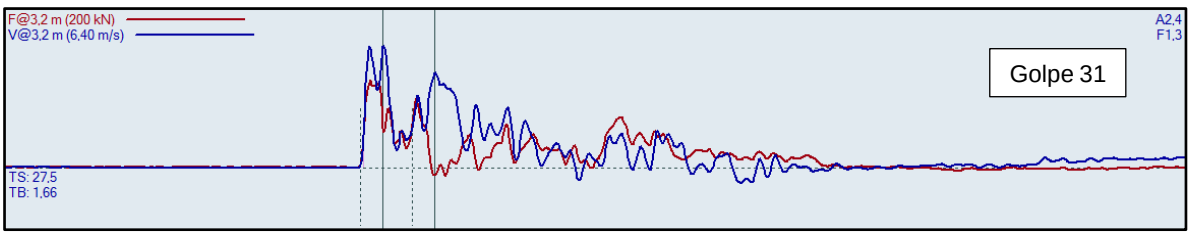

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 26
TS: 27,5
TB: 1,66

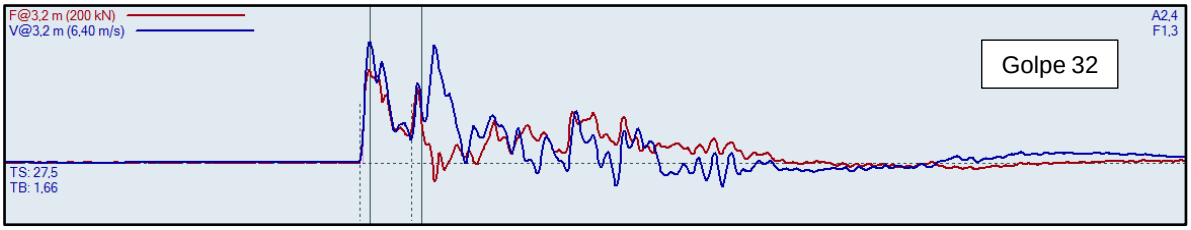

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 27
TS: 27,5
TB: 1,66

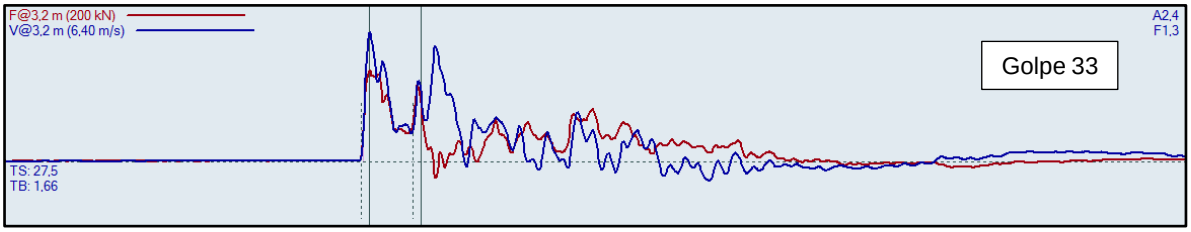

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 28
TS: 27,5
TB: 3,78

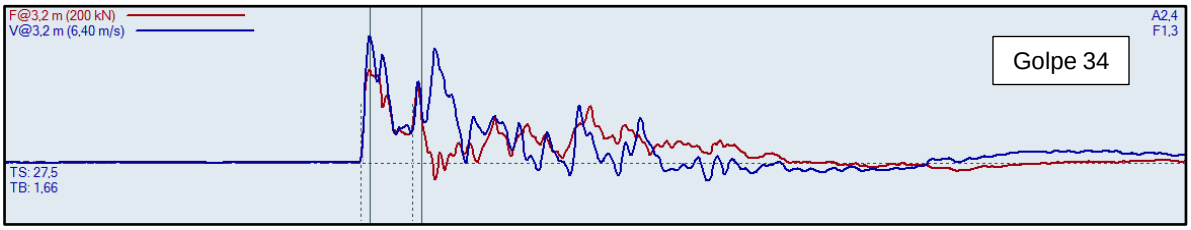

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 29
TS: 27,5
TB: 1,66

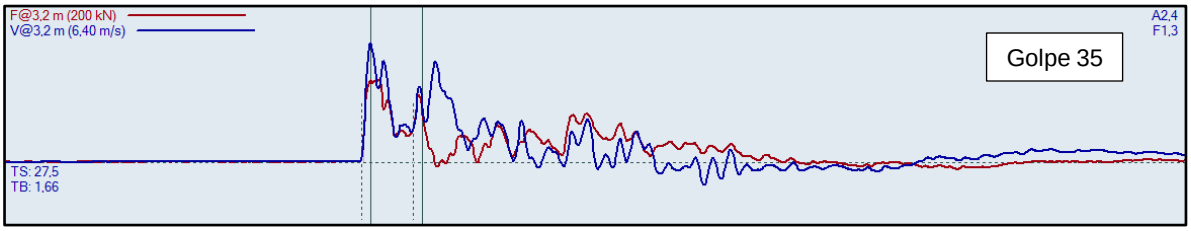

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 30
TS: 27,5
TB: 1,66

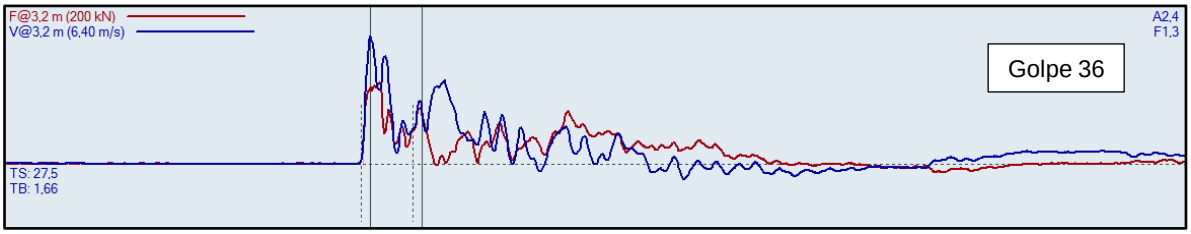

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 31
TS: 27,5
TB: 1,66

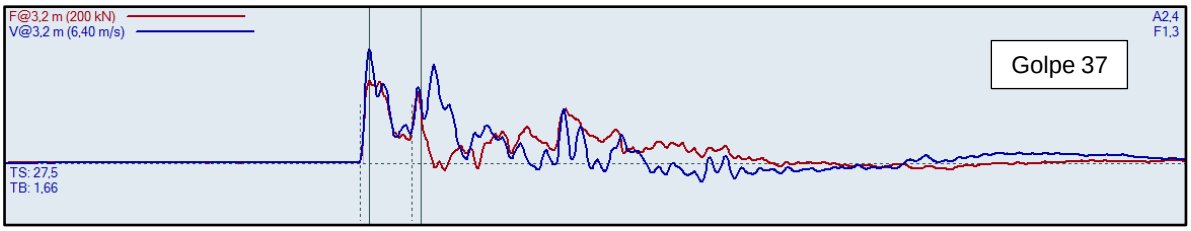

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 32
TS: 27,5
TB: 1,66

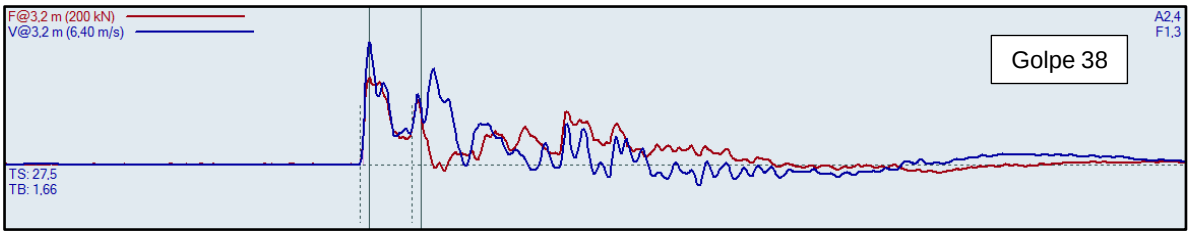

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 33
TS: 27,5
TB: 1,66

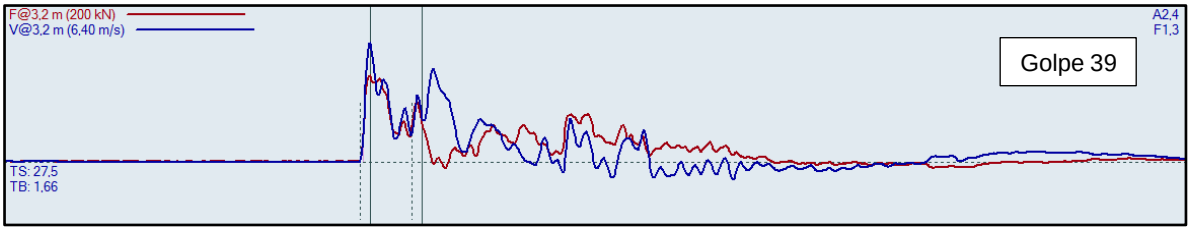

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 34
TS: 27,5
TB: 1,66

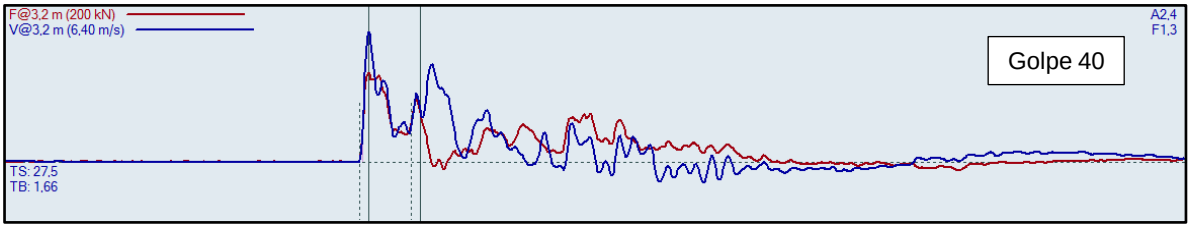

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 35
TS: 27,5
TB: 1,66

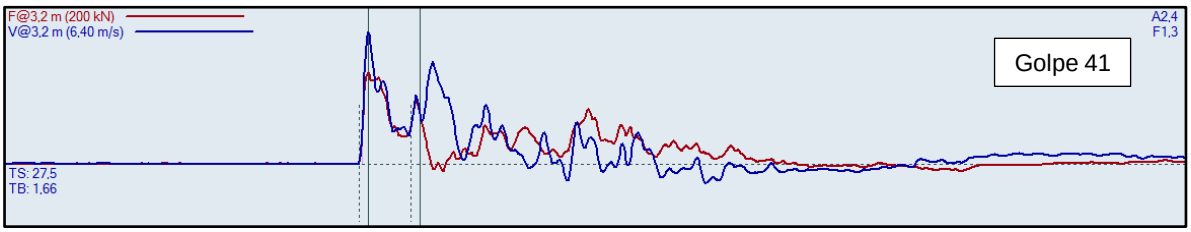

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 36
TS: 27,5
TB: 1,66

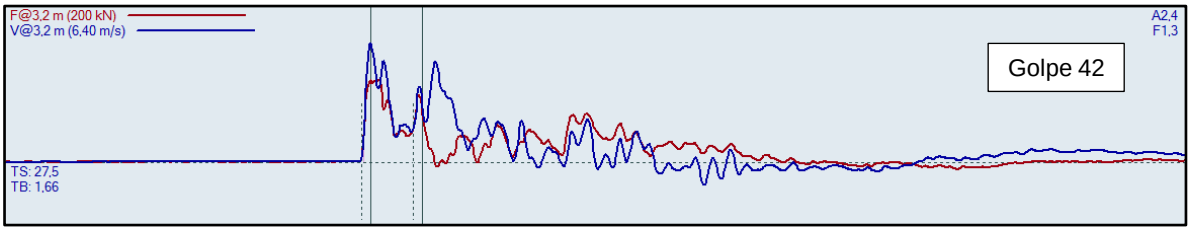

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 37
TS: 27,5
TB: 1,66

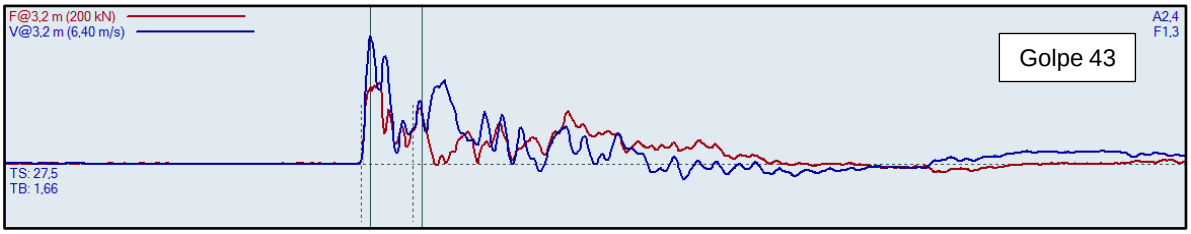

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 38
TS: 27,5
TB: 1,66

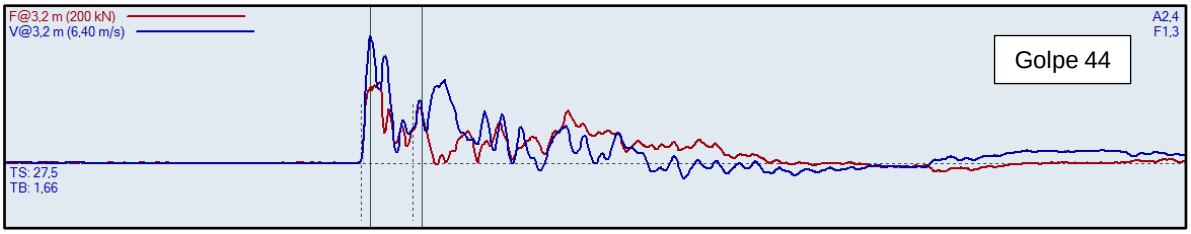

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 39
TS: 27,5
TB: 1,66

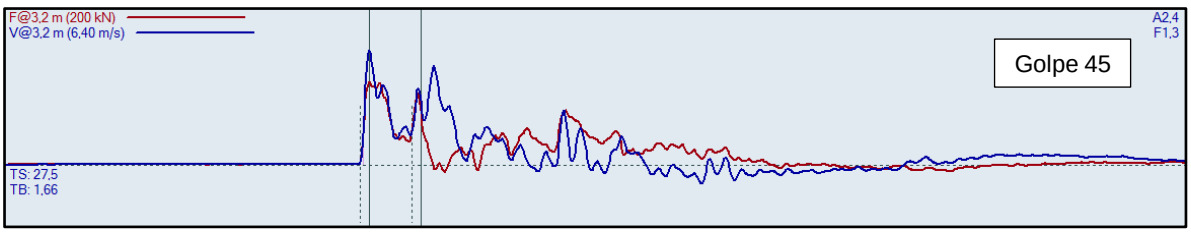

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 40
TS: 27,5
TB: 1,66

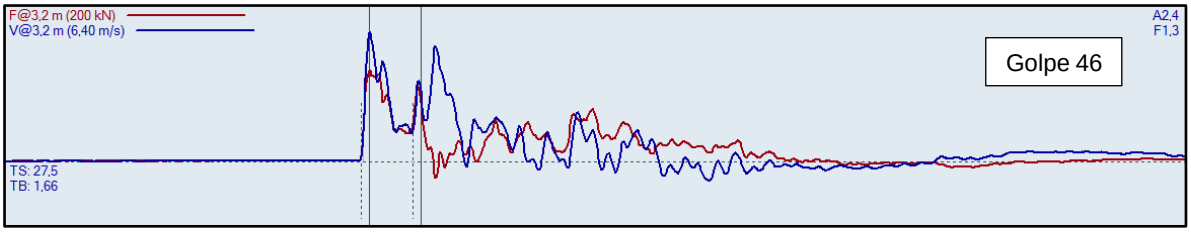

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 41
TS: 27,5
TB: 1,66

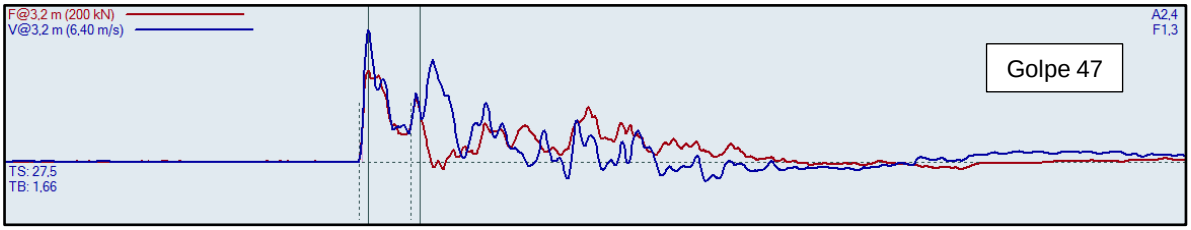

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 42
TS: 27,5
TB: 1,66

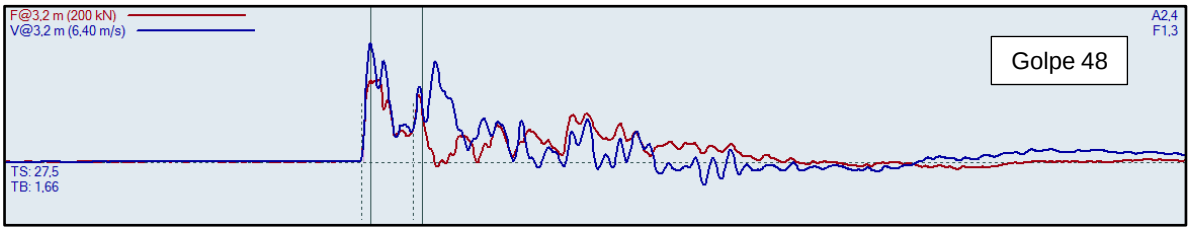

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 43
TS: 27,5
TB: 1,66

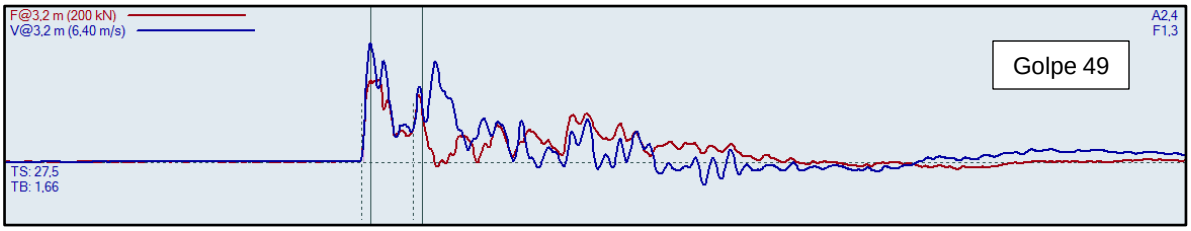

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 44
TS: 27,5
TB: 1,66

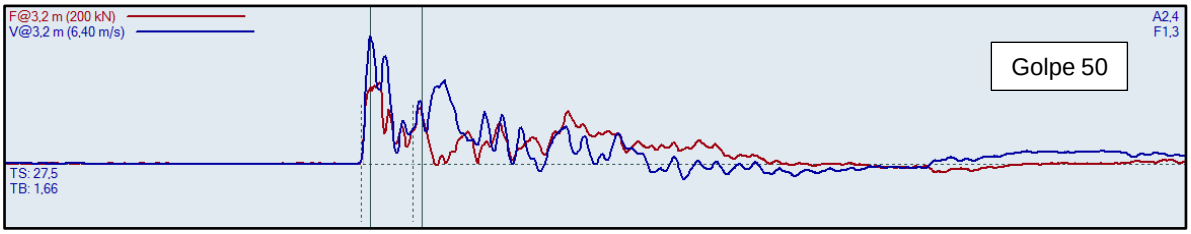

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 45
TS: 27,5
TB: 1,66

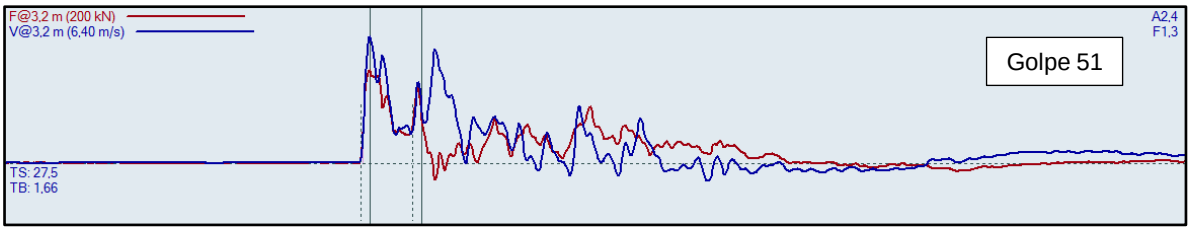

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 46
TS: 27,5
TB: 1,66

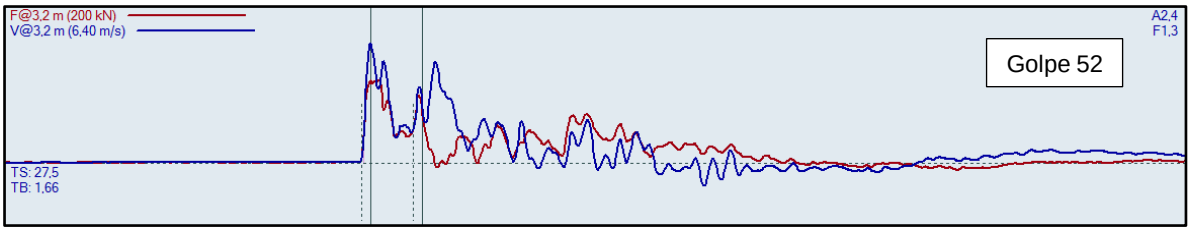

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 47
TS: 27,5
TB: 1,66

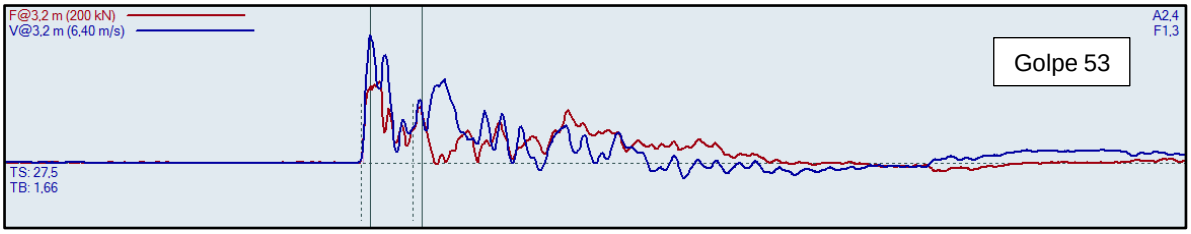

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 48
TS: 27,5
TB: 1,66

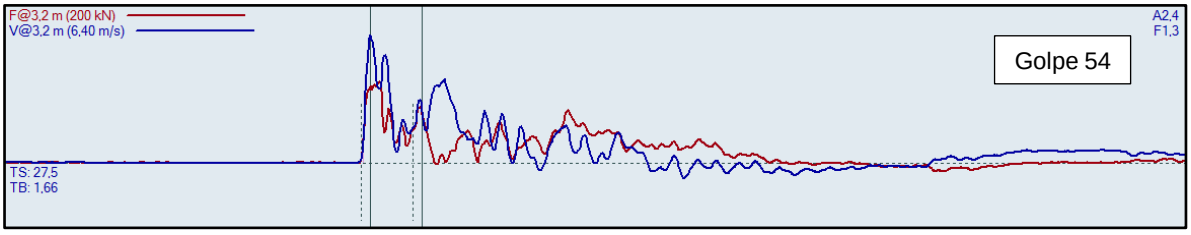

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 49
TS: 27,5
TB: 1,66

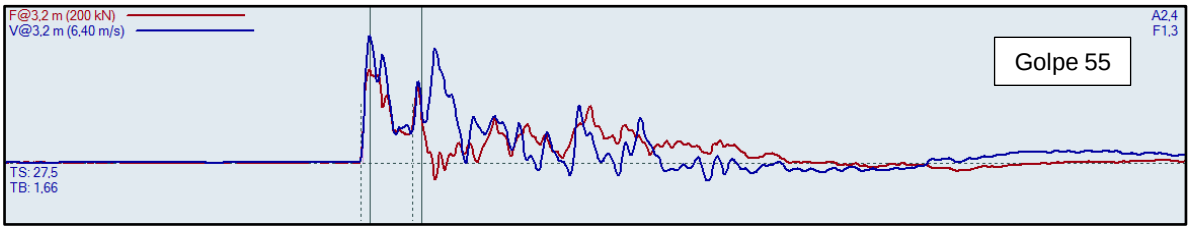

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 50
TS: 27,5
TB: 1,66

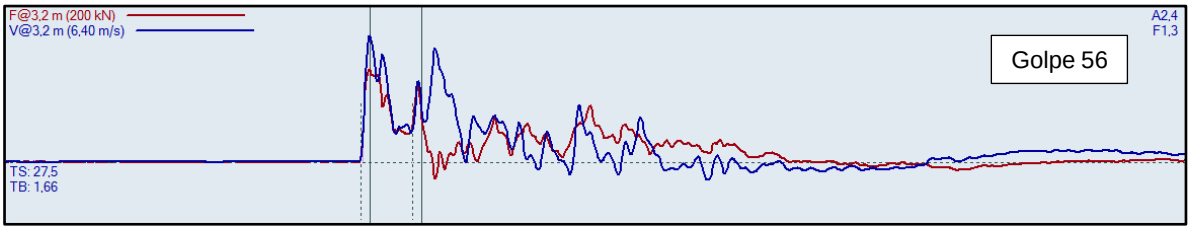

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 51
TS: 27,5
TB: 1,66

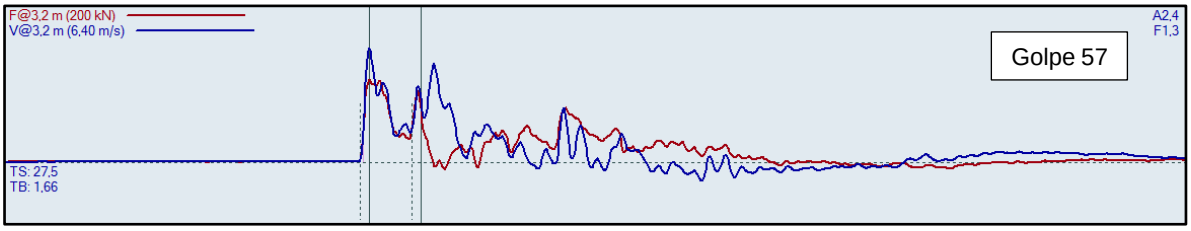

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 52
TS: 27,5
TB: 1,66

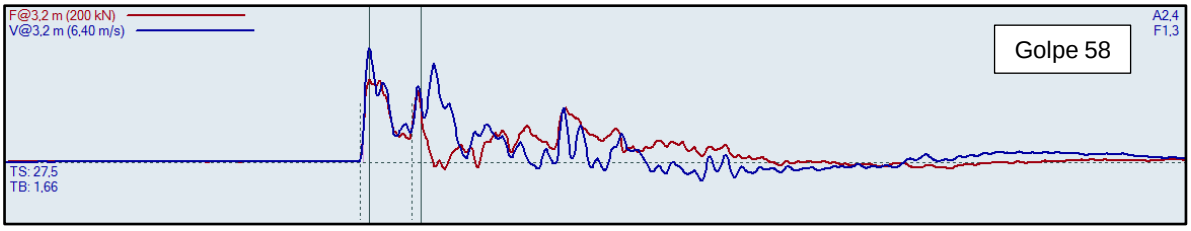

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 53
TS: 27,5
TB: 1,66


F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 54
TS: 27,5
TB: 1,66

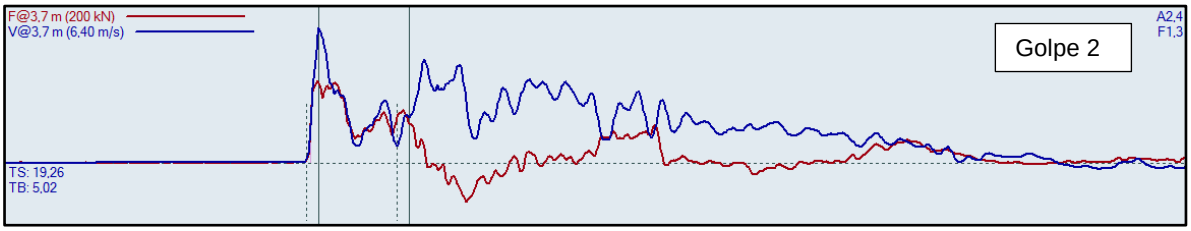

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 55
TS: 27,5
TB: 1,66

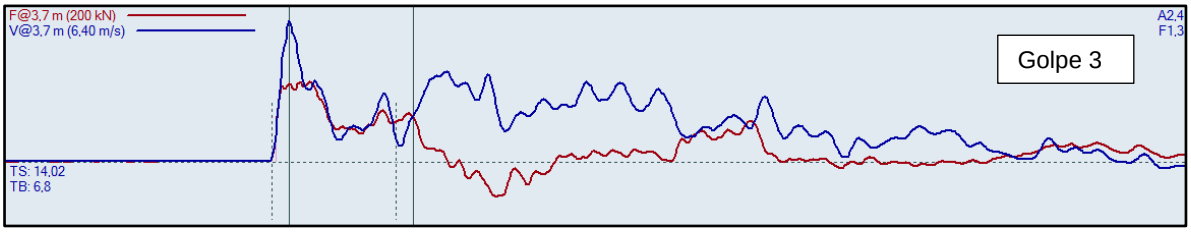

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 56
TS: 27,5
TB: 1,66

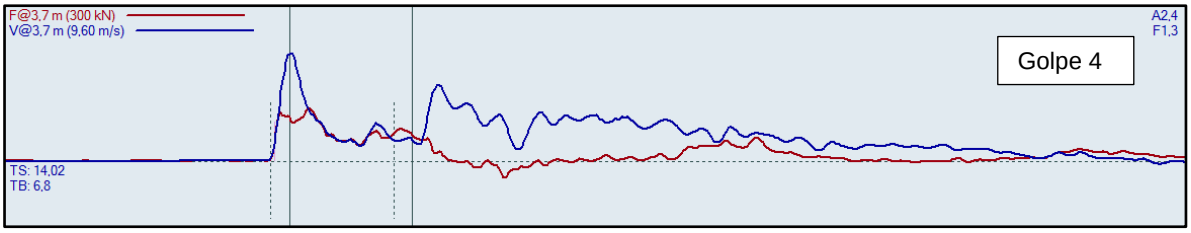

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 57
TS: 27,5
TB: 1,66

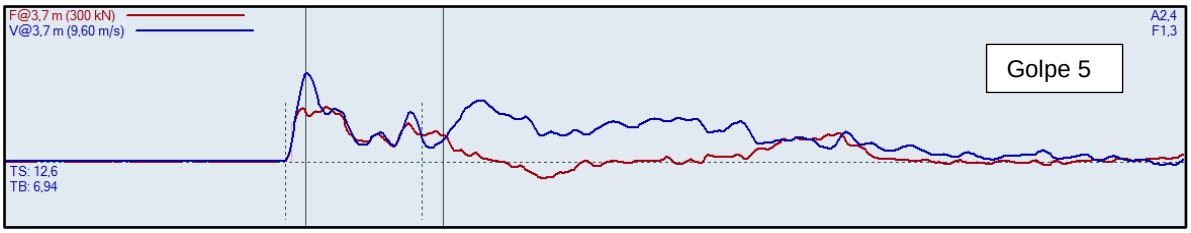

F@3,2 m (200 kN)
V@3,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 58
TS: 27,5
TB: 1,66

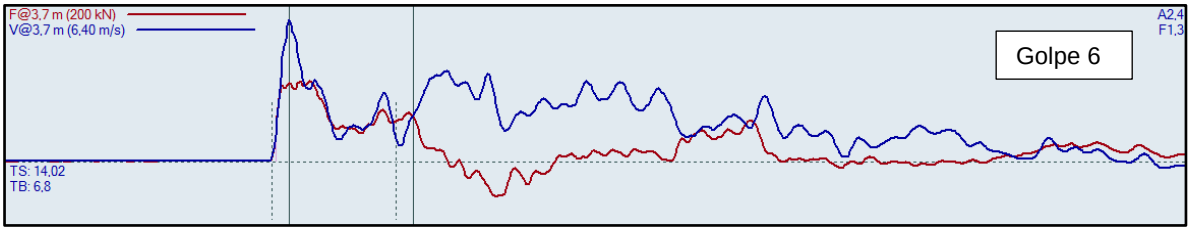
Sondeo 2 - Profundidad 2.55 – 3.00

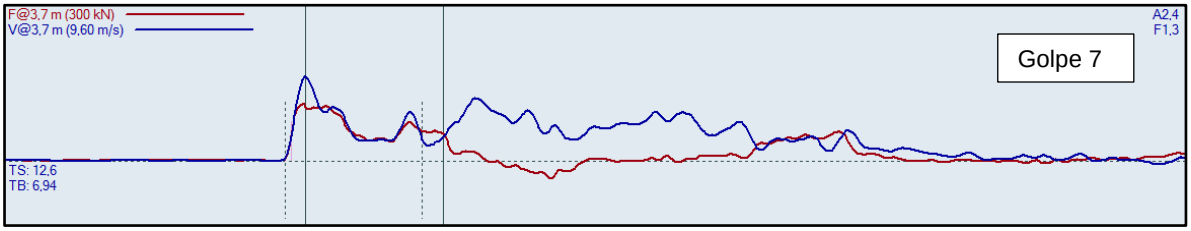


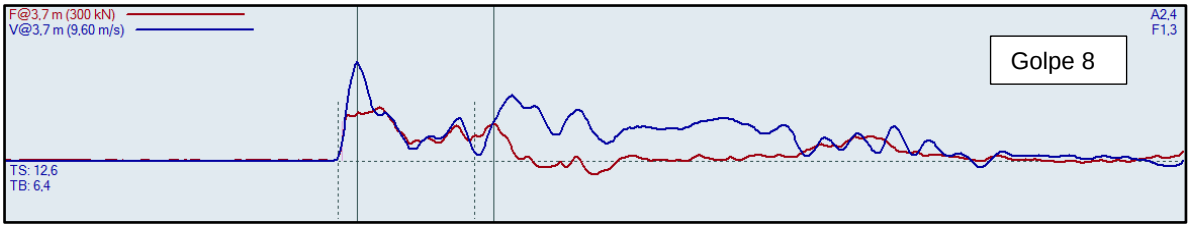


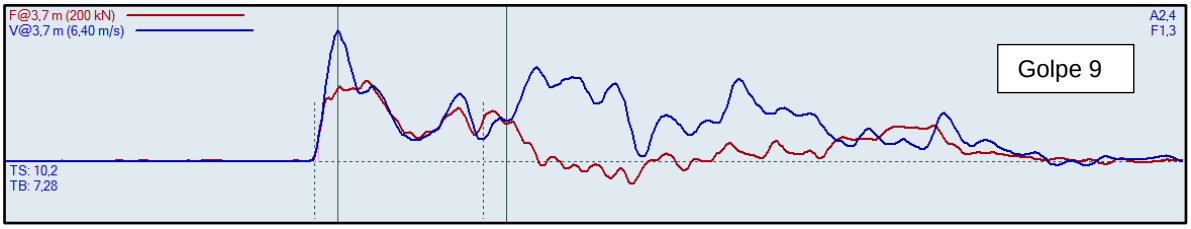


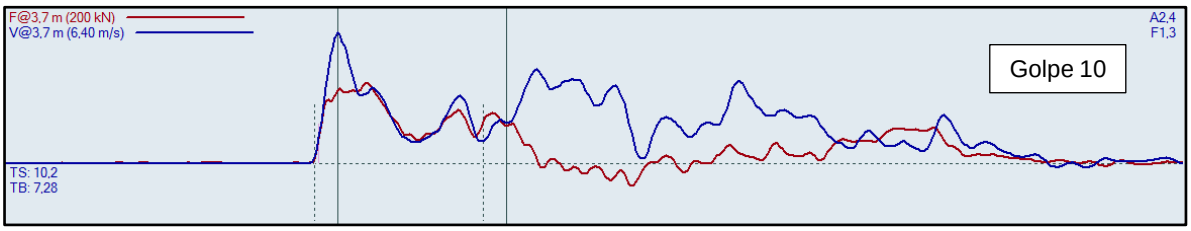


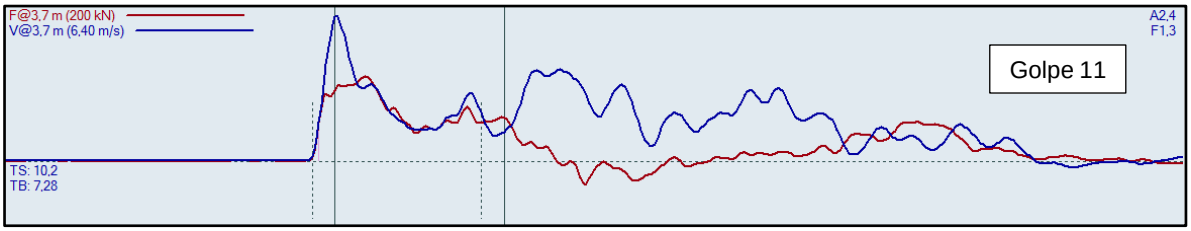


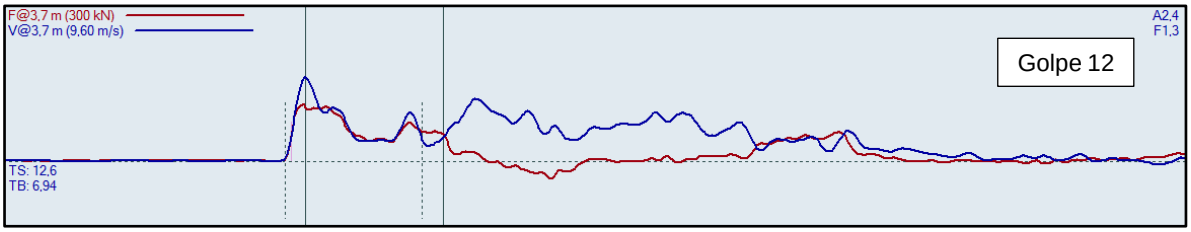


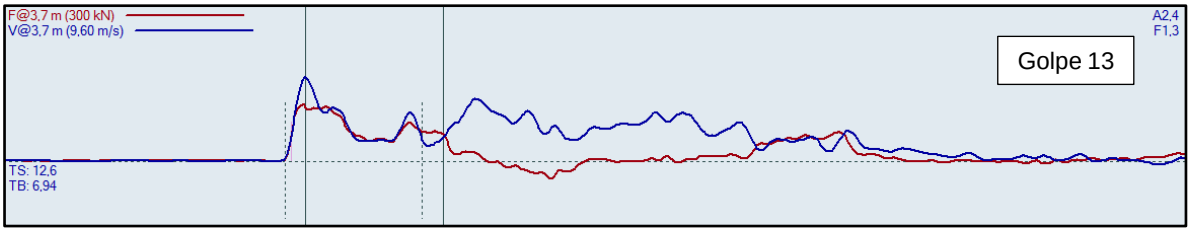

F@3,7 m (300 kN)
V@3,7 m (9,60 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 8
TS: 12,6
TB: 6,4

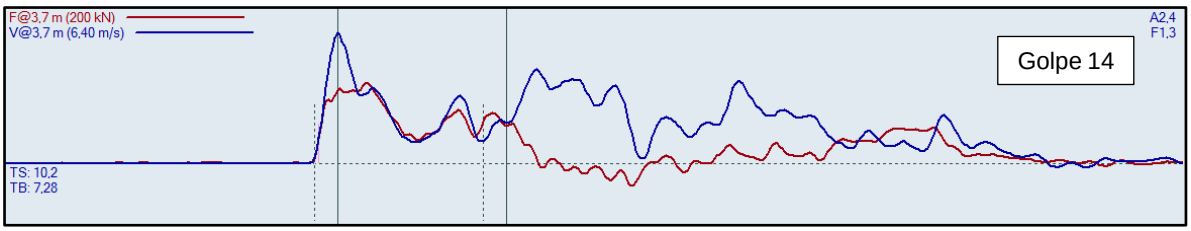

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 9
TS: 10,2
TB: 7,28

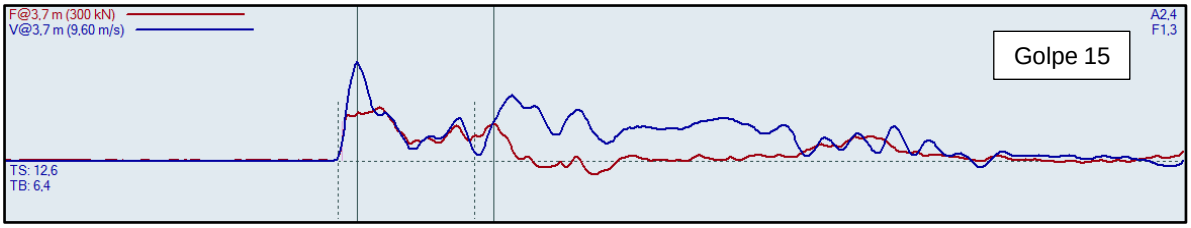

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 10
TS: 10,2
TB: 7,28

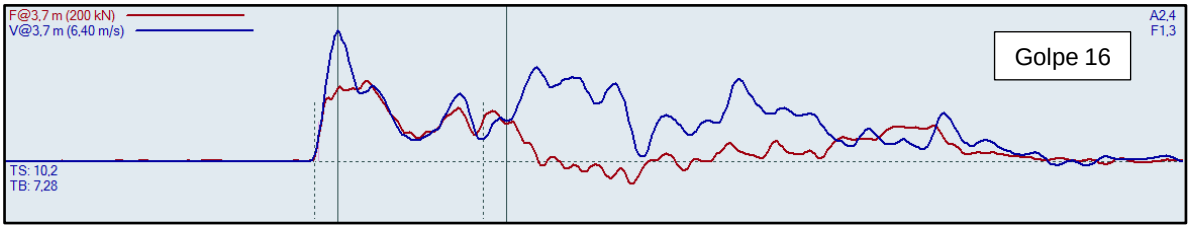

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 11
TS: 10,2
TB: 7,28

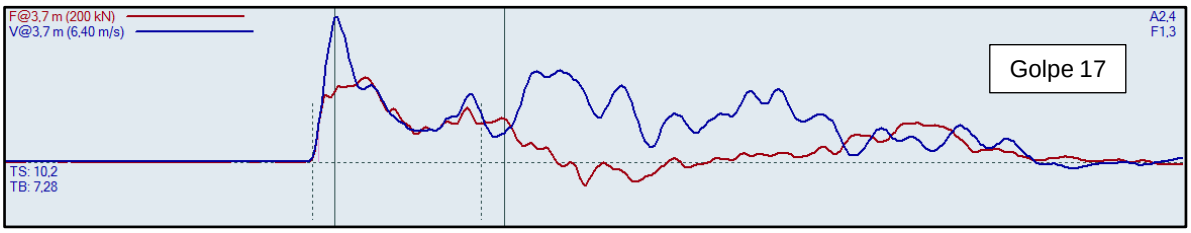

F@3,7 m (300 kN)
V@3,7 m (9,60 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 12
TS: 12,6
TB: 6,94

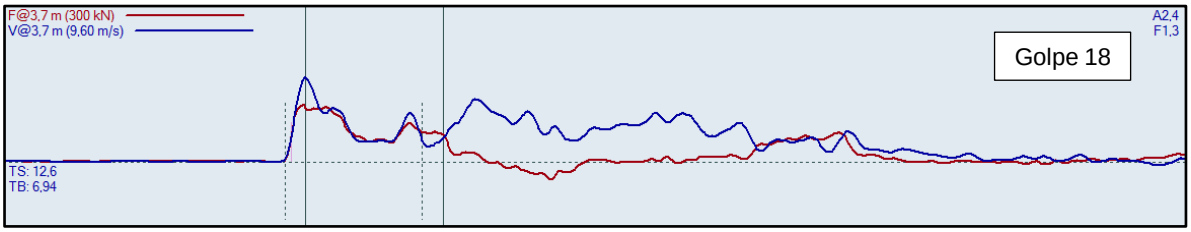

F@3,7 m (300 kN)
V@3,7 m (9,60 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 13
TS: 12,6
TB: 6,94

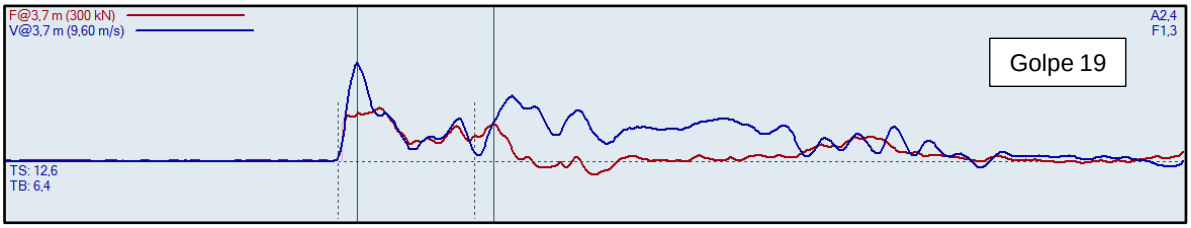

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 14
TS: 10,2
TB: 7,28

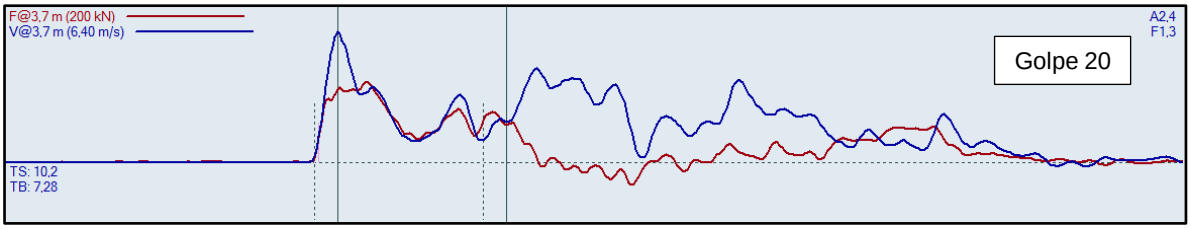

F@3,7 m (300 kN)
V@3,7 m (9,60 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 15
TS: 12,6
TB: 6,4

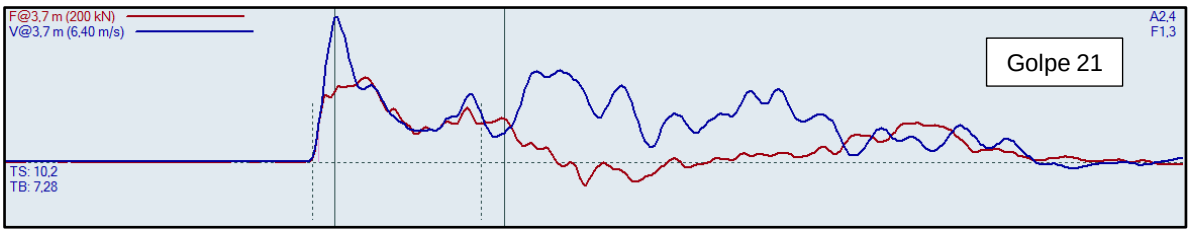

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 16
TS: 10,2
TB: 7,28

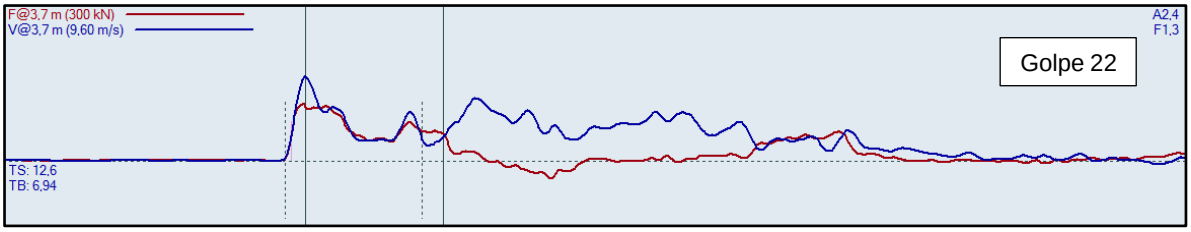

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 17
TS: 10,2
TB: 7,28

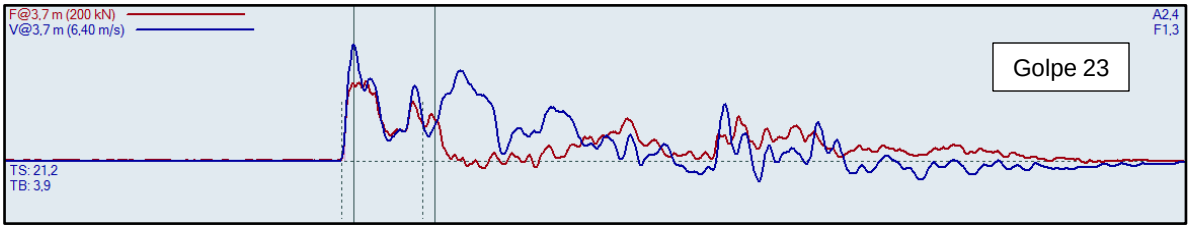

F@3,7 m (300 kN)
V@3,7 m (9,60 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 18
TS: 12,6
TB: 6,94

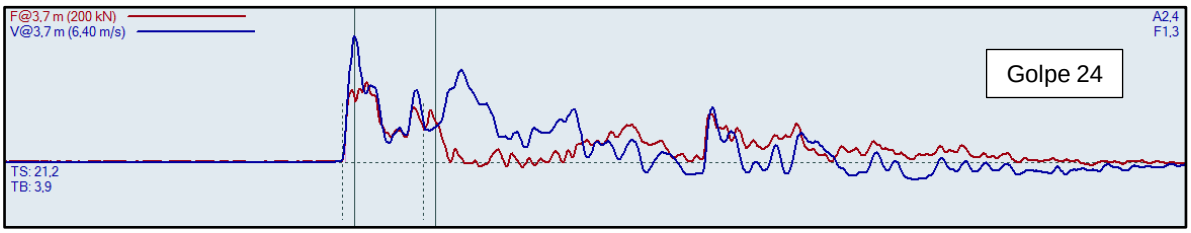

F@3,7 m (300 kN)
V@3,7 m (9,60 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 19
TS: 12,6
TB: 6,4

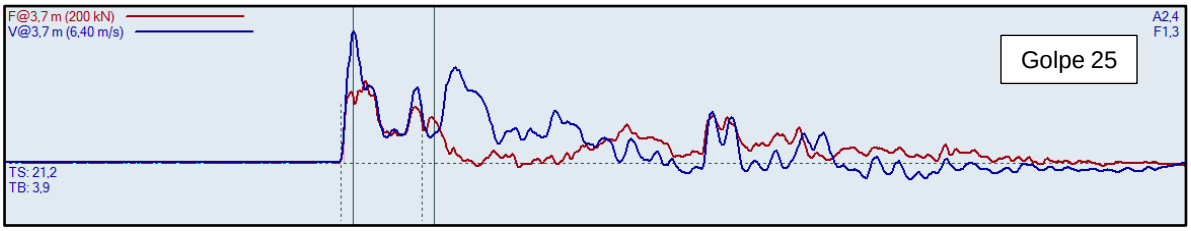

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 20
TS: 10,2
TB: 7,28

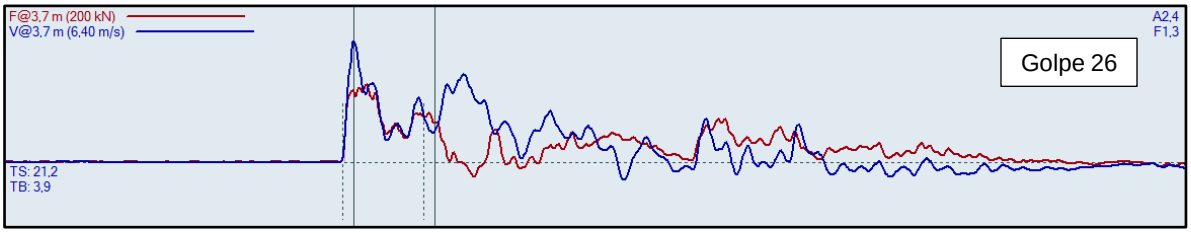

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 21
TS: 10,2
TB: 7,28

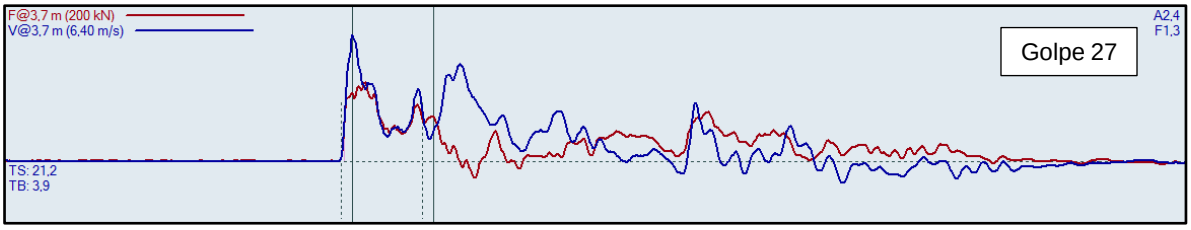

F@3,7 m (300 kN)
V@3,7 m (9,60 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 22
TS: 12,6
TB: 6,94

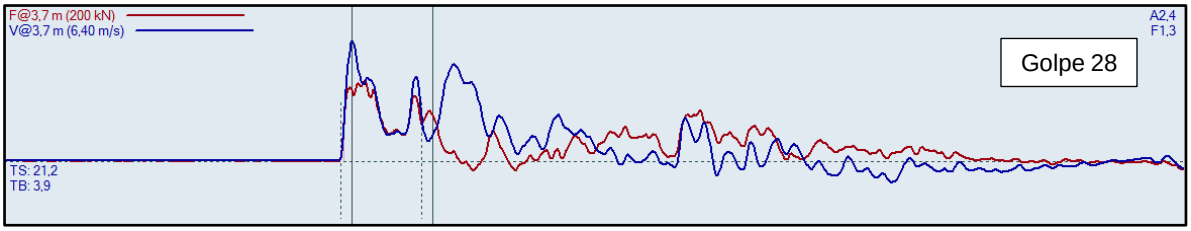

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 23
TS: 21,2
TB: 3,9

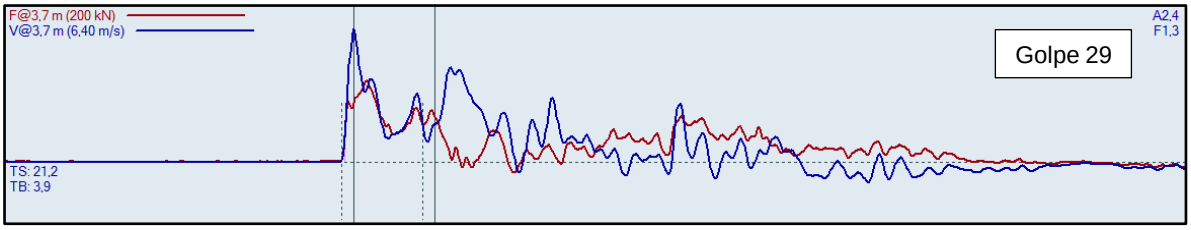

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 24
TS: 21,2
TB: 3,9

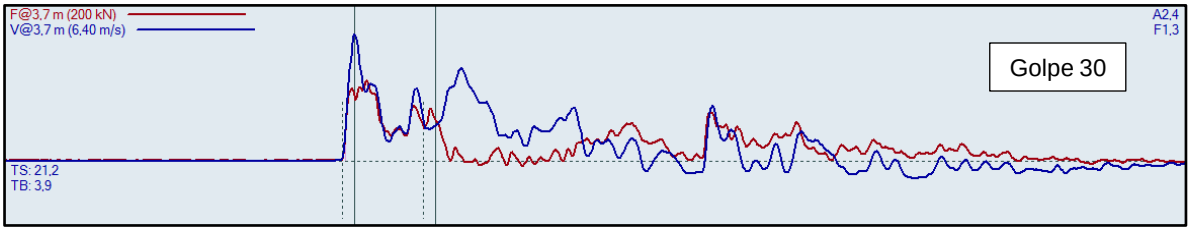

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 25
TS: 21,2
TB: 3,9

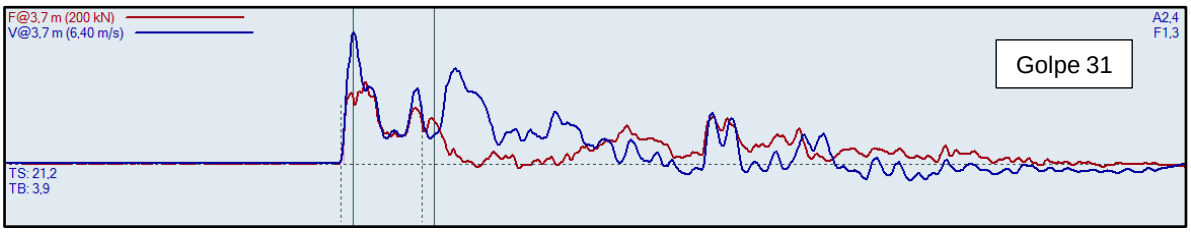

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 26
TS: 21,2
TB: 3,9

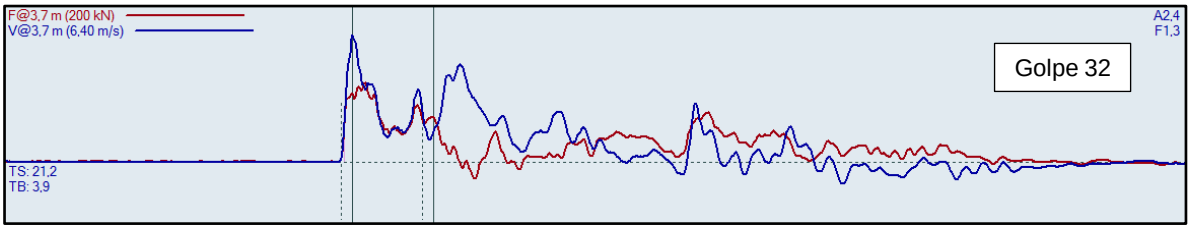

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 27
TS: 21,2
TB: 3,9

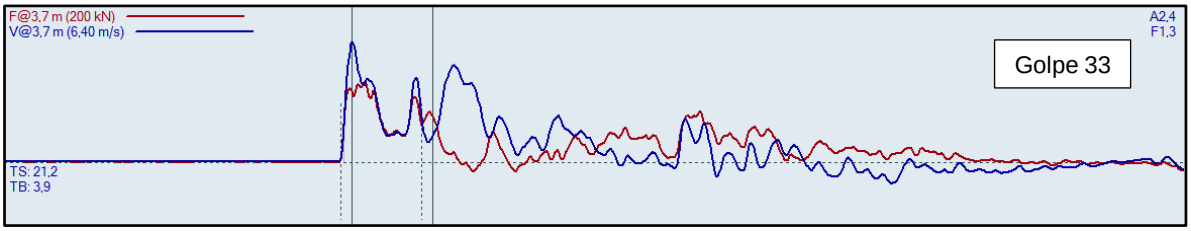

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 28
TS: 21,2
TB: 3,9

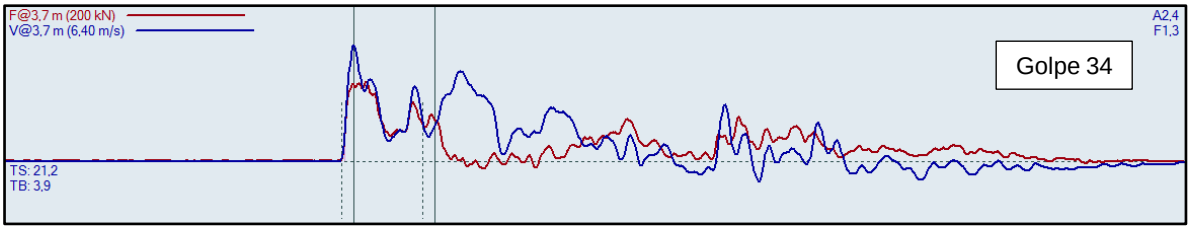

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 29
TS: 21,2
TB: 3,9

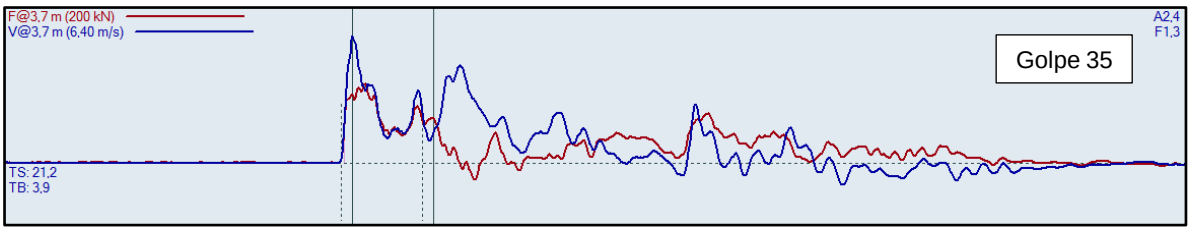

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 30
TS: 21,2
TB: 3,9

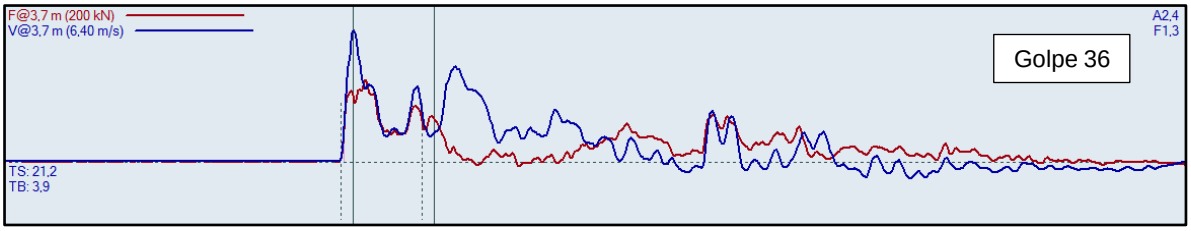

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 31
TS: 21,2
TB: 3,9

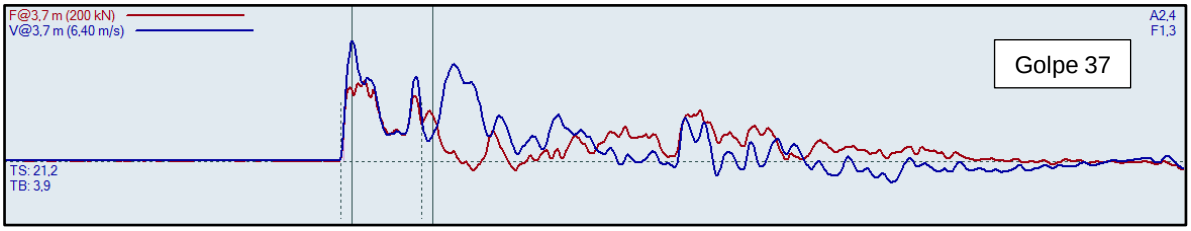

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 32
TS: 21,2
TB: 3,9

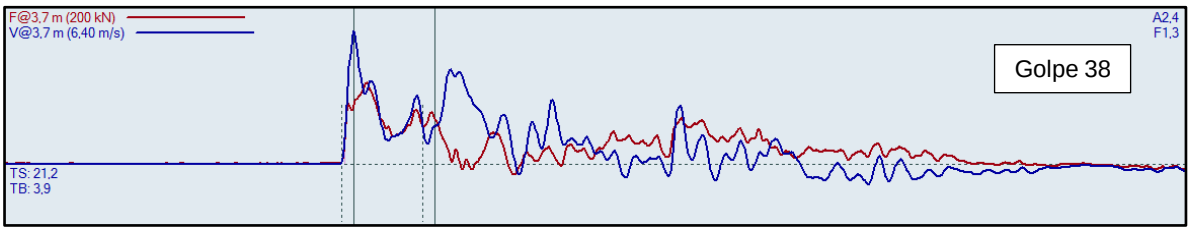

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 33
TS: 21,2
TB: 3,9

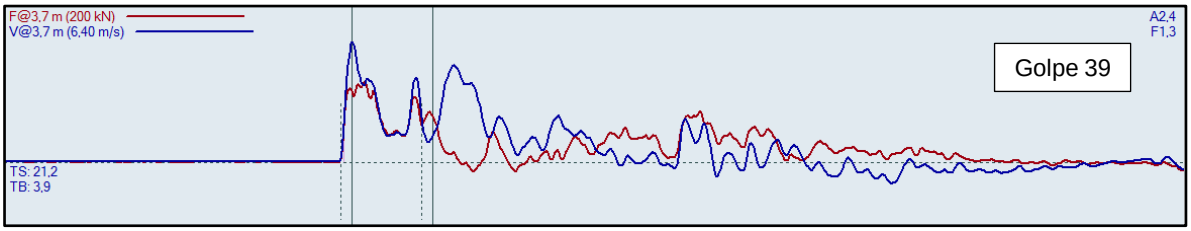

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 34
TS: 21,2
TB: 3,9

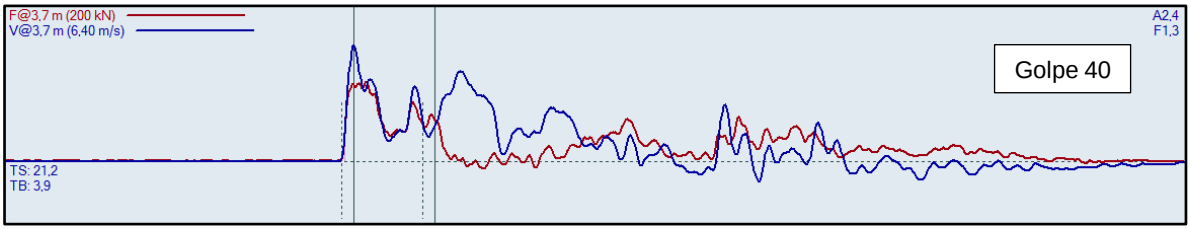

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 35
TS: 21,2
TB: 3,9

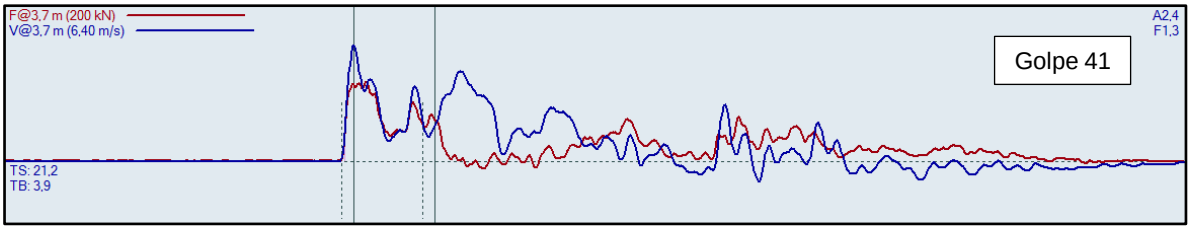

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 36
TS: 21,2
TB: 3,9

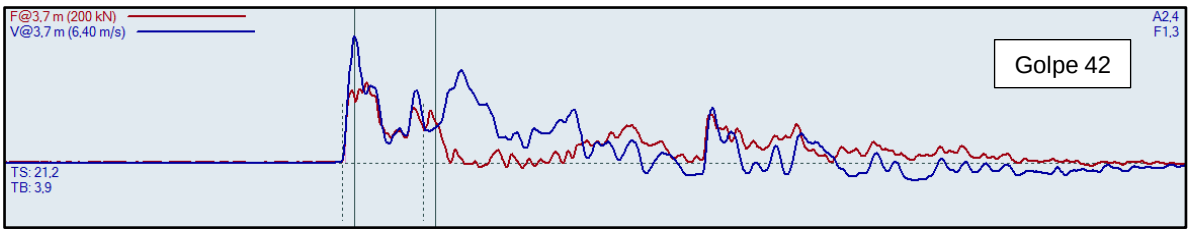

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 37
TS: 21,2
TB: 3,9

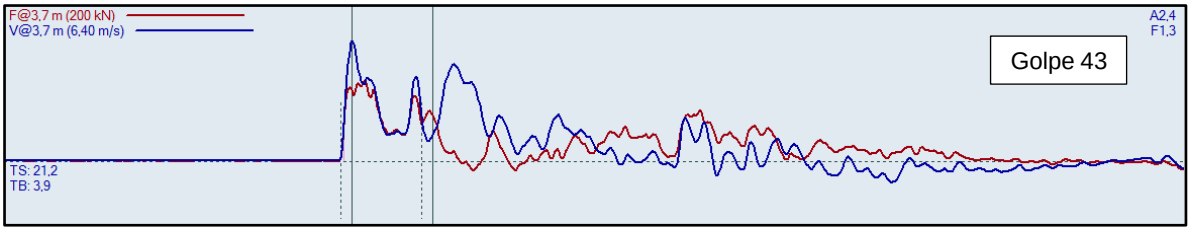

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 38
TS: 21,2
TB: 3,9

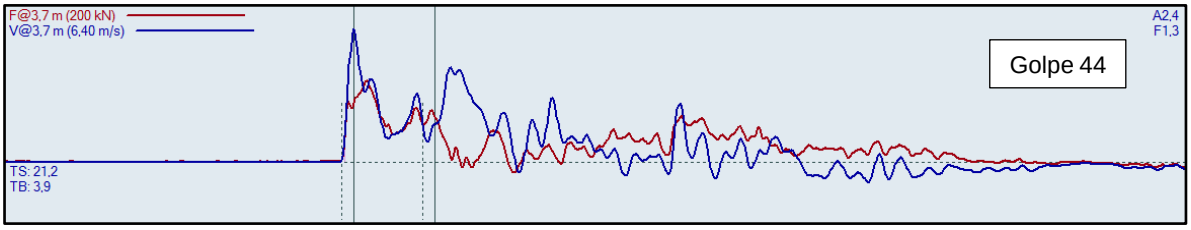

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 39
TS: 21,2
TB: 3,9


F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 40
TS: 21,2
TB: 3,9

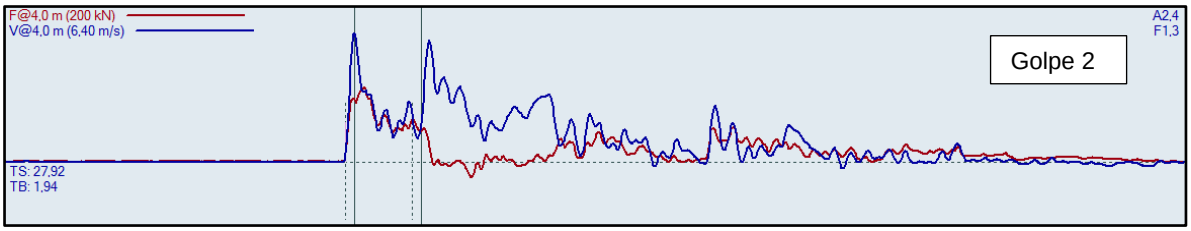

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 41
TS: 21,2
TB: 3,9

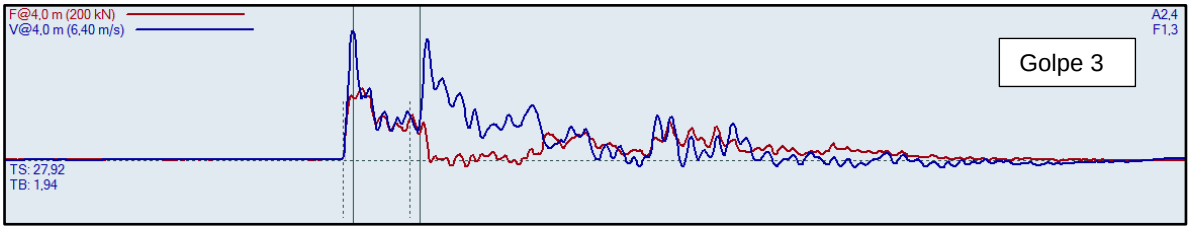

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 42
TS: 21,2
TB: 3,9

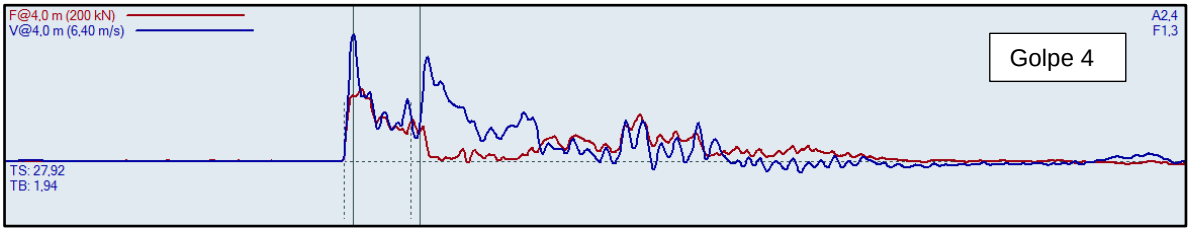


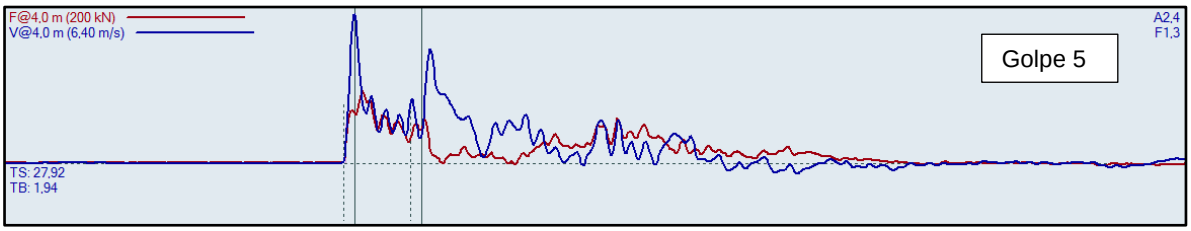


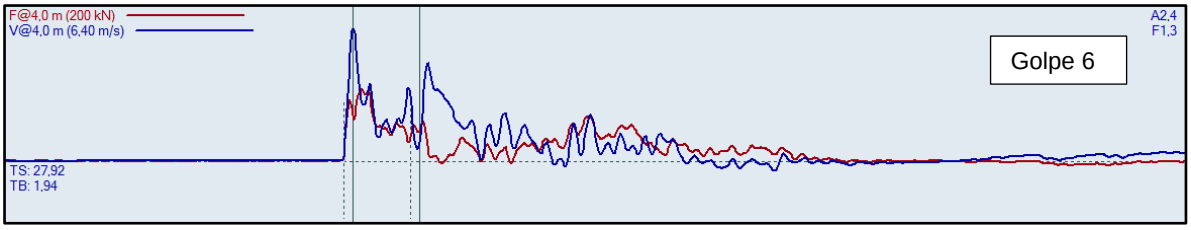
Sondeo 2 - Profundidad 3.00 – 3.45

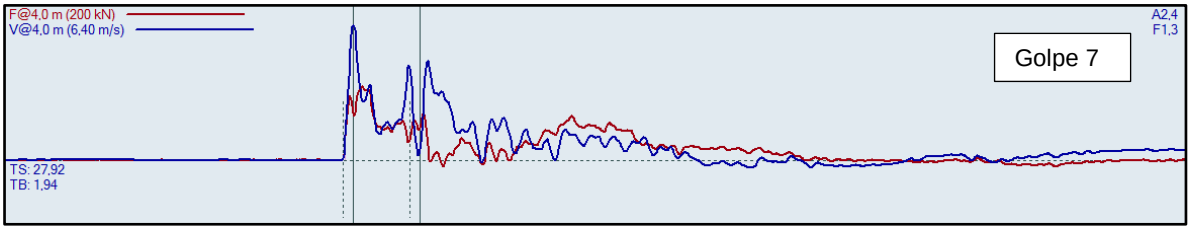


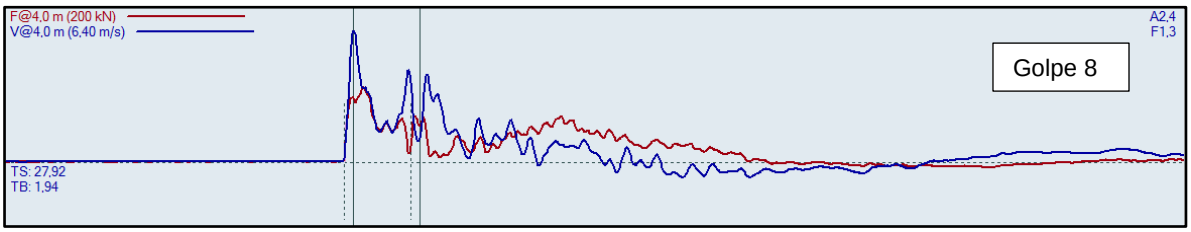


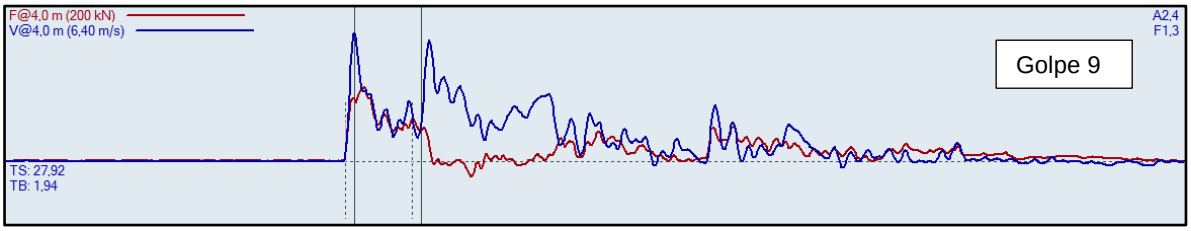


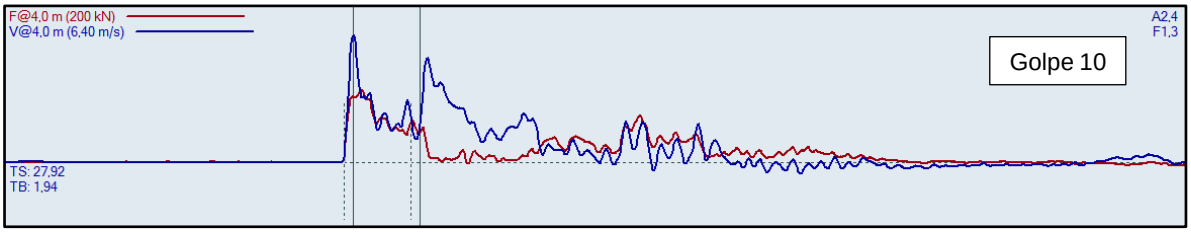


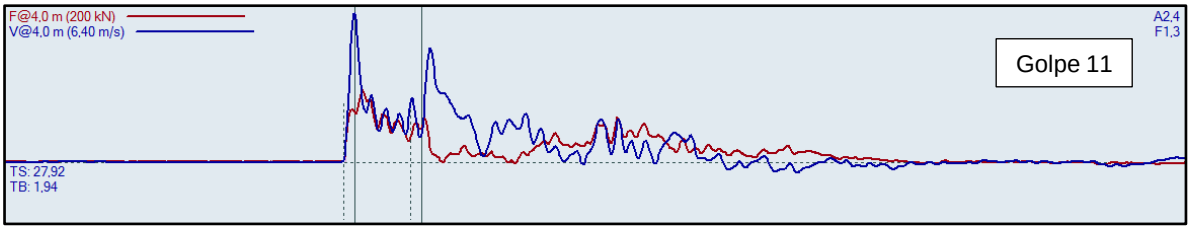

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 6
TS: 27,92
TB: 1,94

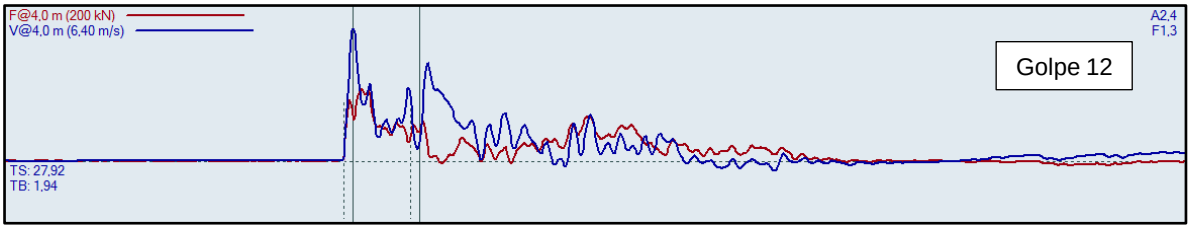

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 7
TS: 27,92
TB: 1,94

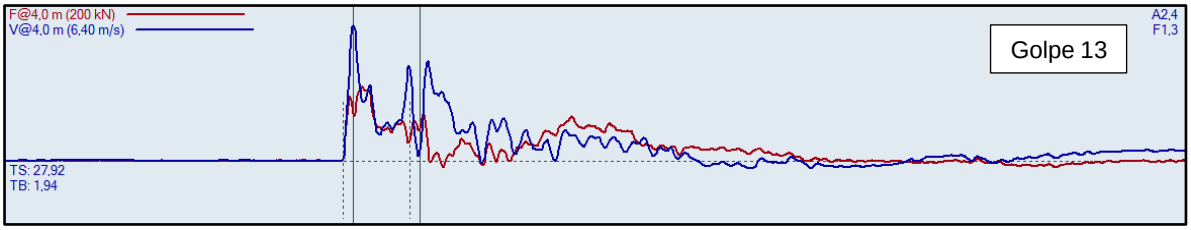

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 8
TS: 27,92
TB: 1,94

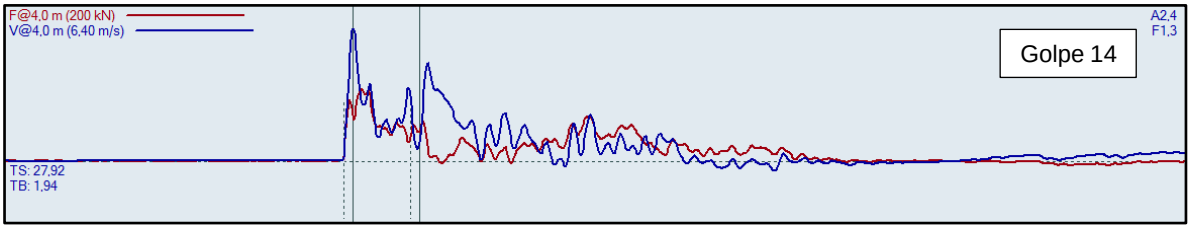

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 9
TS: 27,92
TB: 1,94

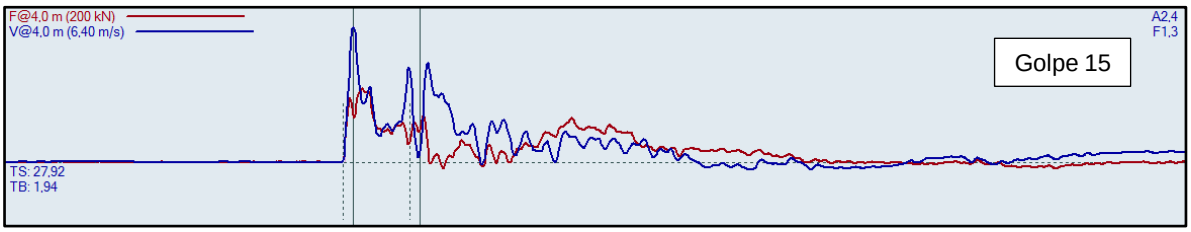

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 10
TS: 27,92
TB: 1,94

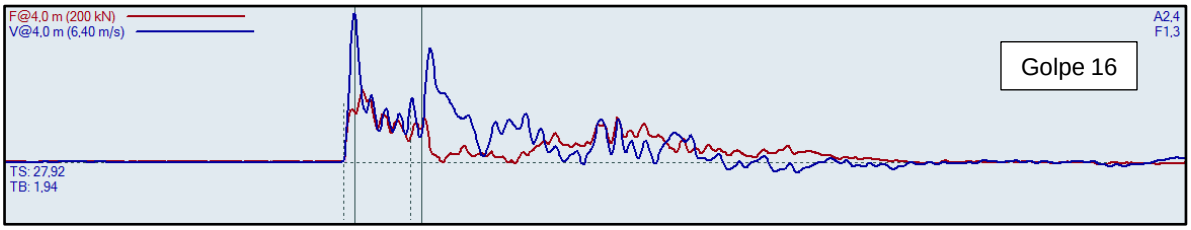

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 11
TS: 27,92
TB: 1,94

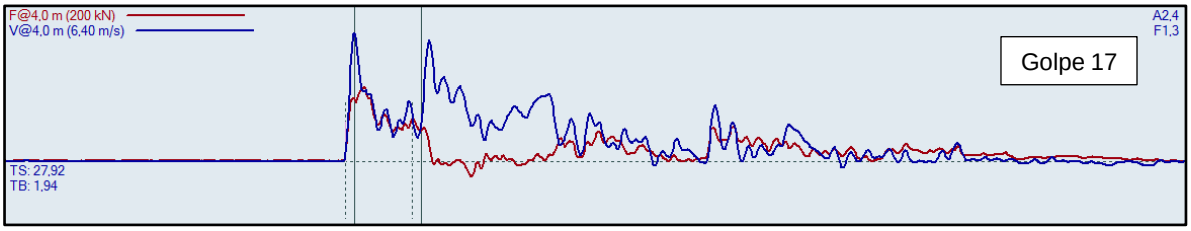

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 12
TS: 27,92
TB: 1,94

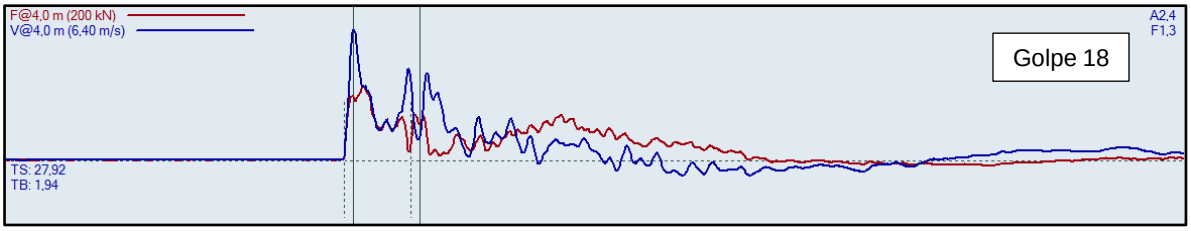

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 13
TS: 27,92
TB: 1,94

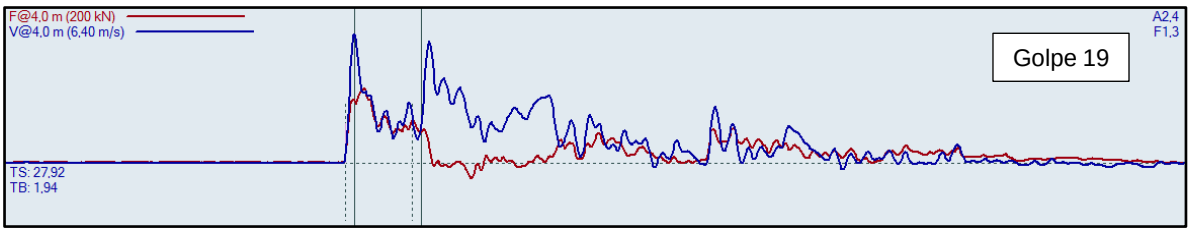

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 14
TS: 27,92
TB: 1,94

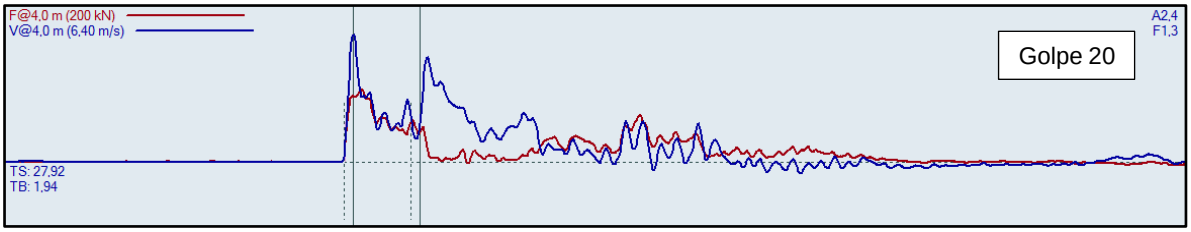

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 15
TS: 27,92
TB: 1,94

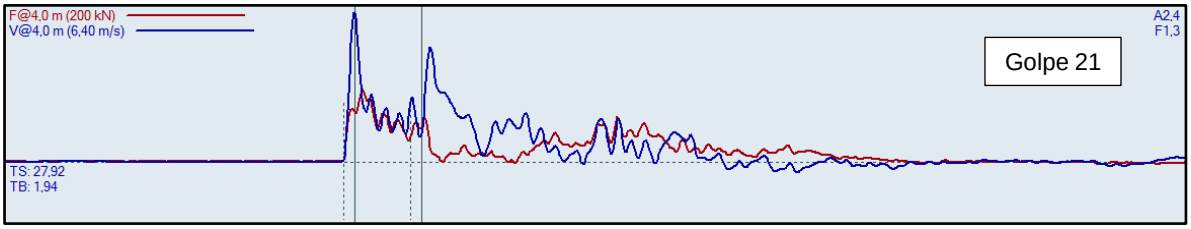

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 16
TS: 27,92
TB: 1,94

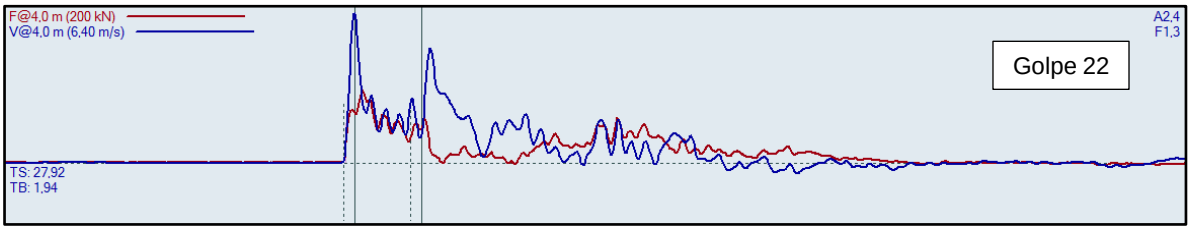

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 17
TS: 27,92
TB: 1,94

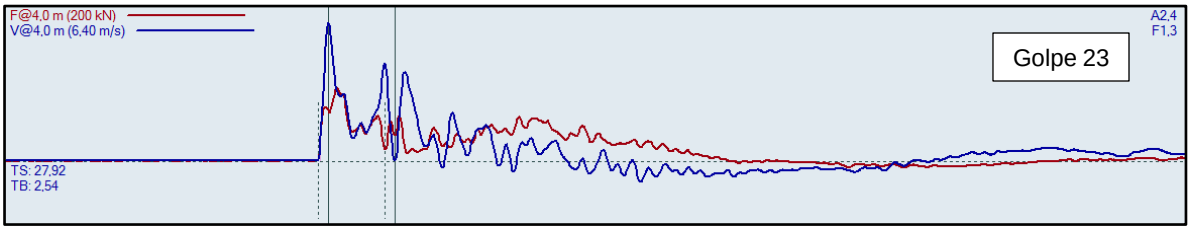

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 18
TS: 27,92
TB: 1,94

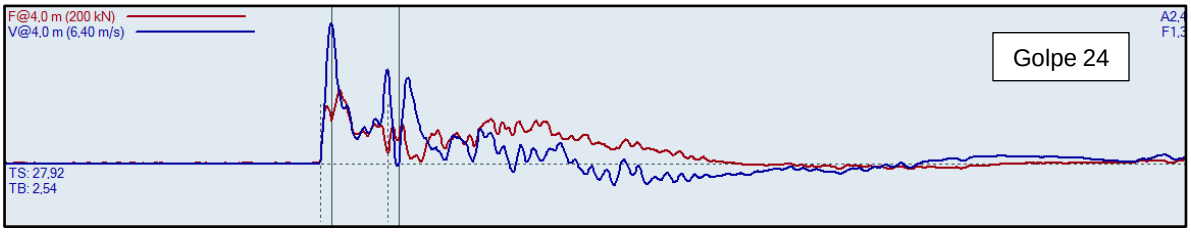

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 19
TS: 27,92
TB: 1,94

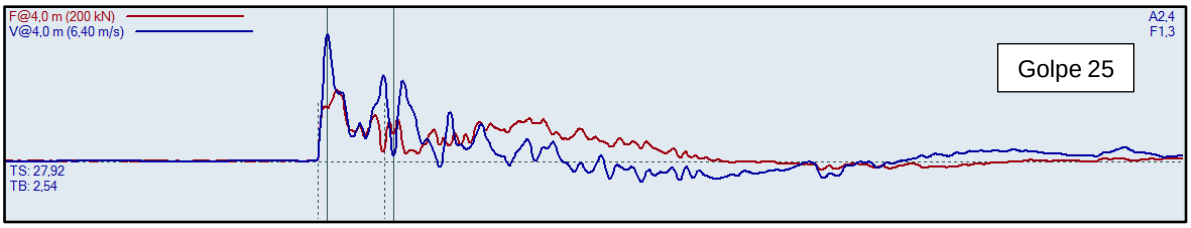

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 20
TS: 27,92
TB: 1,94

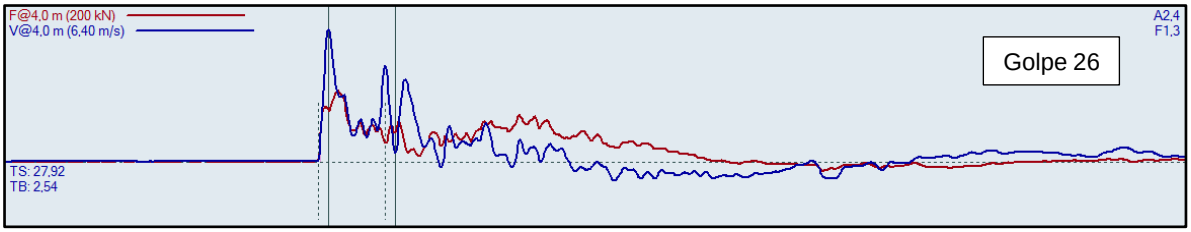

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 21
TS: 27,92
TB: 1,94

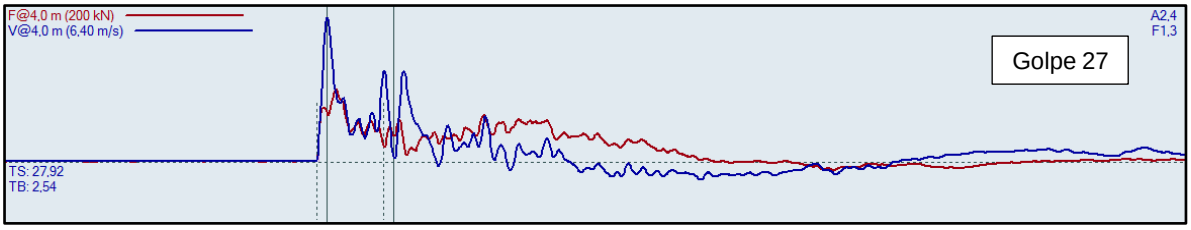

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 22
TS: 27,92
TB: 1,94

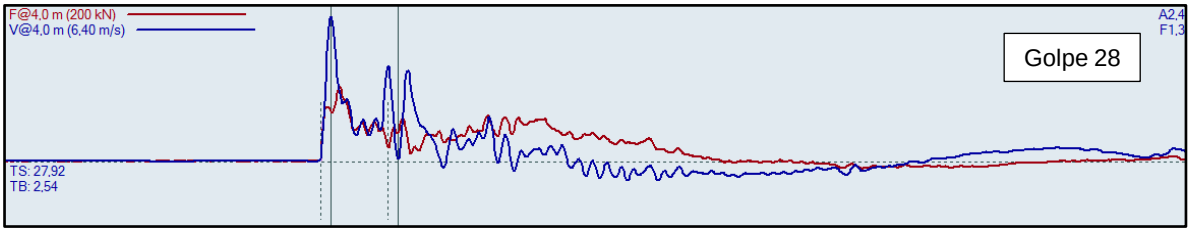

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 23
TS: 27,92
TB: 2,54

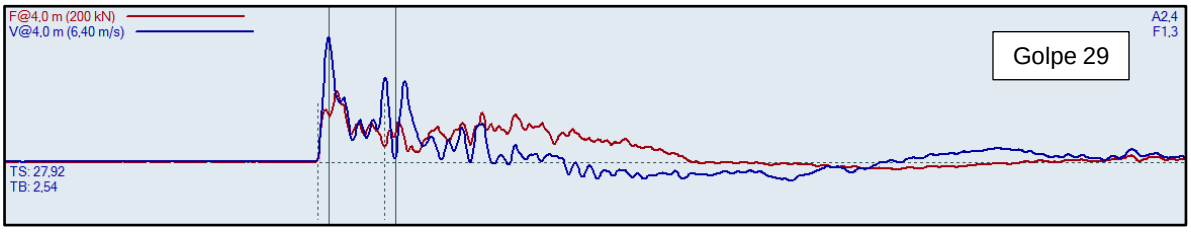

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 24
TS: 27,92
TB: 2,54

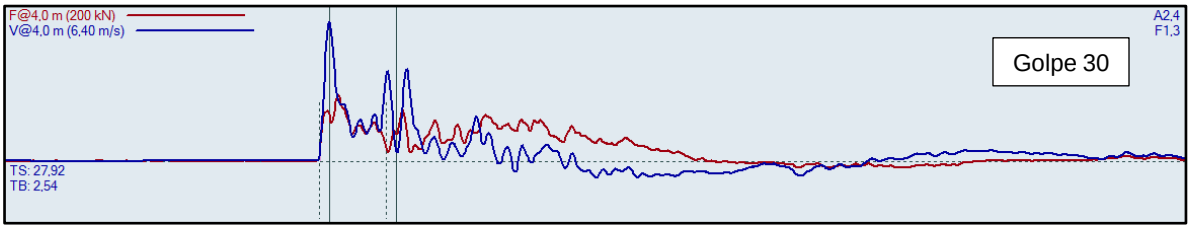

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 25
TS: 27,92
TB: 2,54

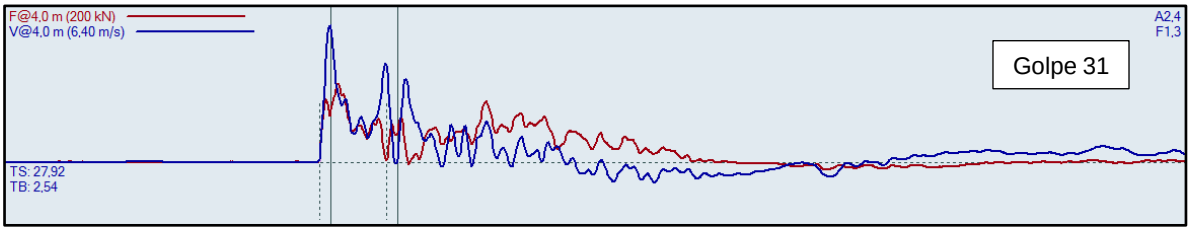

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 26
TS: 27,92
TB: 2,54

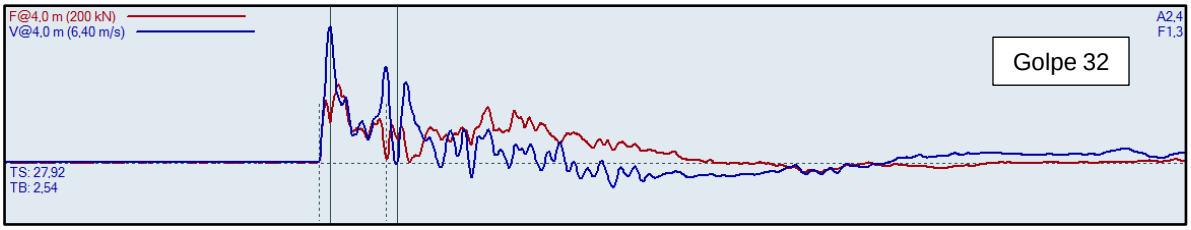

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 27
TS: 27,92
TB: 2,54

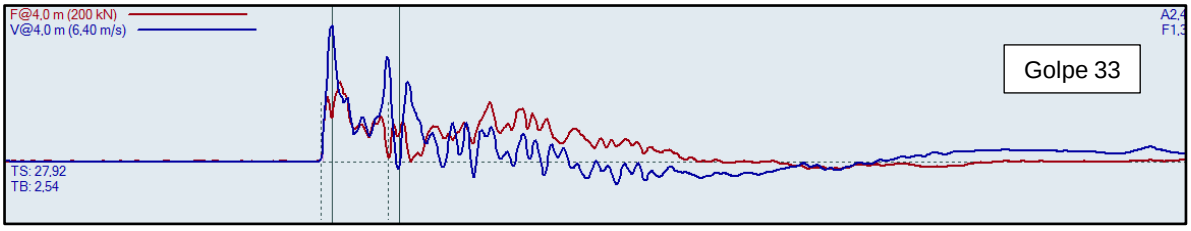

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 28
TS: 27,92
TB: 2,54

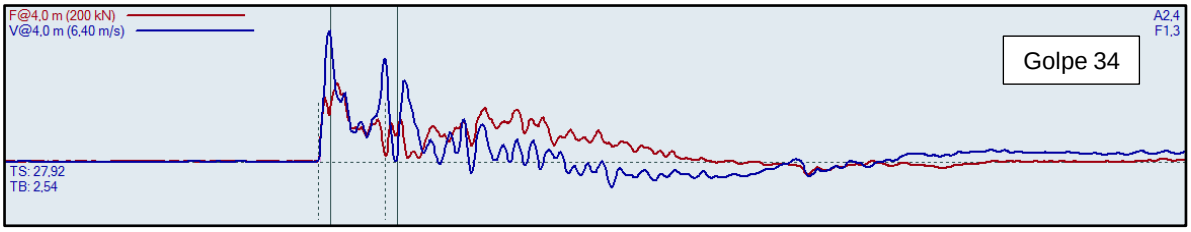

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 29
TS: 27,92
TB: 2,54

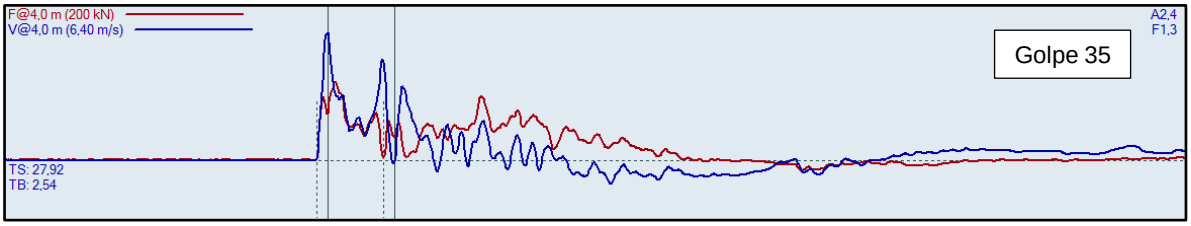

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 30
TS: 27,92
TB: 2,54

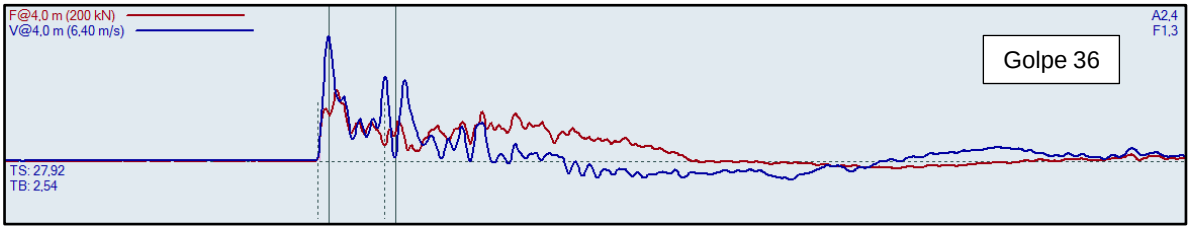

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 31
TS: 27,92
TB: 2,54

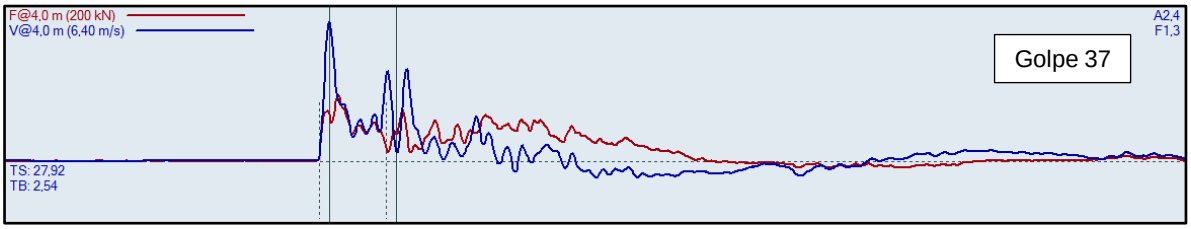

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 32
TS: 27,92
TB: 2,54

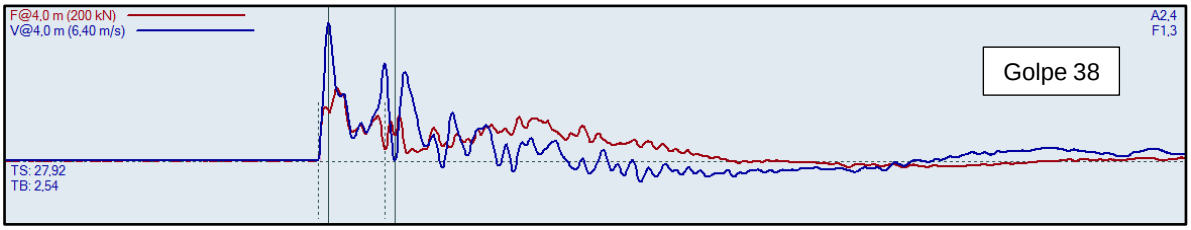

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 33
TS: 27,92
TB: 2,54

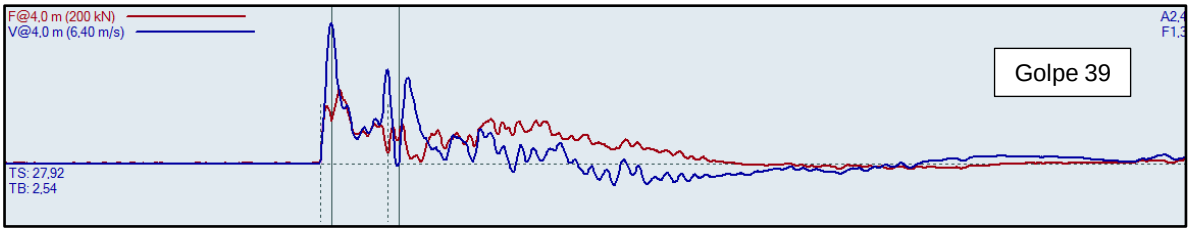

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 34
TS: 27,92
TB: 2,54

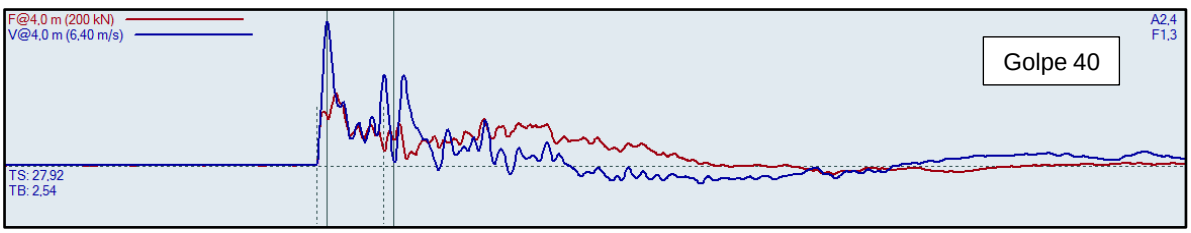

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 35
TS: 27,92
TB: 2,54

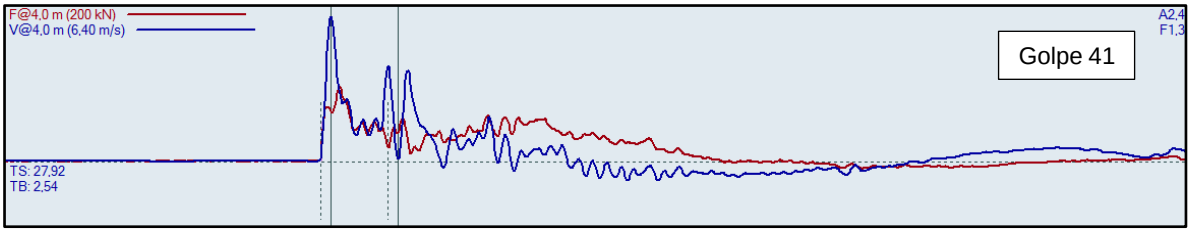

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 36
TS: 27,92
TB: 2,54

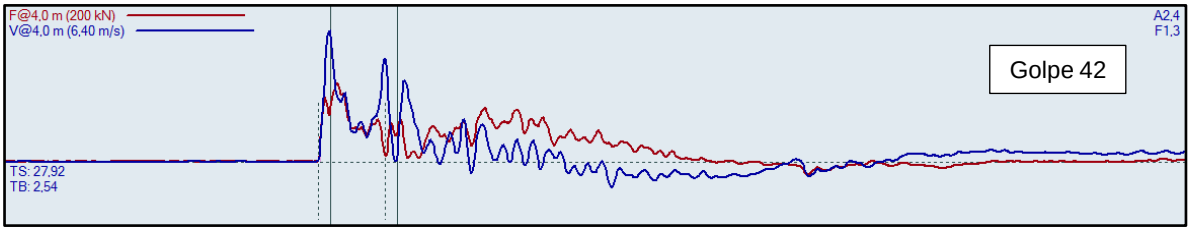

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 37
TS: 27,92
TB: 2,54

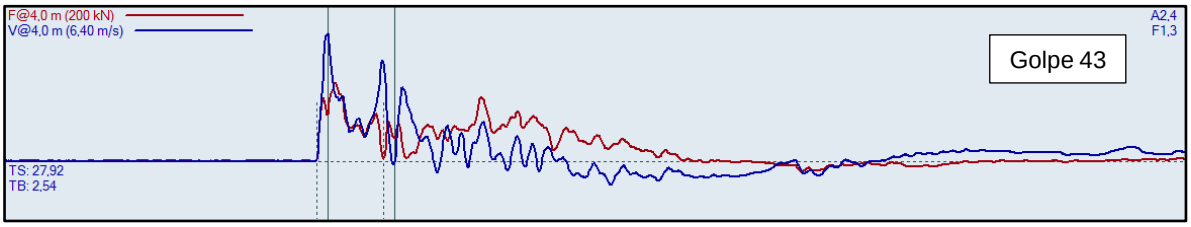

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 38
TS: 27,92
TB: 2,54

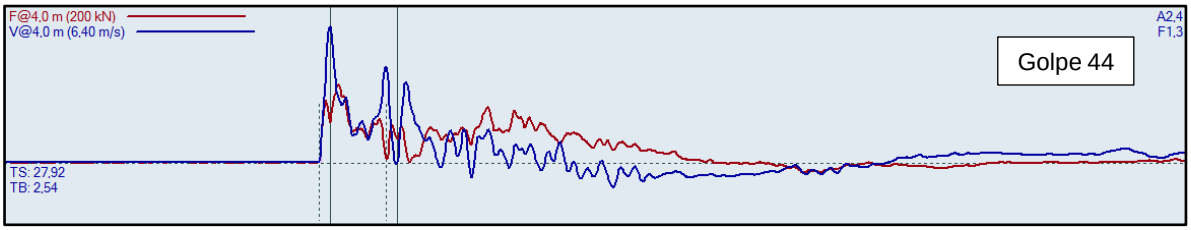

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
Golpe 39
TS: 27,92
TB: 2,54

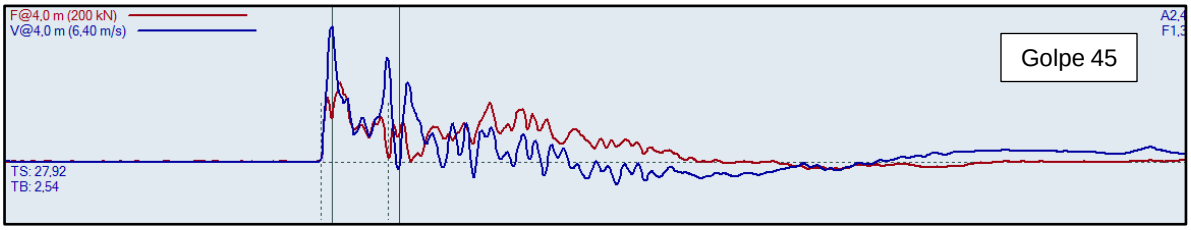

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 40
TS: 27,92
TB: 2,54

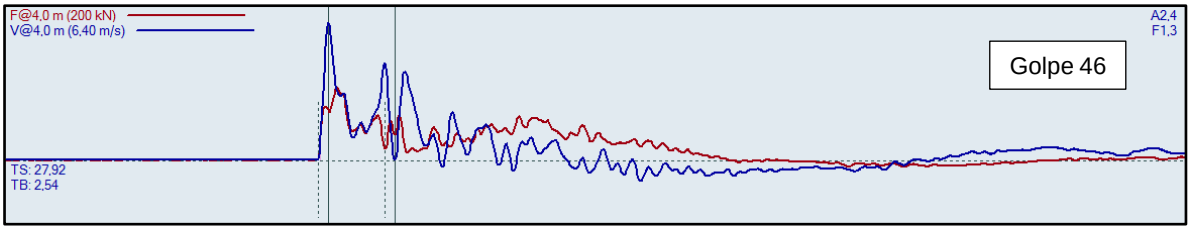

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 41
TS: 27,92
TB: 2,54

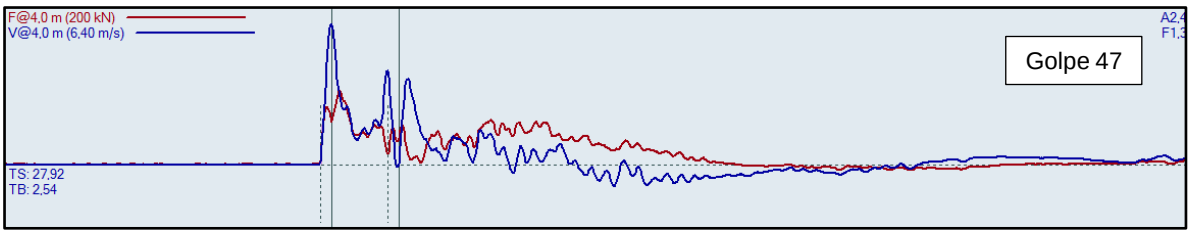

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 42
TS: 27,92
TB: 2,54

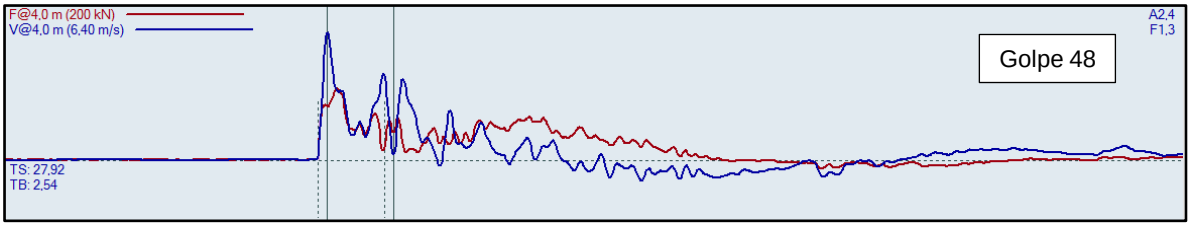

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 43
TS: 27,92
TB: 2,54

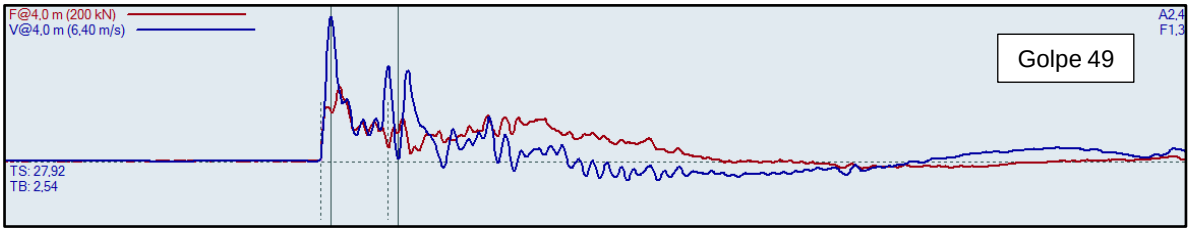

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 44
TS: 27,92
TB: 2,54

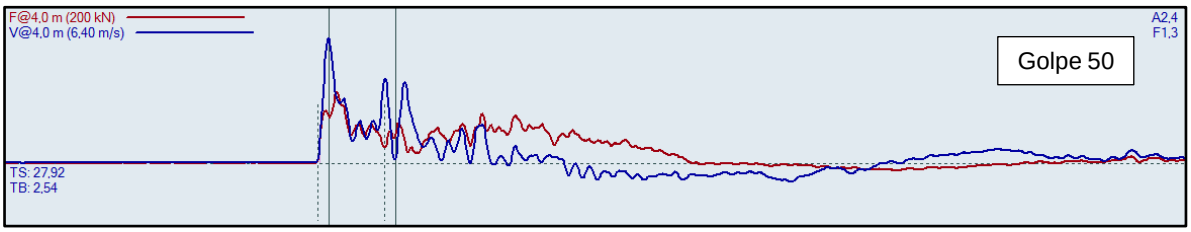

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 45
TS: 27,92
TB: 2,54

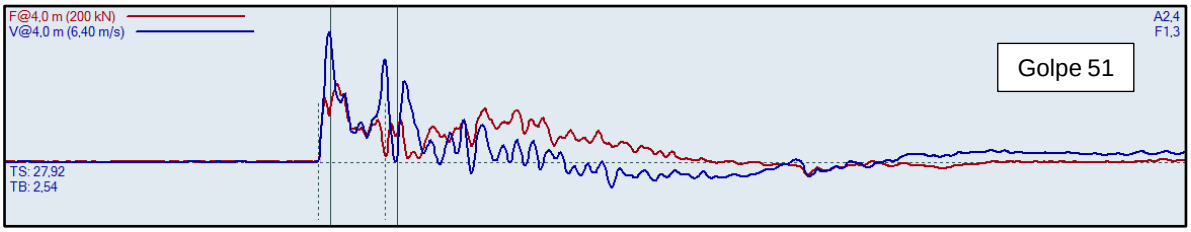

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 46
TS: 27,92
TB: 2,54

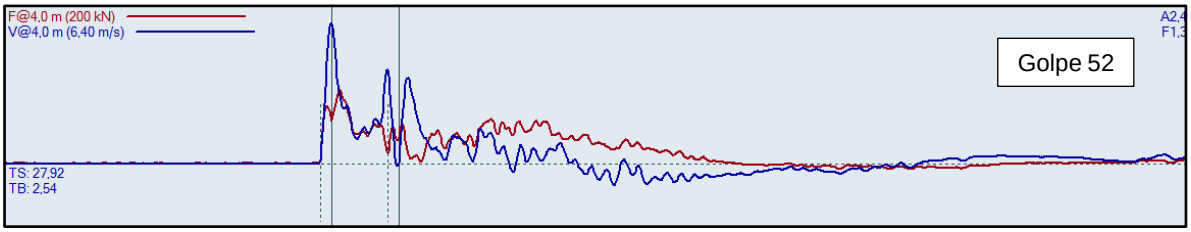

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 47
TS: 27,92
TB: 2,54

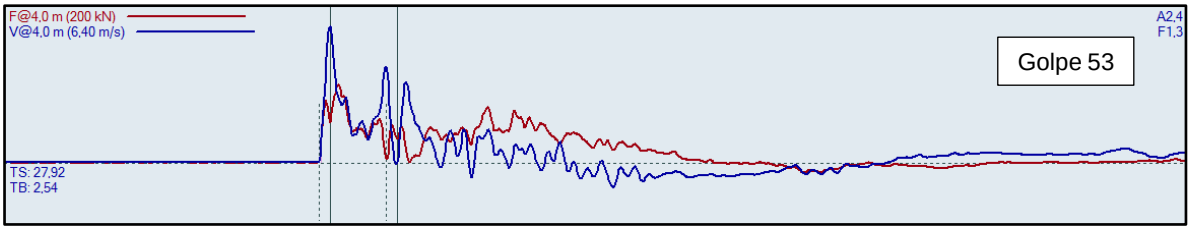

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 48
TS: 27,92
TB: 2,54

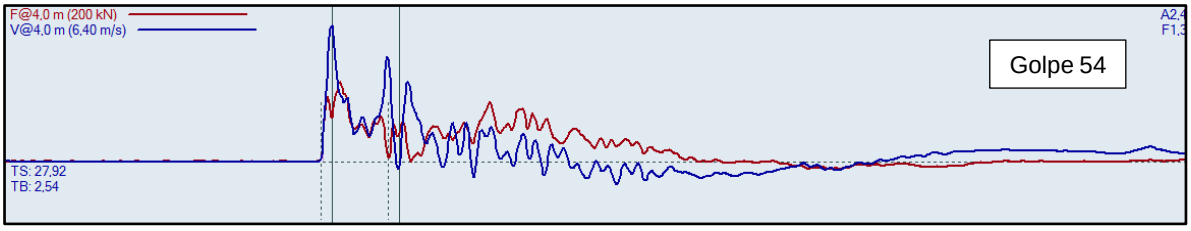

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 49
TS: 27,92
TB: 2,54

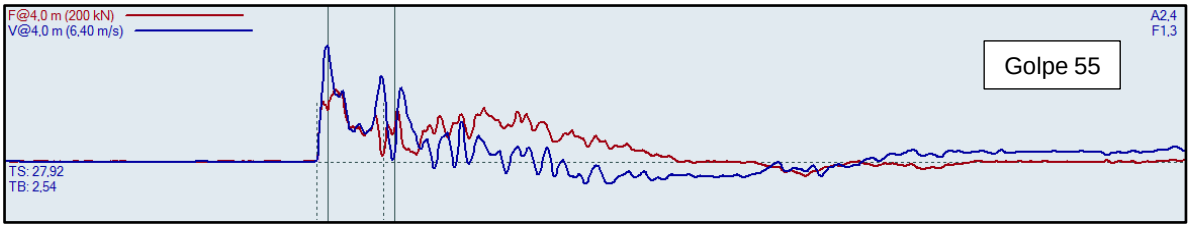

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 50
TS: 27,92
TB: 2,54

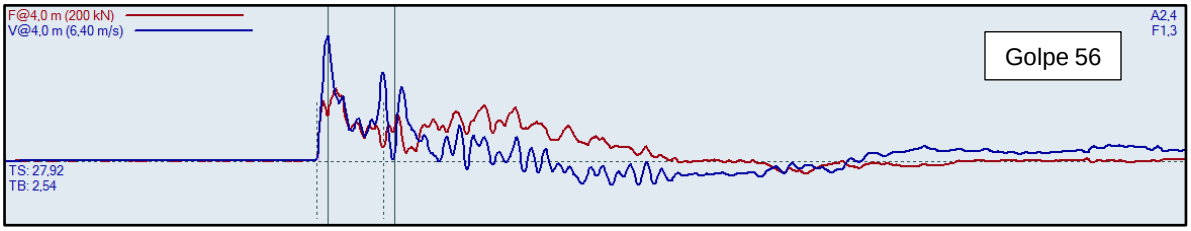

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 51
TS: 27,92
TB: 2,54

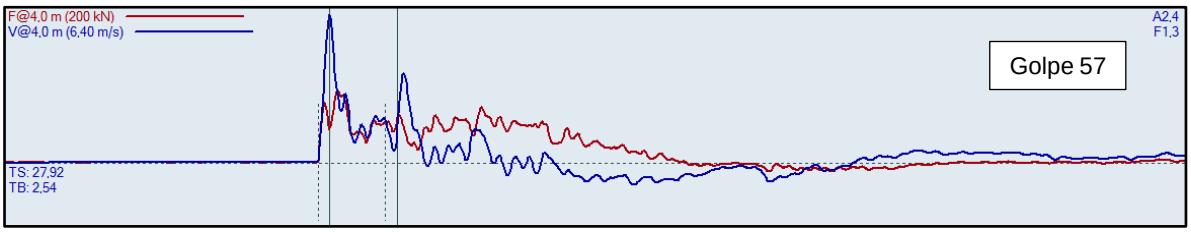

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 52
TS: 27,92
TB: 2,54

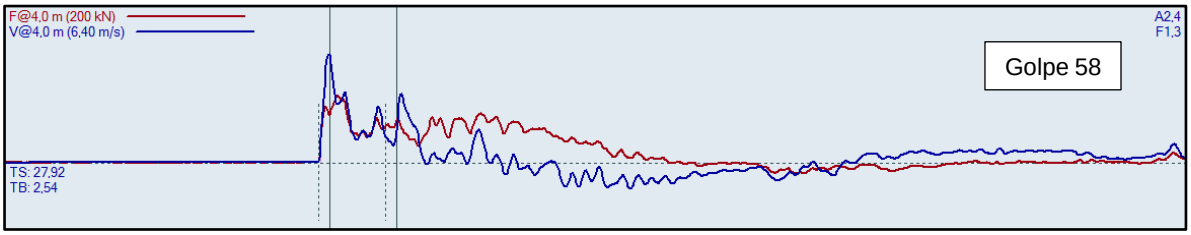

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 53
TS: 27,92
TB: 2,54

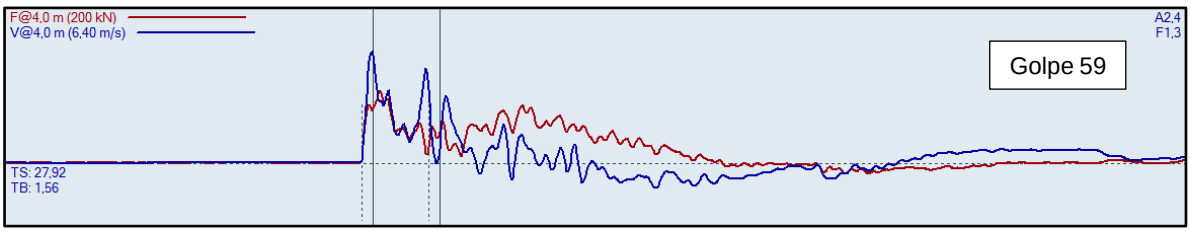

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 54
TS: 27,92
TB: 2,54

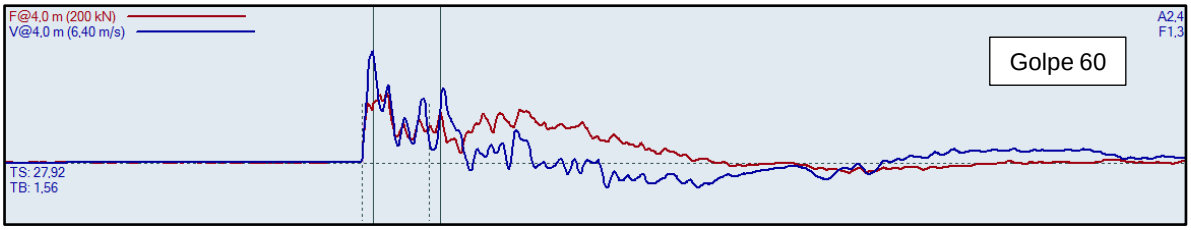

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 55
TS: 27,92
TB: 2,54

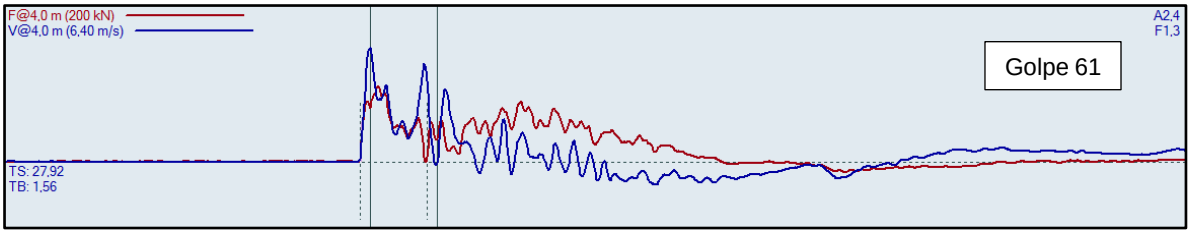

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 56
TS: 27,92
TB: 2,54

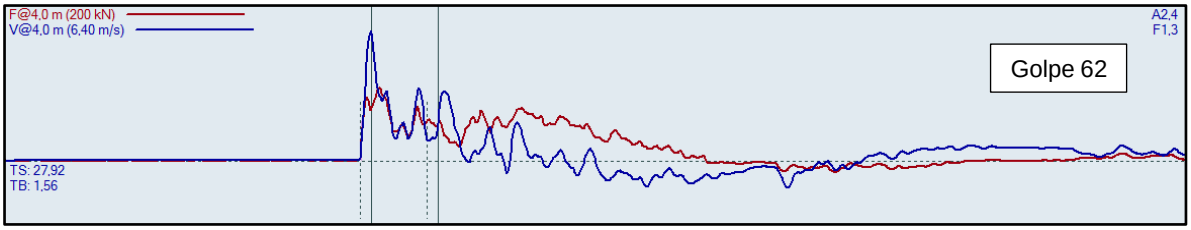

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 57
TS: 27,92
TB: 2,54

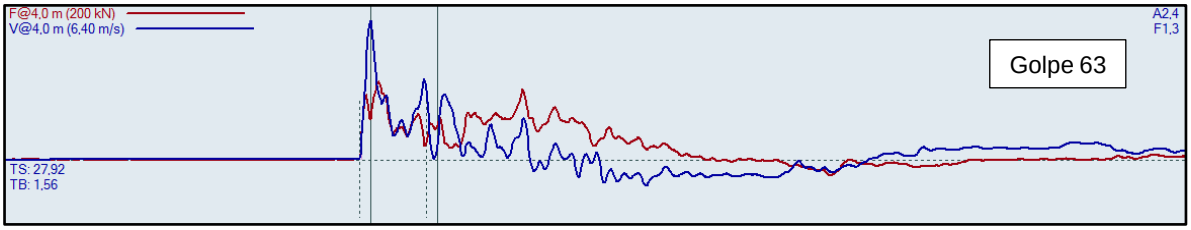

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 58
TS: 27,92
TB: 2,54

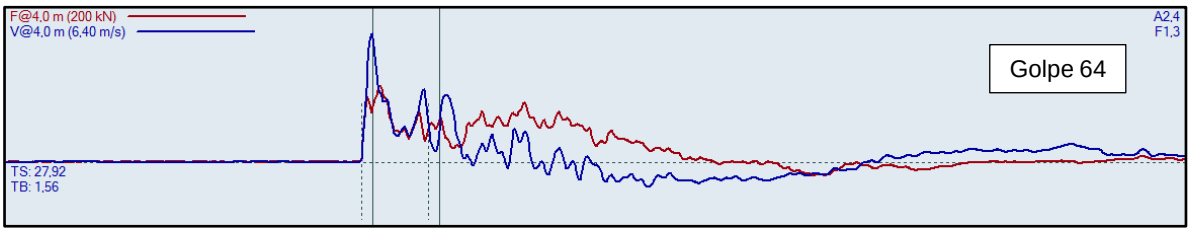

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 59
TS: 27,92
TB: 1,56

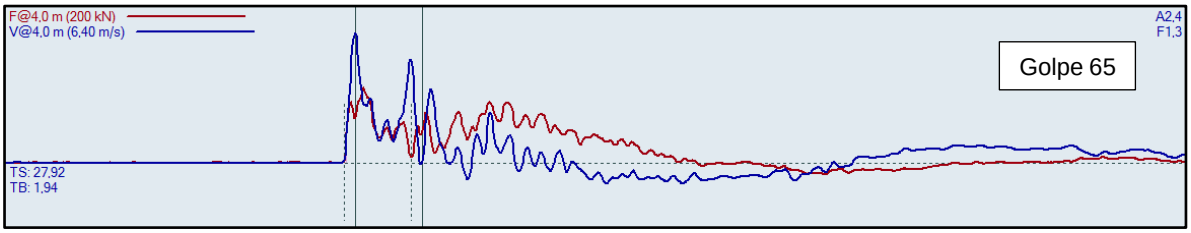

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 60
TS: 27,92
TB: 1,56

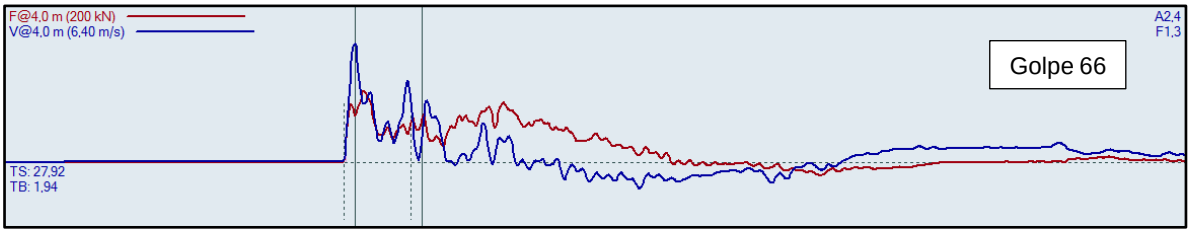

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 61
TS: 27,92
TB: 1,56

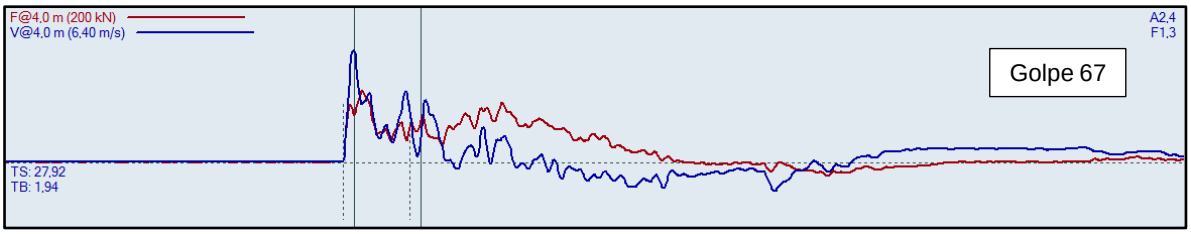

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 62
TS: 27,92
TB: 1,56

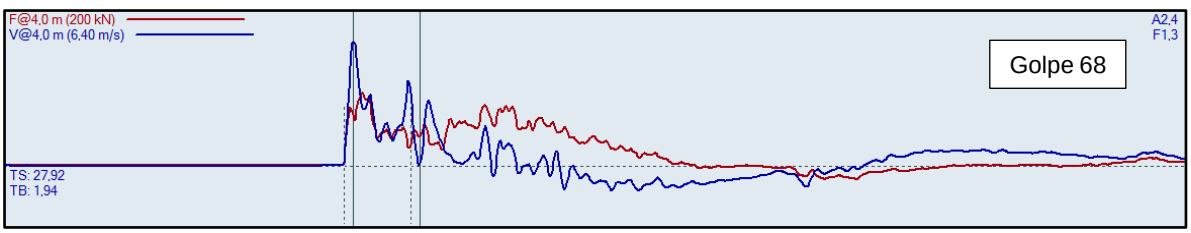

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 63
TS: 27,92
TB: 1,56

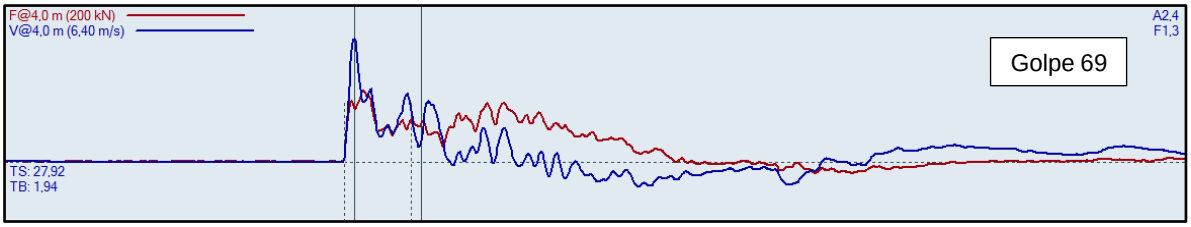

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 64
TS: 27,92
TB: 1,56

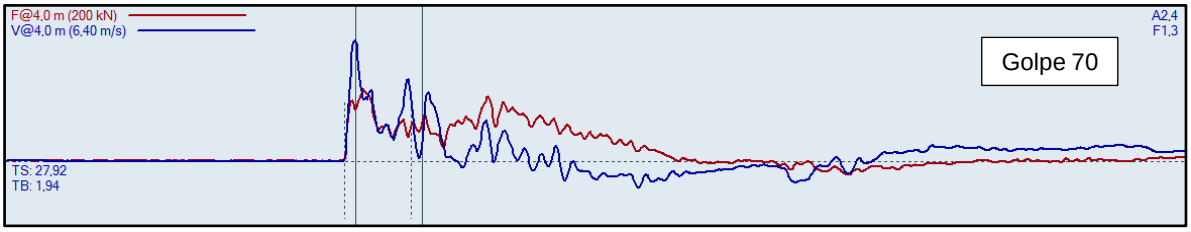

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 65
TS: 27,92
TB: 1,94

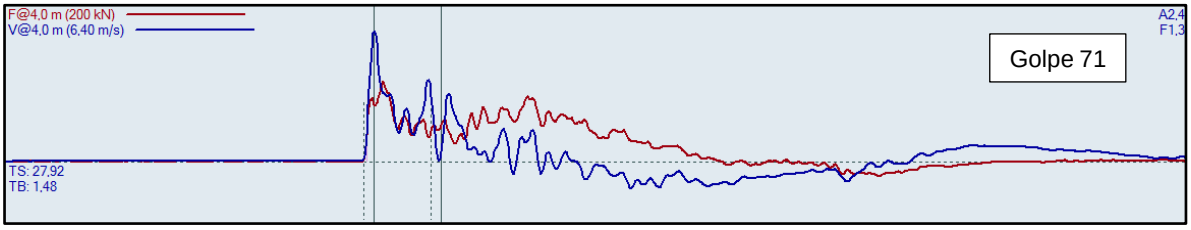

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 66
TS: 27,92
TB: 1,94

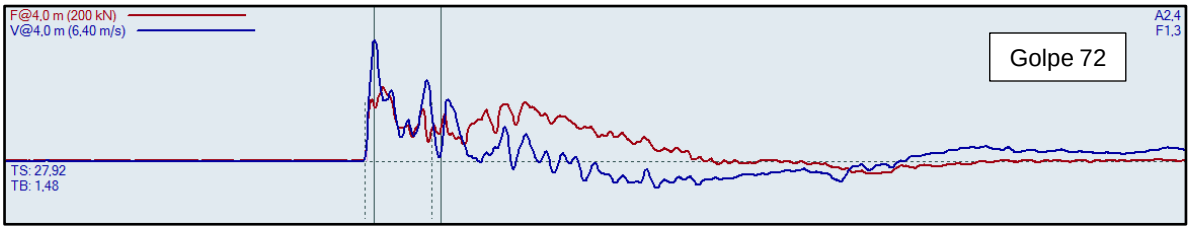

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 67
TS: 27,92
TB: 1,94

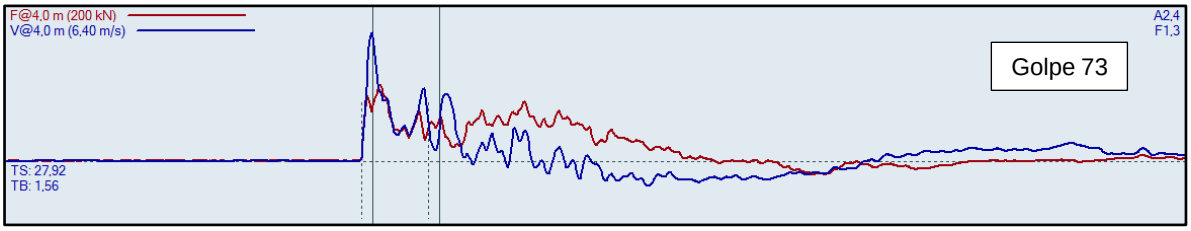

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 68
TS: 27,92
TB: 1,94

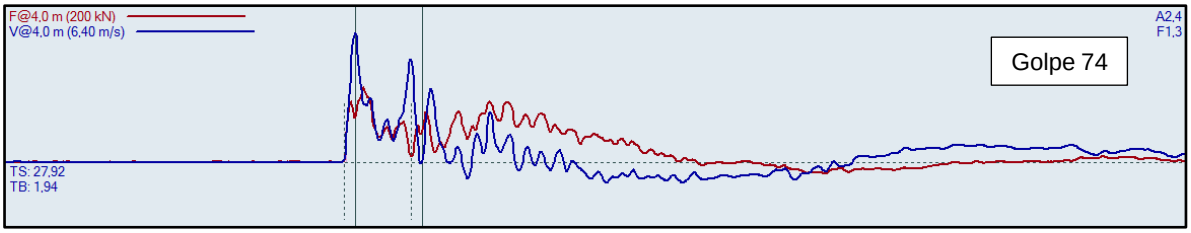

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 69
TS: 27,92
TB: 1,94

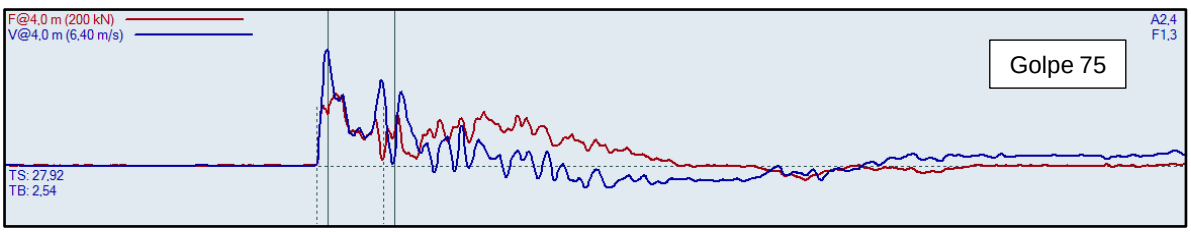

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 70
TS: 27,92
TB: 1,94

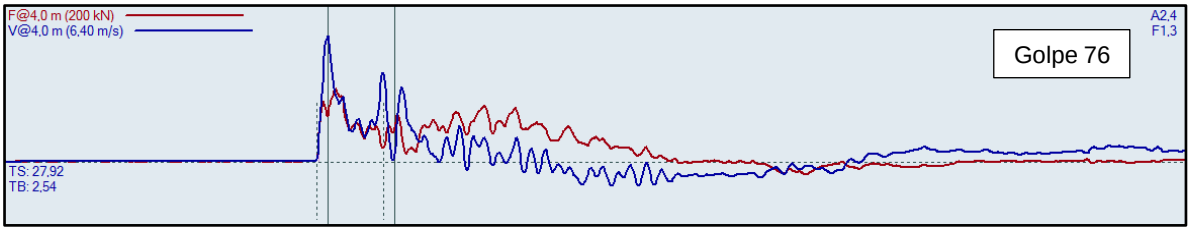

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 71
TS: 27,92
TB: 1,48

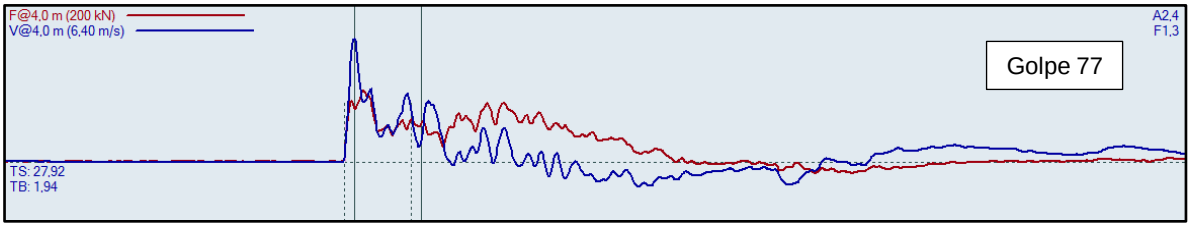

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 72
TS: 27,92
TB: 1,48

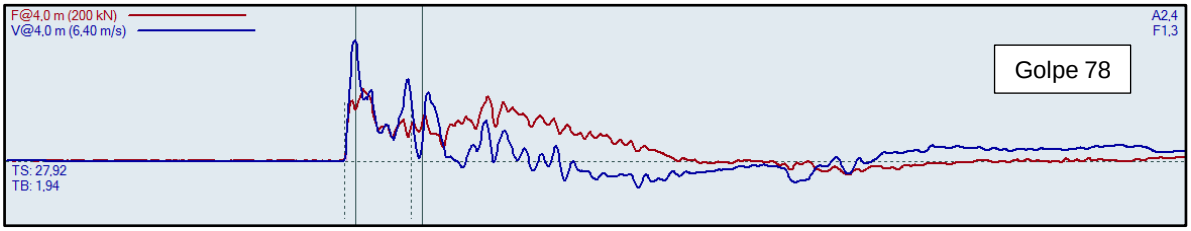

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 73
TS: 27,92
TB: 1,56

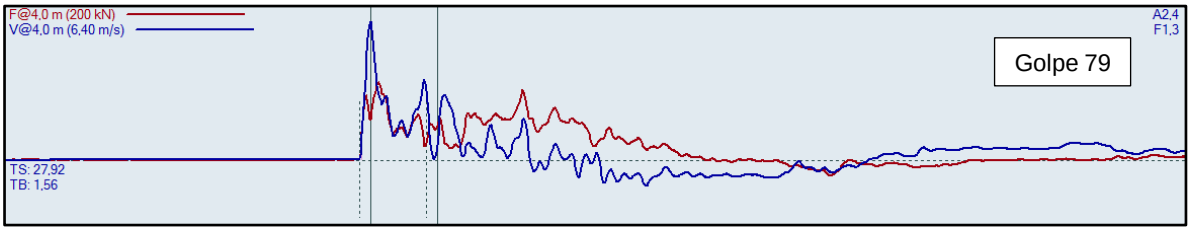

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 74
TS: 27,92
TB: 1,94

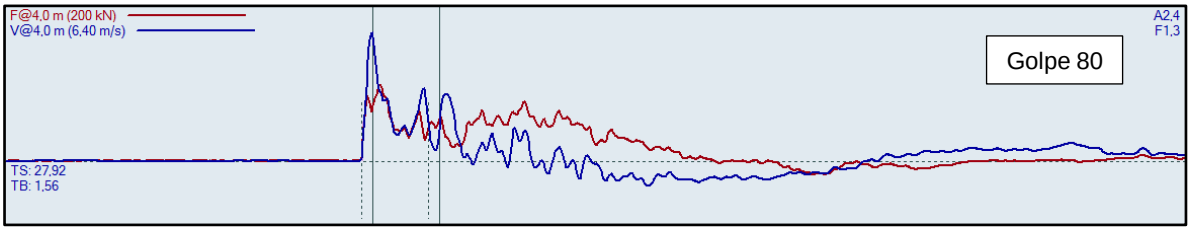

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 75
TS: 27,92
TB: 2,54

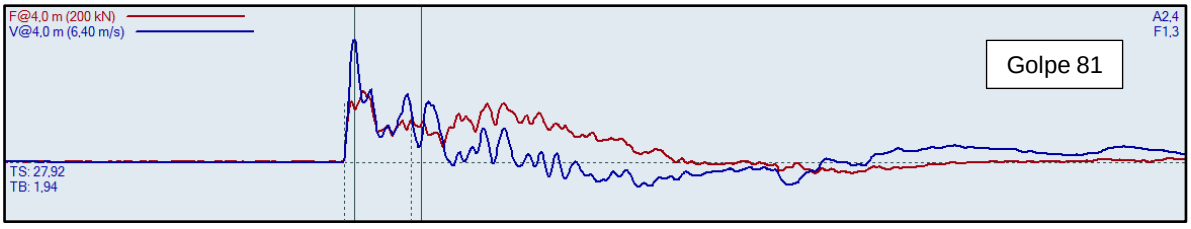

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 76
TS: 27,92
TB: 2,54

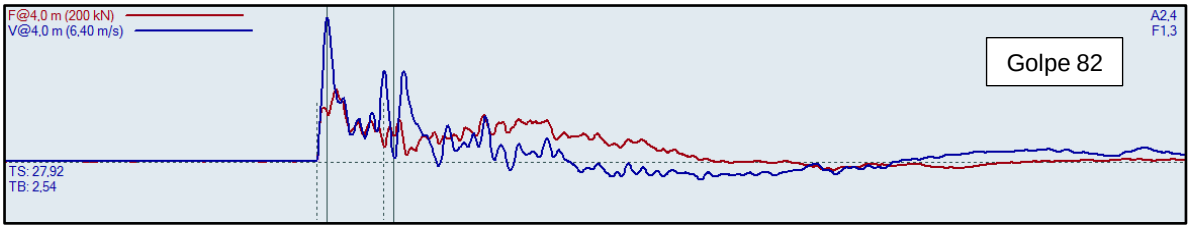

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 77
TS: 27,92
TB: 1,94

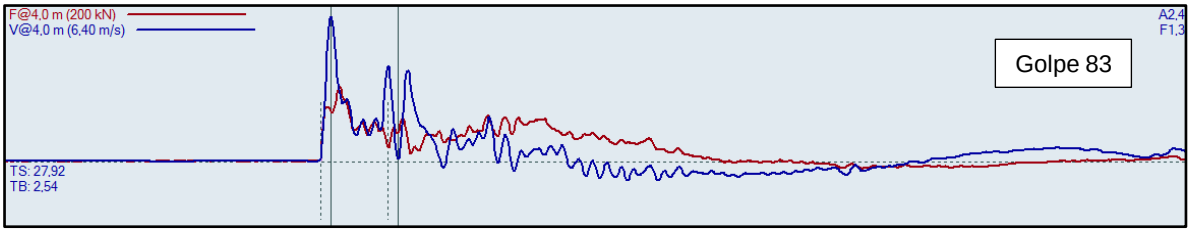

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 78
TS: 27,92
TB: 1,94

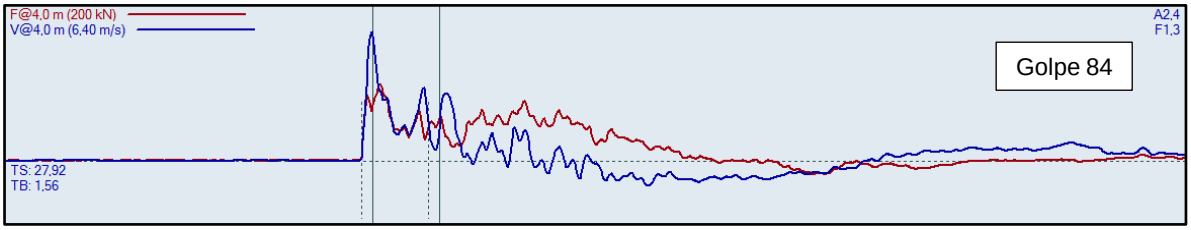

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 79
TS: 27,92
TB: 1,56

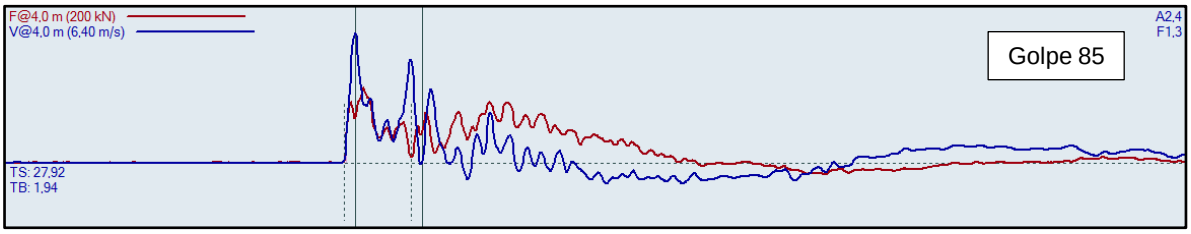

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 80
TS: 27,92
TB: 1,56

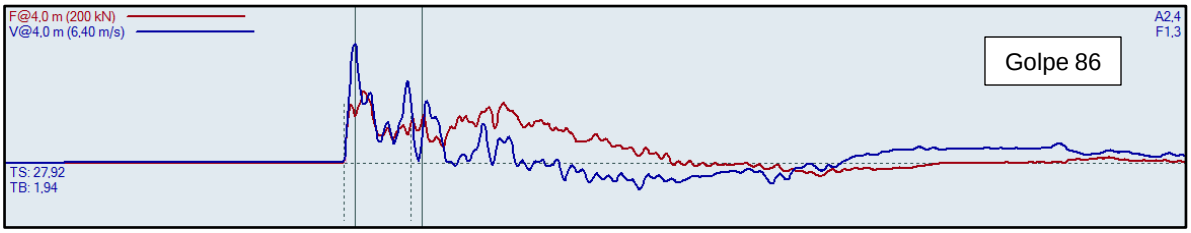

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 81
TS: 27,92
TB: 1,94

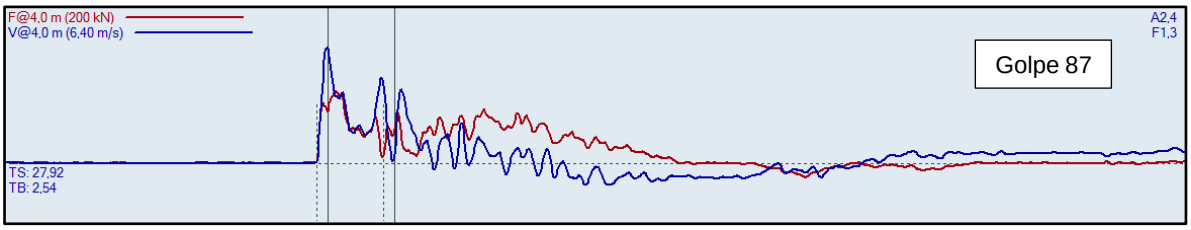

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 82
TS: 27,92
TB: 2,54

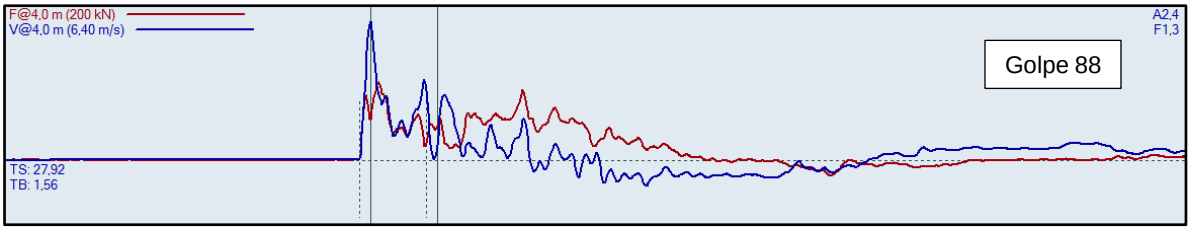

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 83
TS: 27,92
TB: 2,54

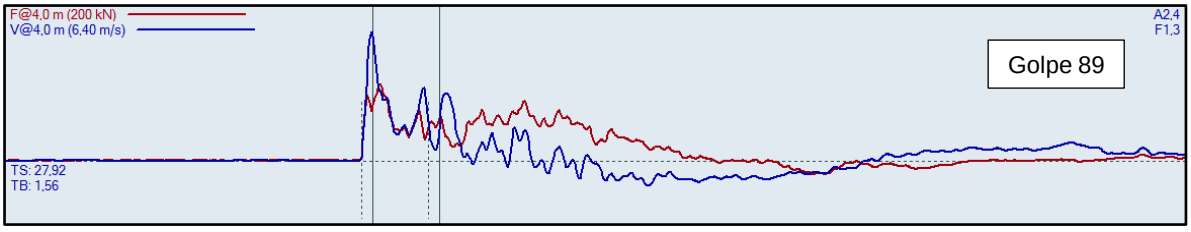

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 84
TS: 27,92
TB: 1,56

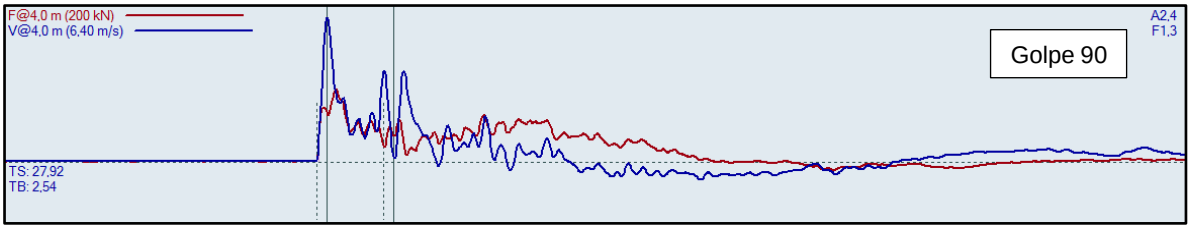

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 85
TS: 27,92
TB: 1,94

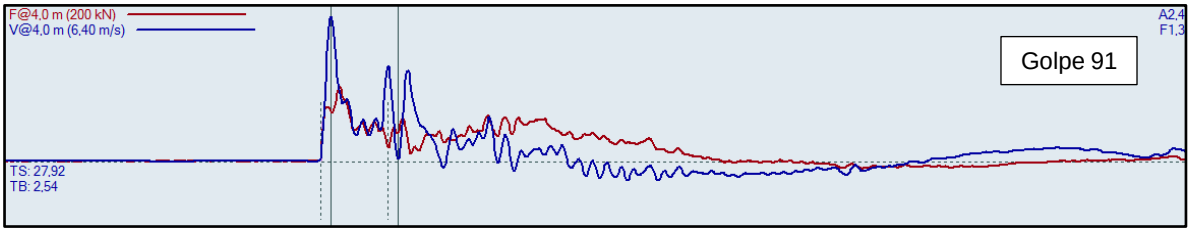

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 86
TS: 27,92
TB: 1,94

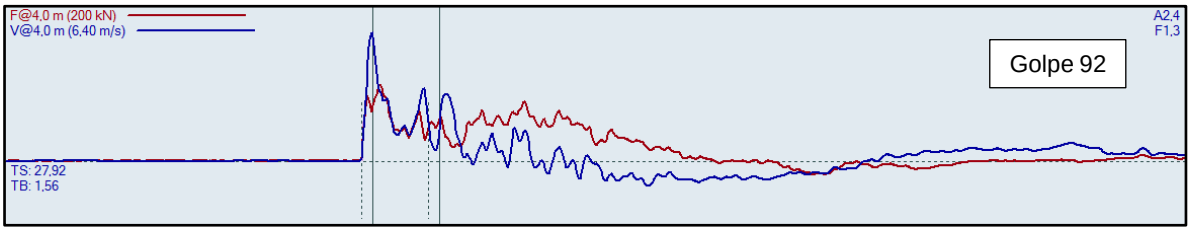

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 87
TS: 27,92
TB: 2,54

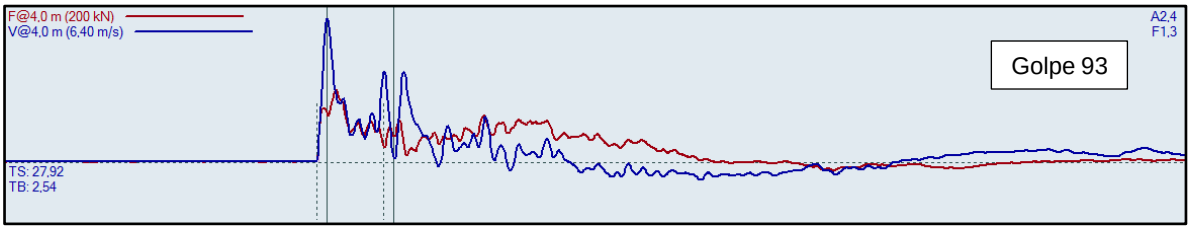

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 88
TS: 27,92
TB: 1,56

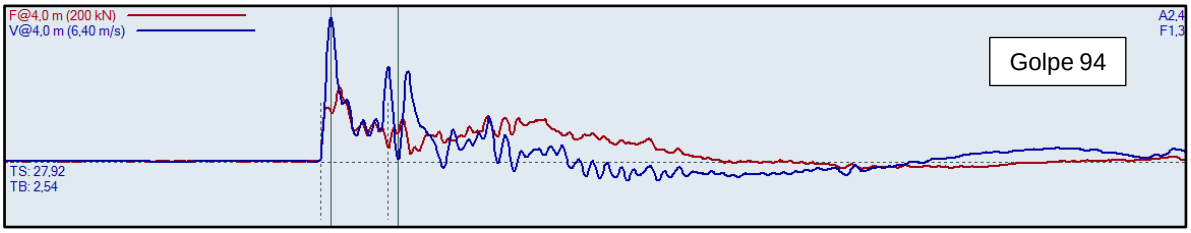

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 89
TS: 27,92
TB: 1,56

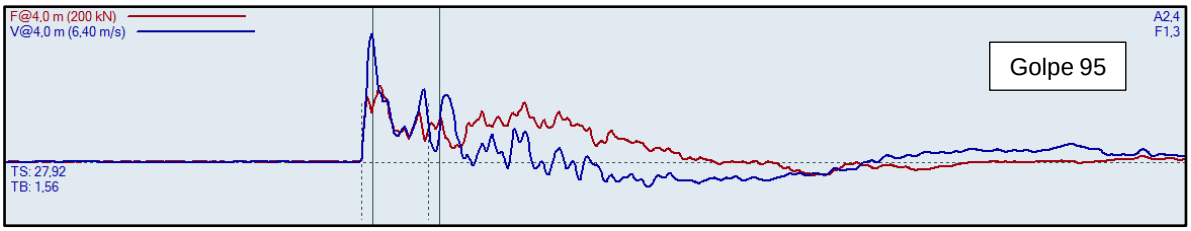

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 90
TS: 27,92
TB: 2,54

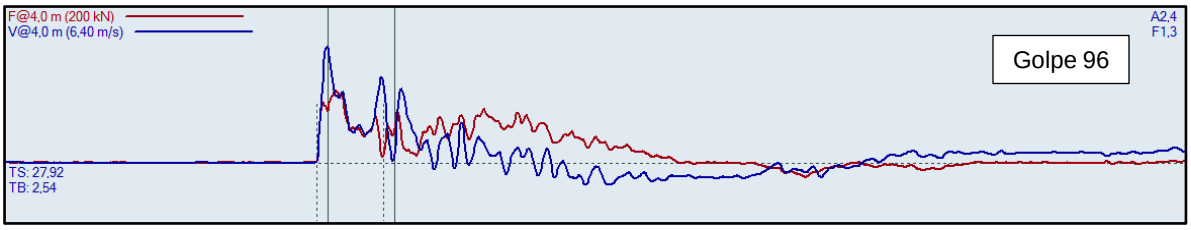

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 91
TS: 27,92
TB: 2,54

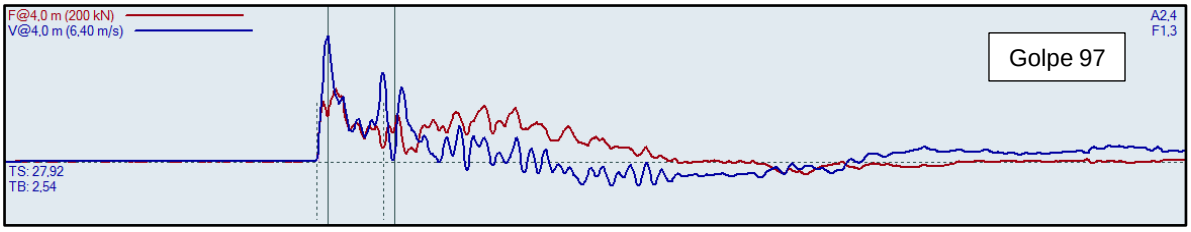

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 92
TS: 27,92
TB: 1,56

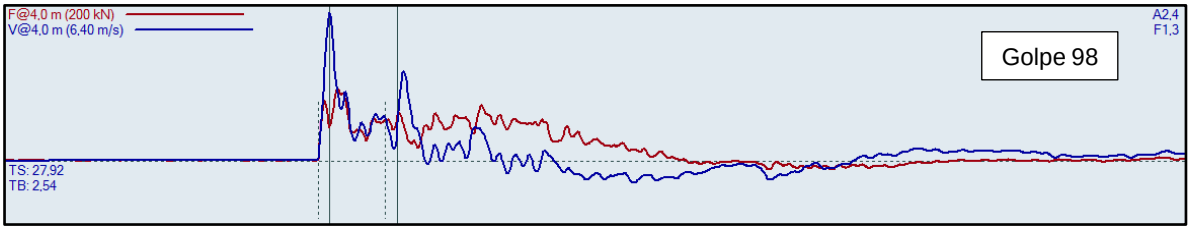

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 93
TS: 27,92
TB: 2,54

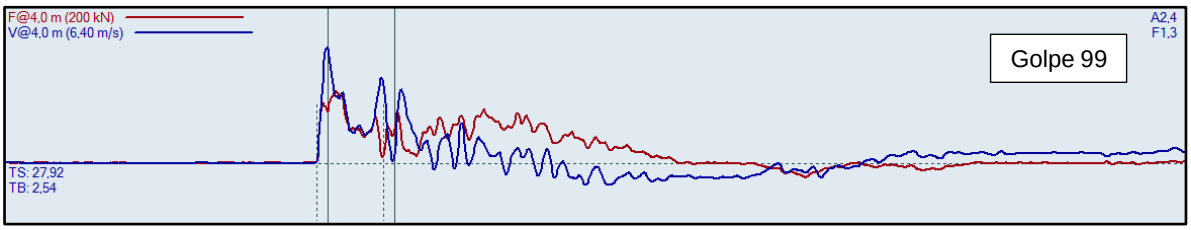

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 94
TS: 27,92
TB: 2,54

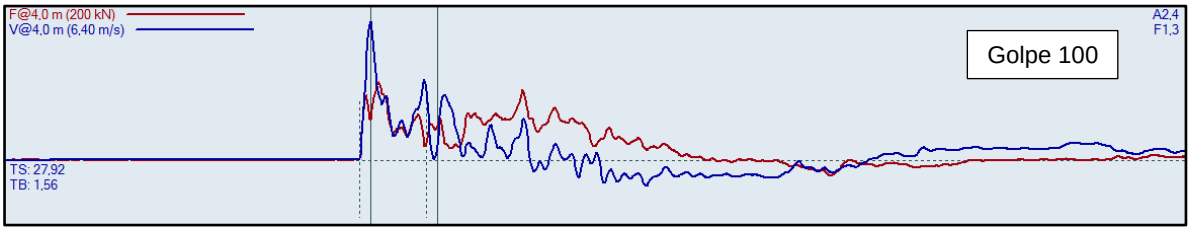

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 95
TS: 27,92
TB: 1,56

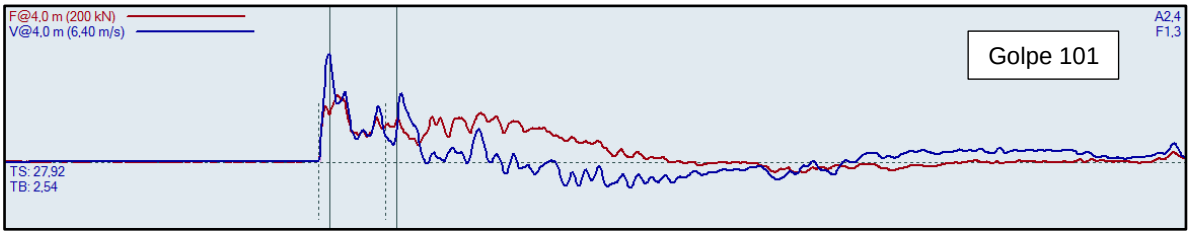

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 96
TS: 27,92
TB: 2,54

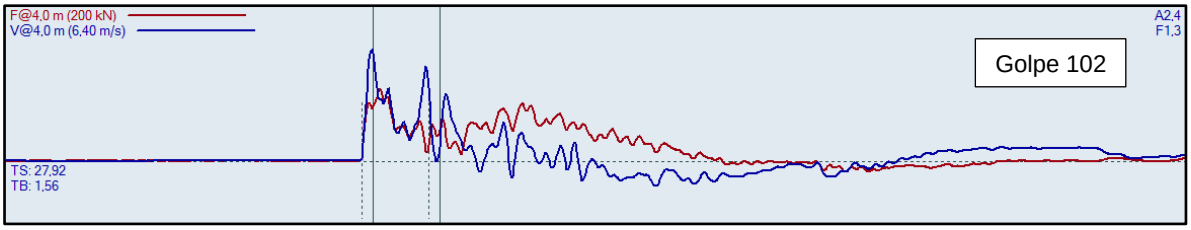

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 97
TS: 27,92
TB: 2,54

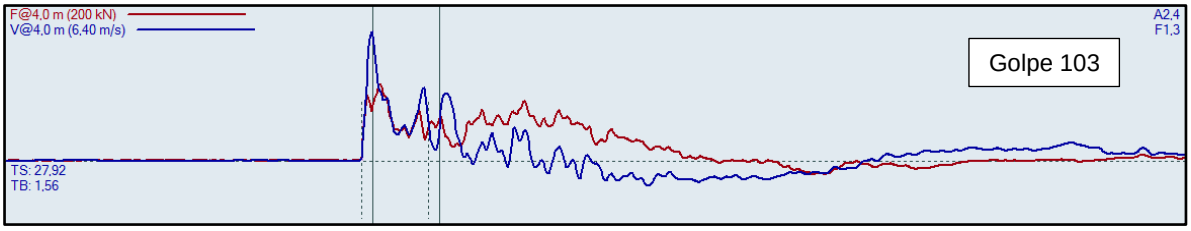

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 98
TS: 27,92
TB: 2,54

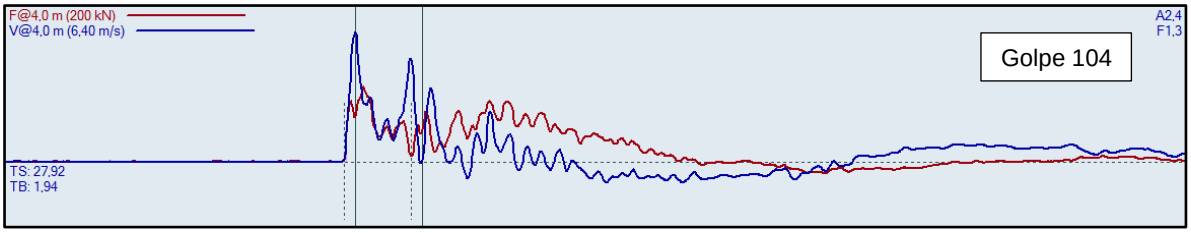

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 99
TS: 27,92
TB: 2,54


F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 100
TS: 27,92
TB: 1,56


F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 101
TS: 27,92
TB: 2,54

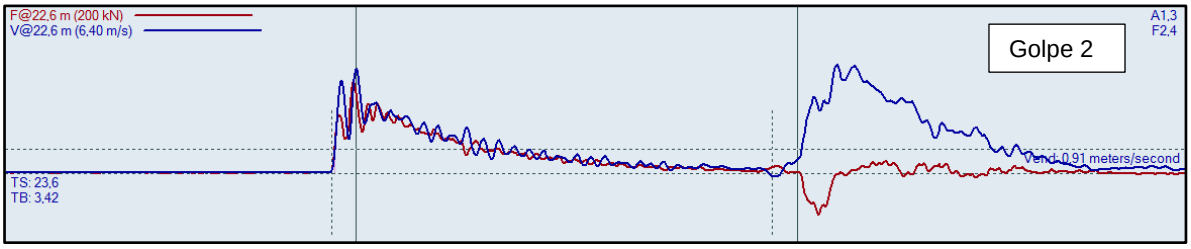

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 102
TS: 27,92
TB: 1,56

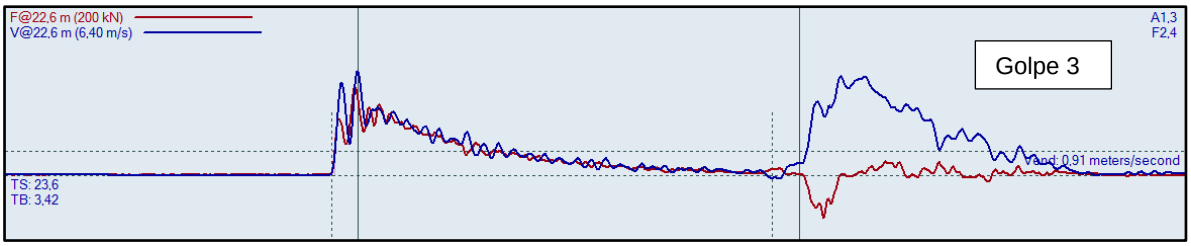

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 103
TS: 27,92
TB: 1,56

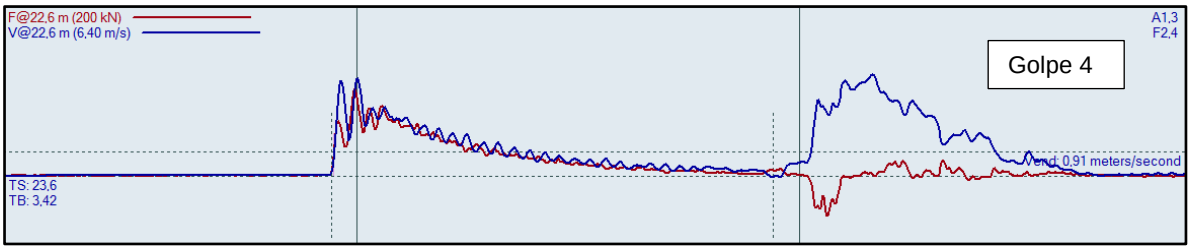

F@4,0 m (200 kN)
V@4,0 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 104
TS: 27,92
TB: 1,94

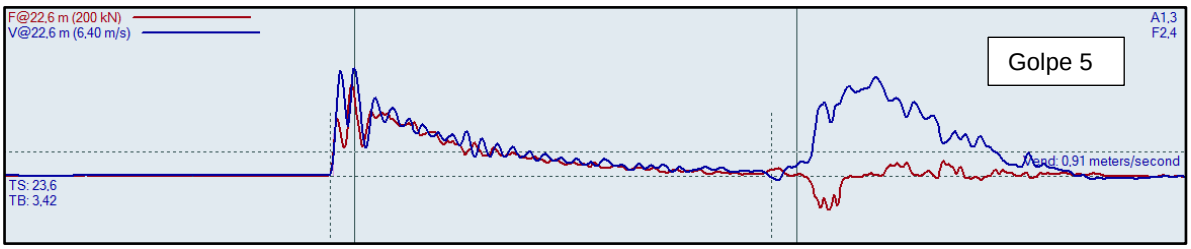
Gráficas de fuerza y velocidad de calibración Máquina Longyear 1

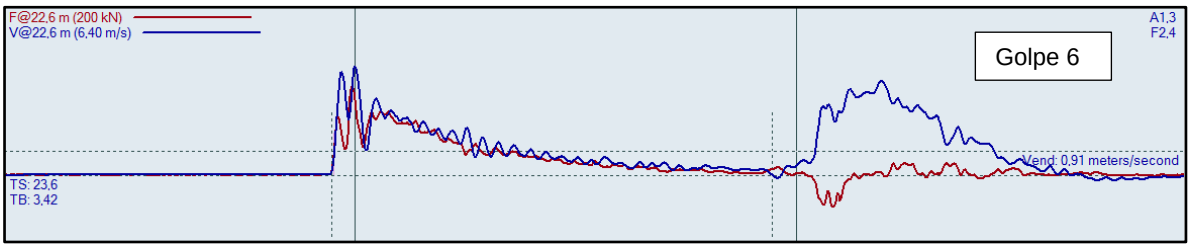
Profundidad 20.80 – 21.25

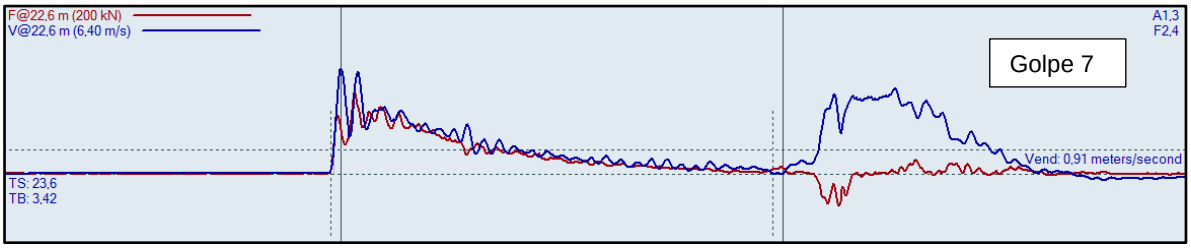


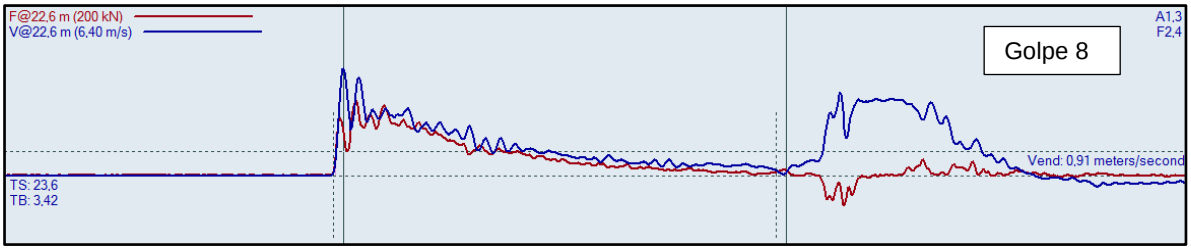


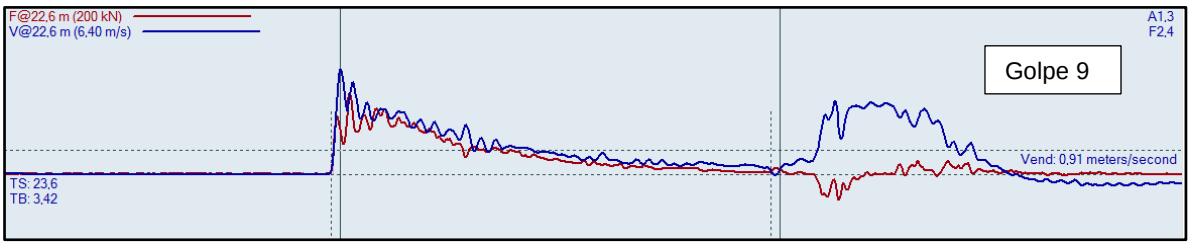


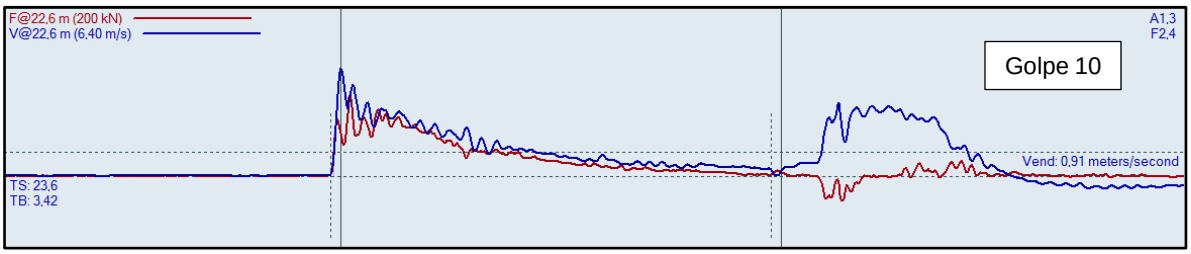


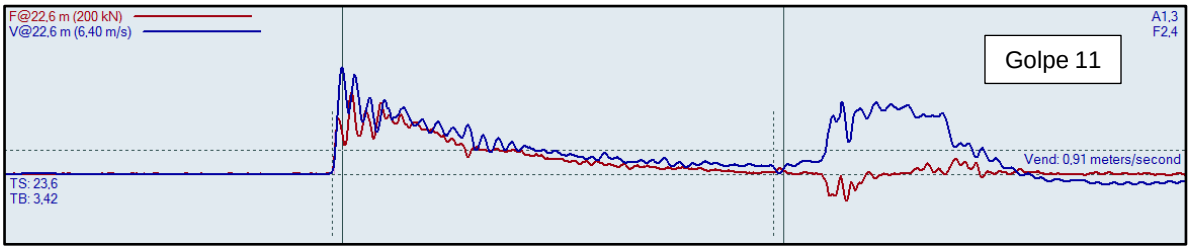


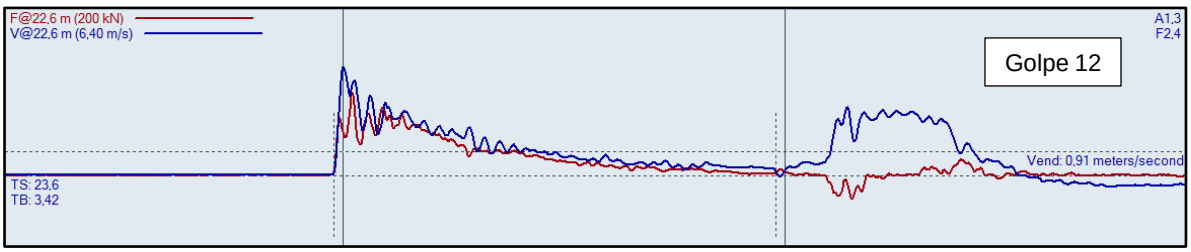


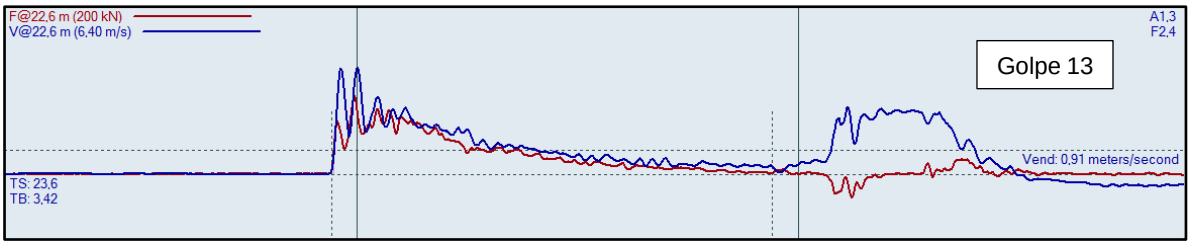

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 8
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

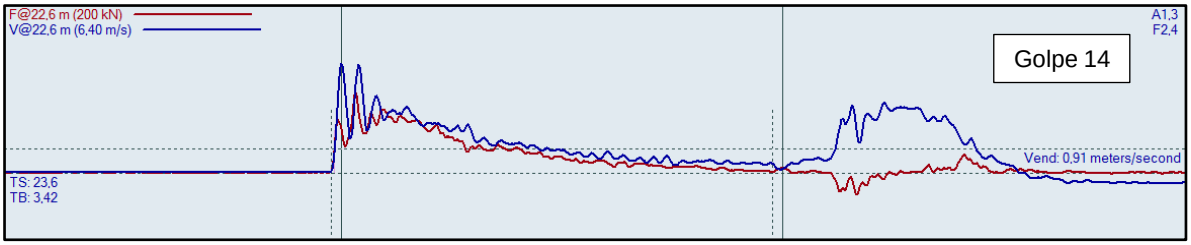

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 9
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

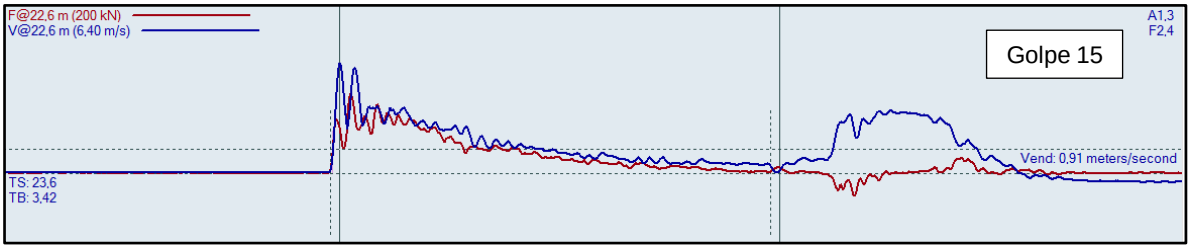

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 10
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

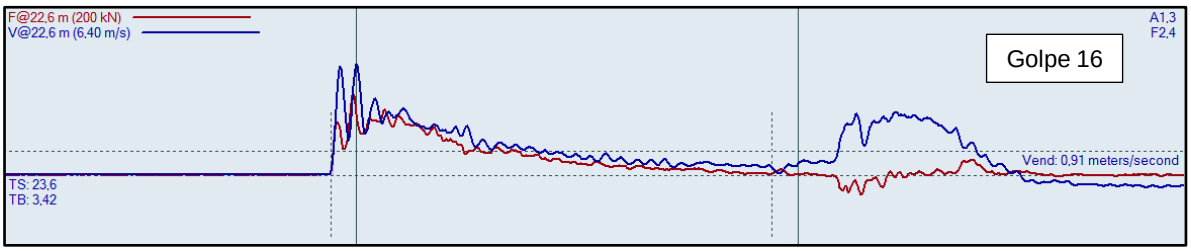

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 11
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

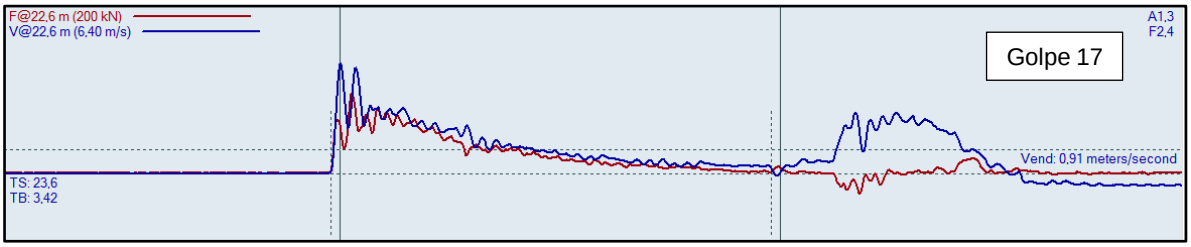

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 12
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

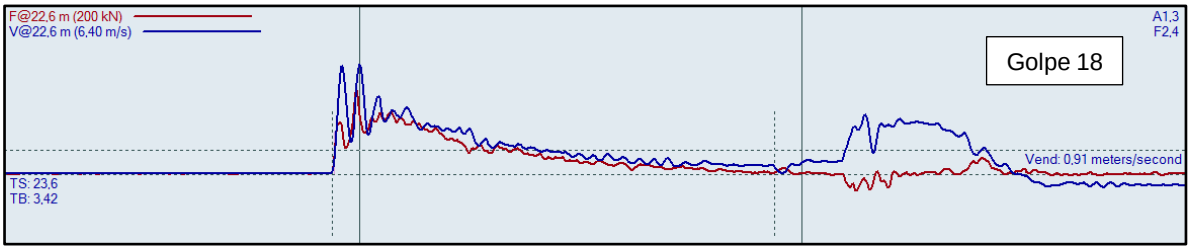

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 13
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

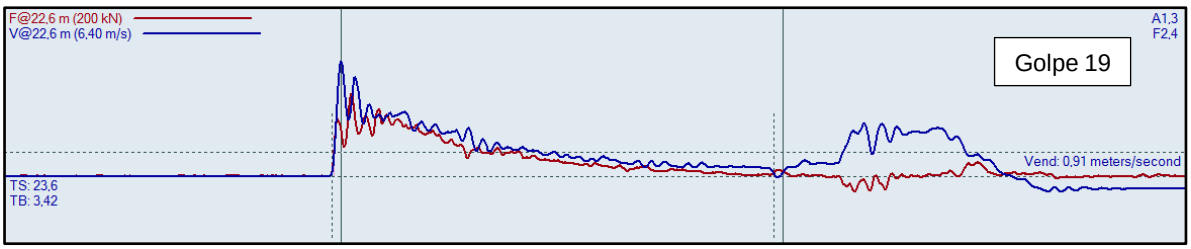

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 14
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

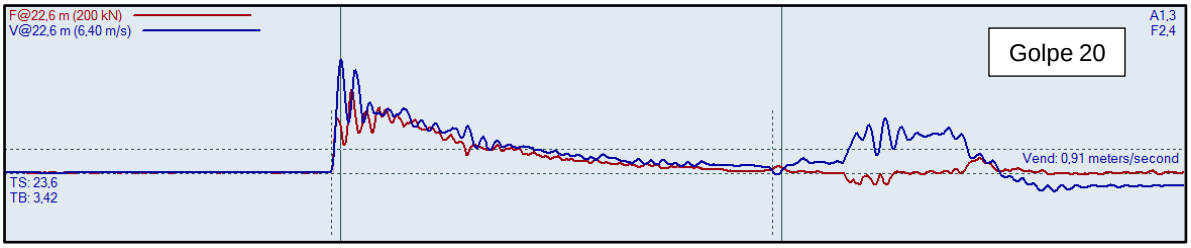

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 15
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

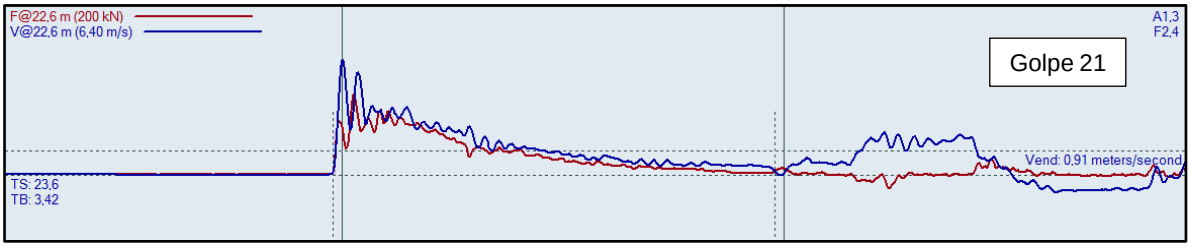

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 16
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

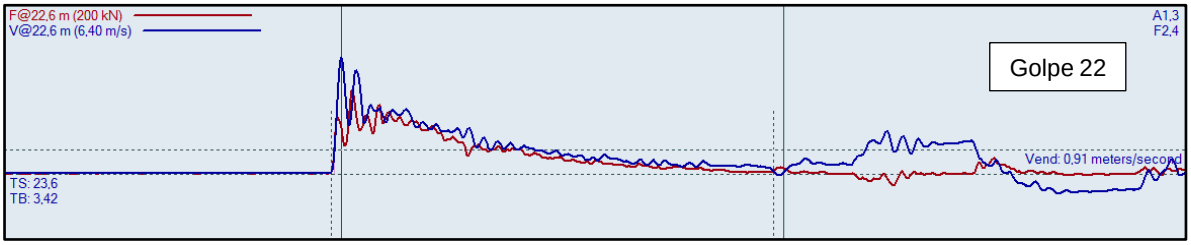

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 17
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

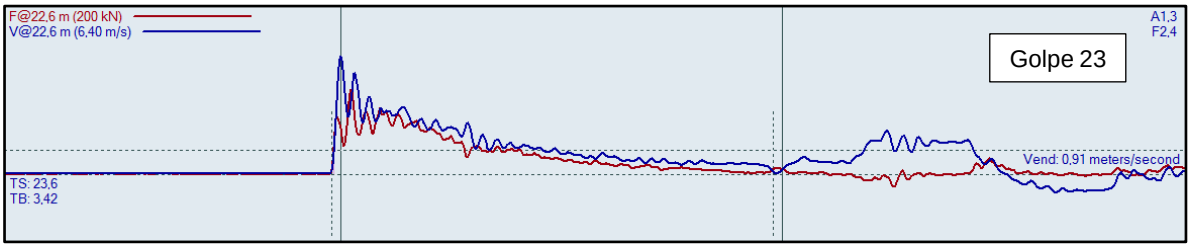

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 18
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

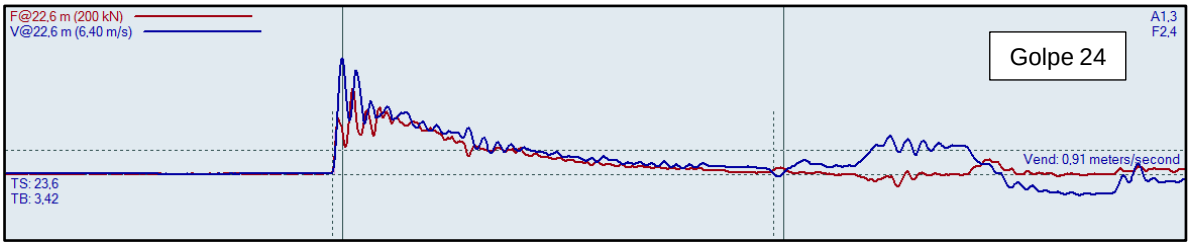

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 19
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

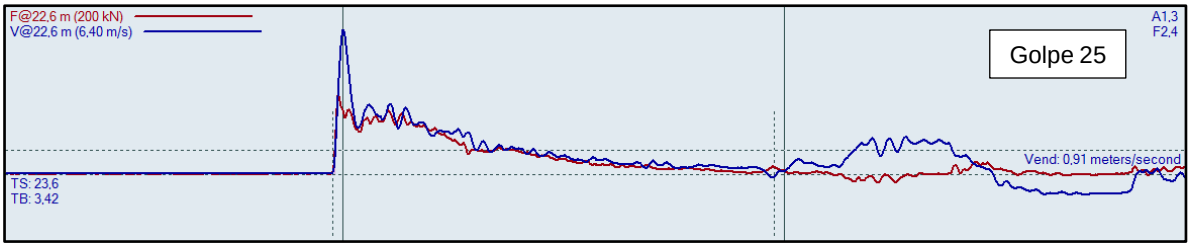

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 20
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

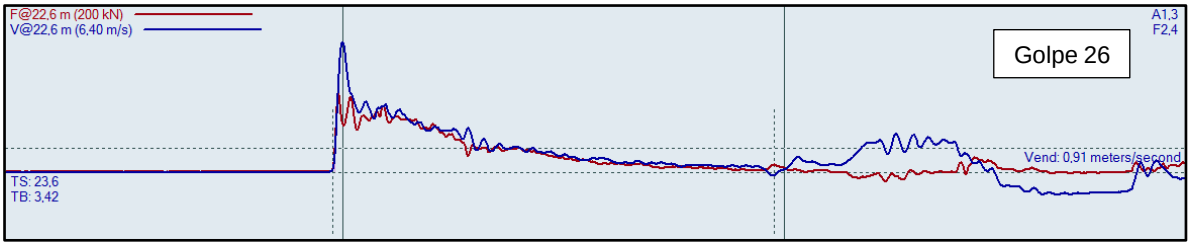

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 21
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

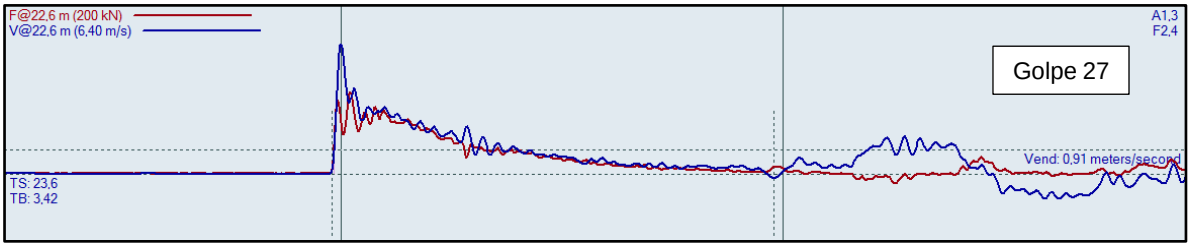

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 22
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

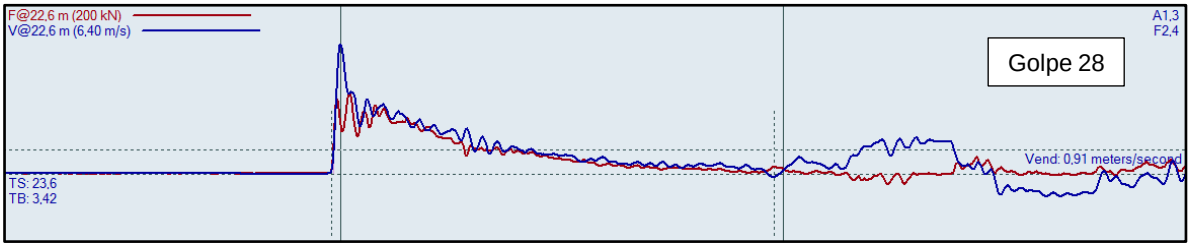

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 23
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

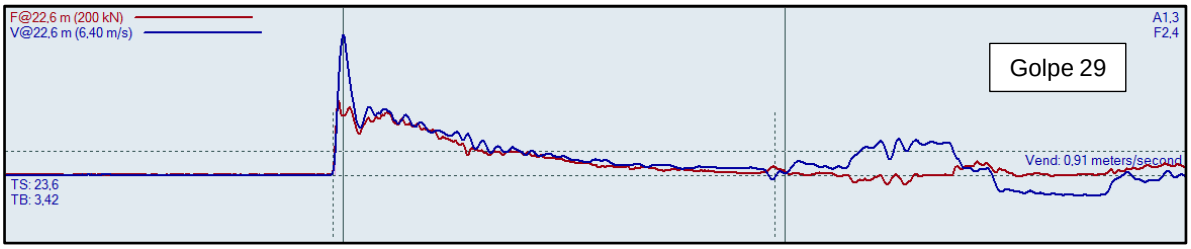

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 24
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

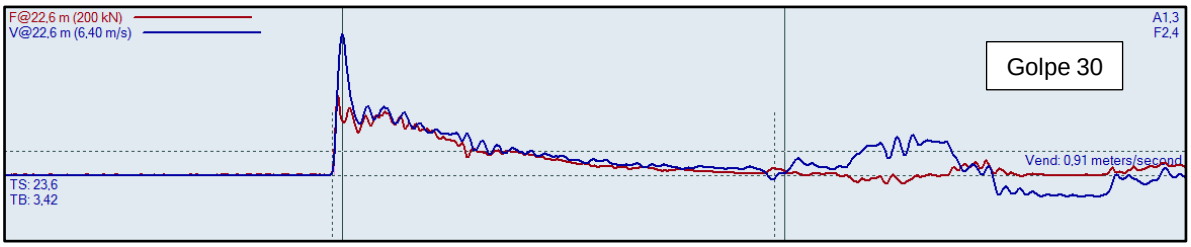

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 25
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

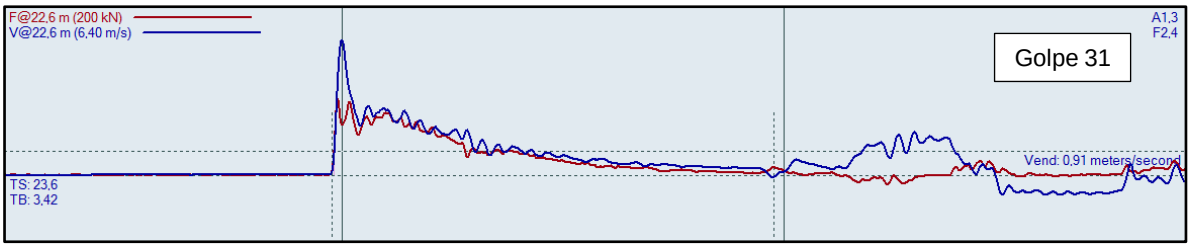

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 26
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

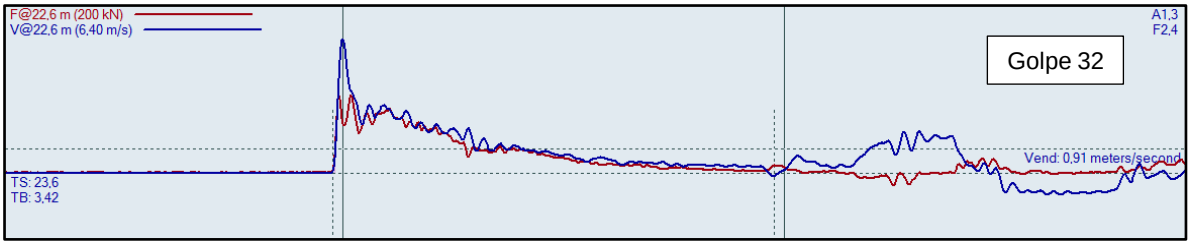

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 27
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

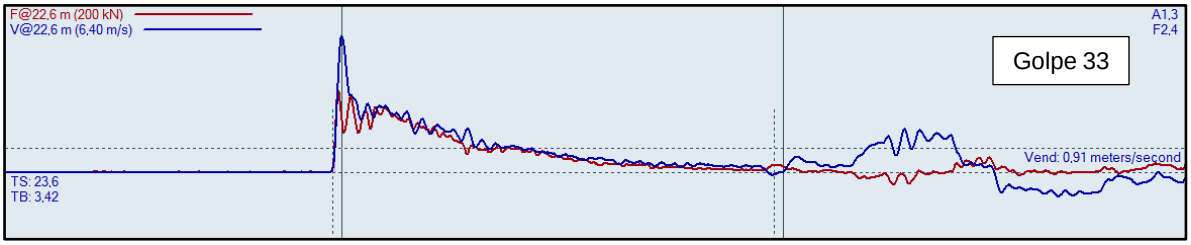

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 28
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

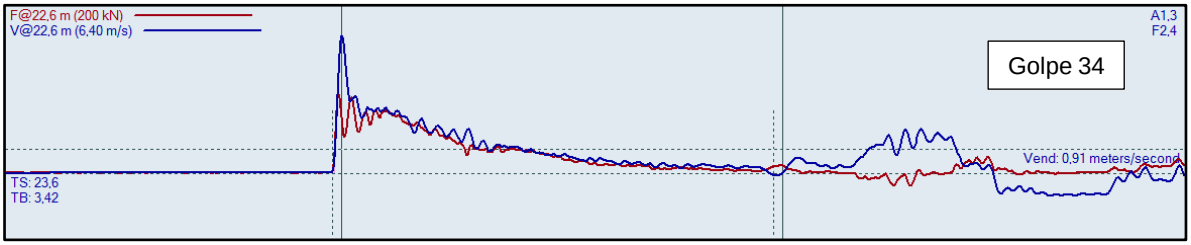

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 29
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

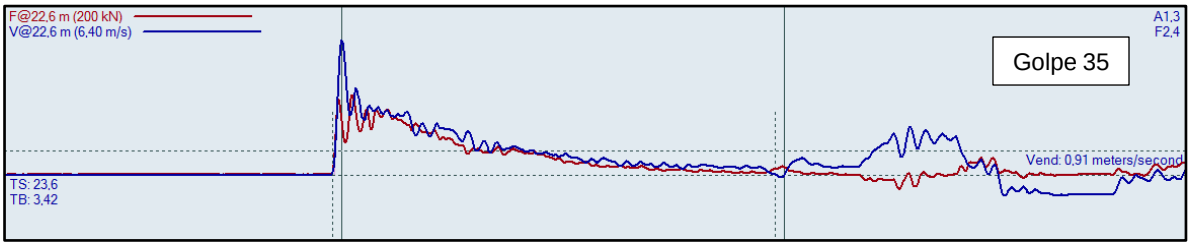

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 30
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

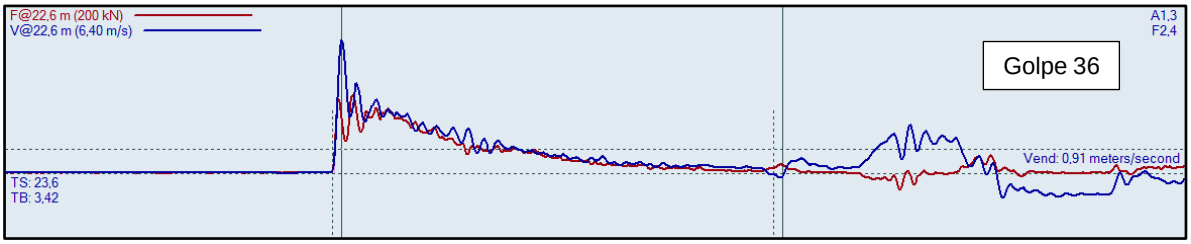

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 31
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

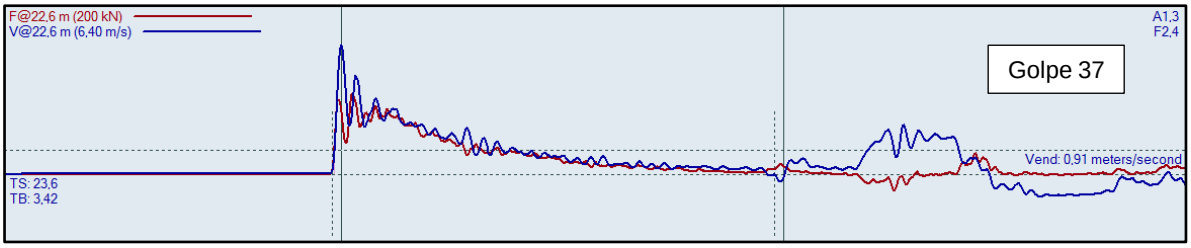

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 32
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

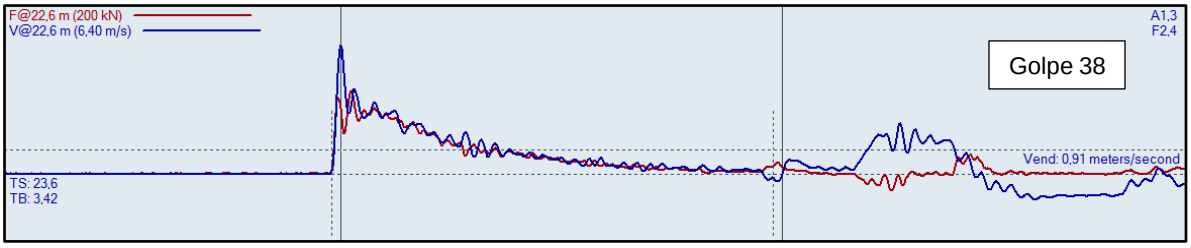

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 33
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

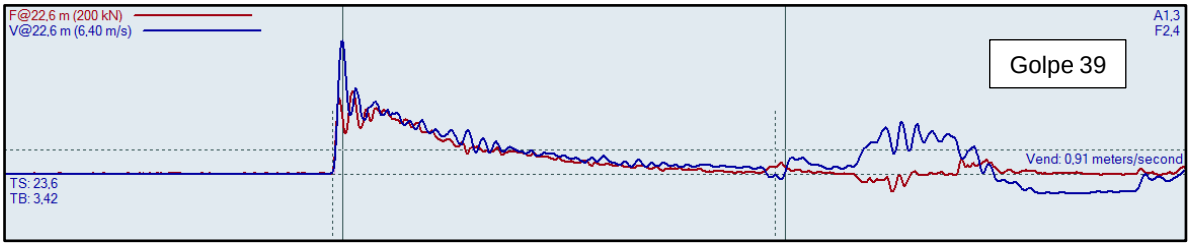

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 34
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

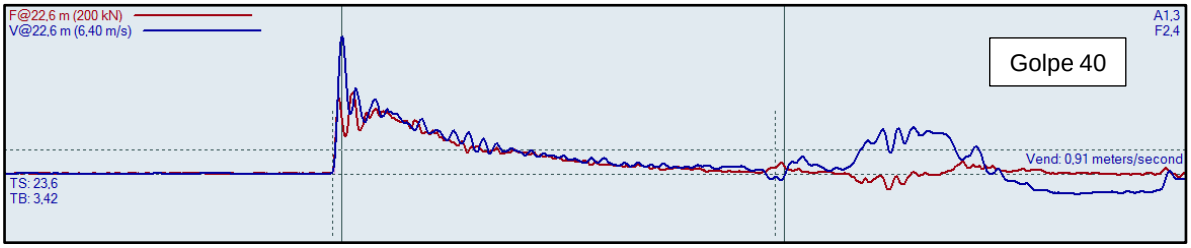

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 35
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

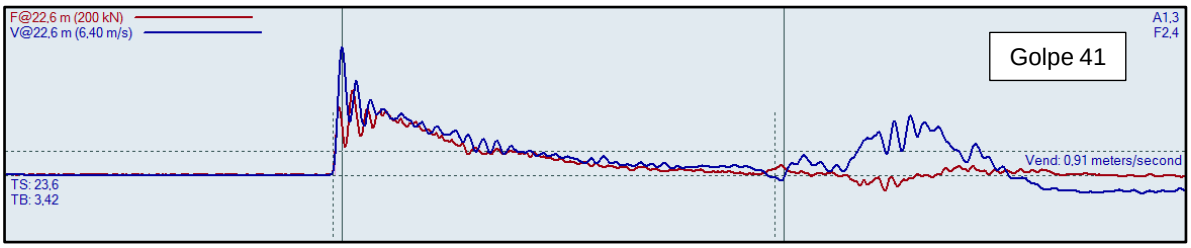

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 36
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

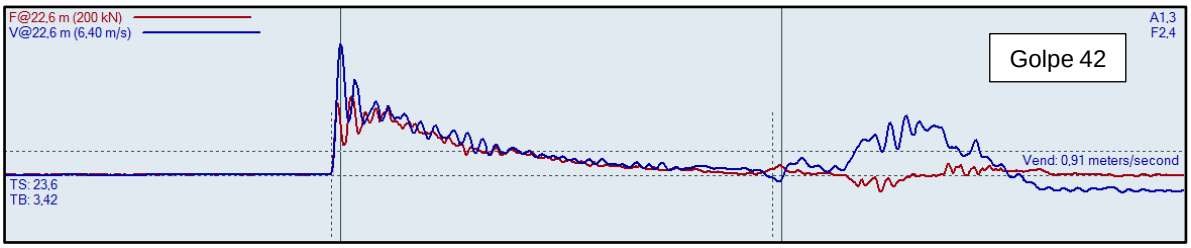

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 37
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

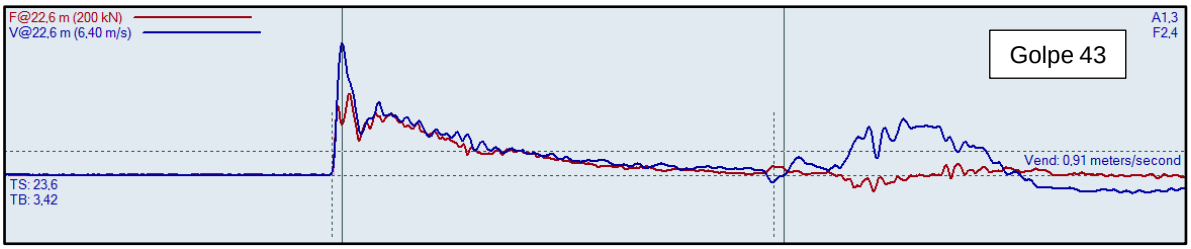

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 38
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42


F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 39
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

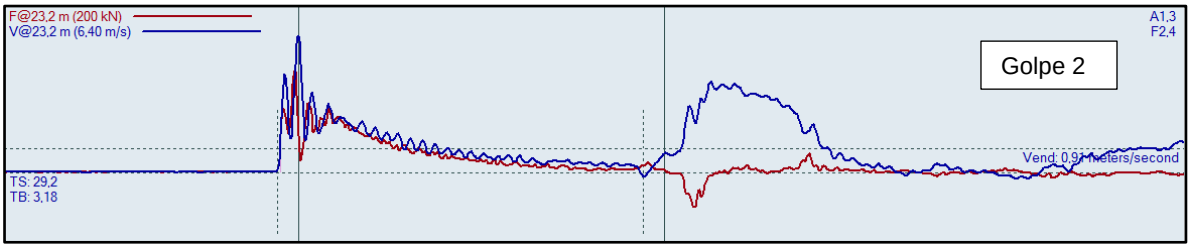

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 40
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

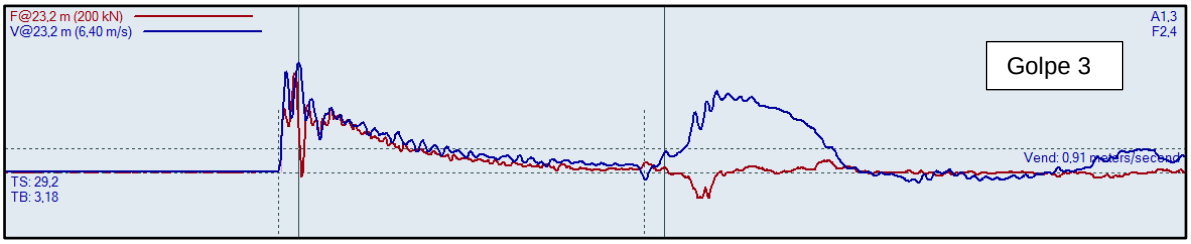

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 41
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

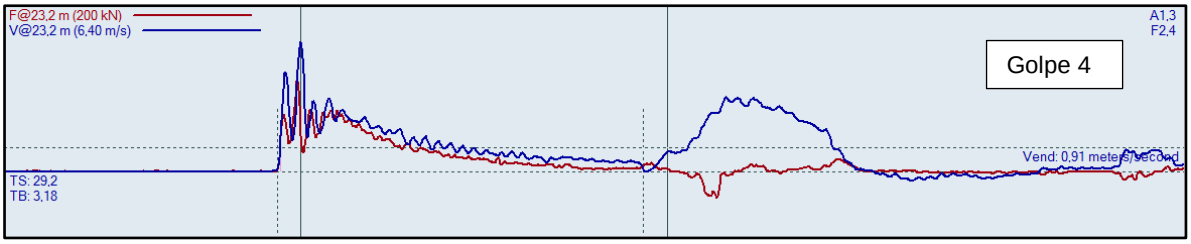

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 42
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

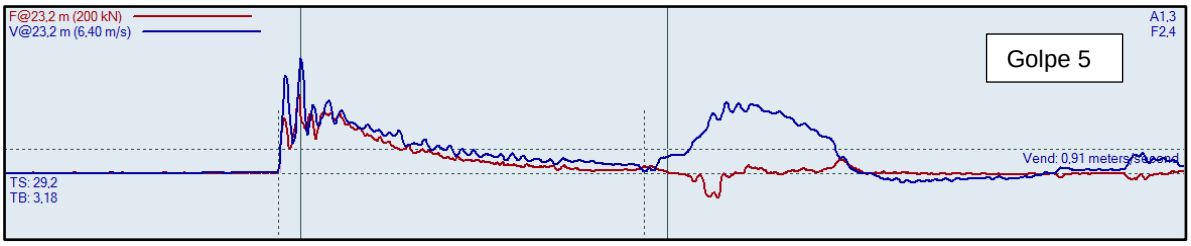

F@22,6 m (200 kN)
V@22,6 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 43
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,6
TB: 3,42

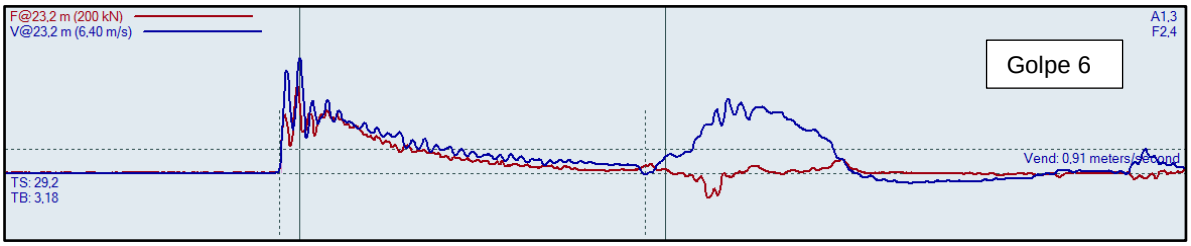
Profundidad 21.50 – 21.95

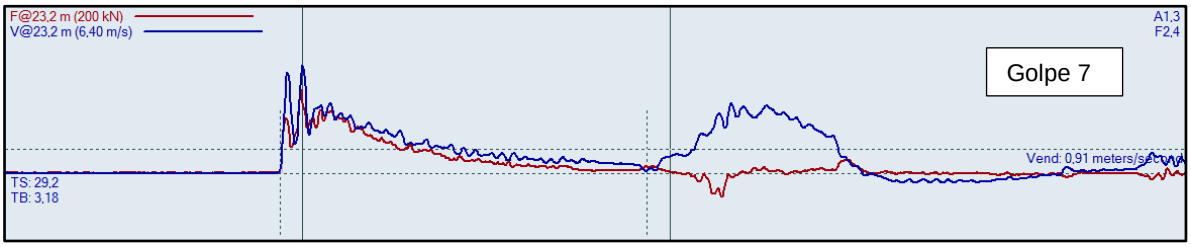


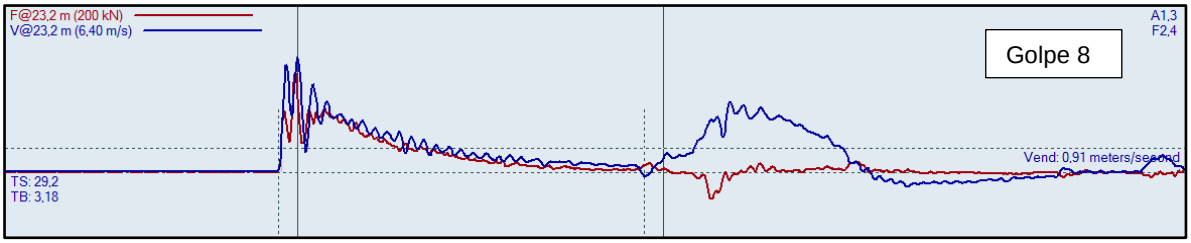


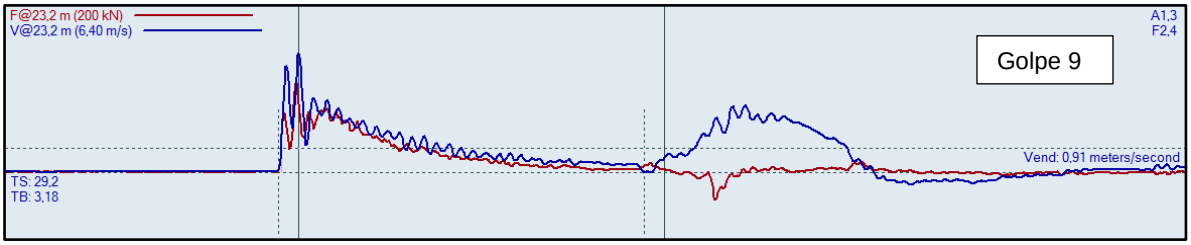


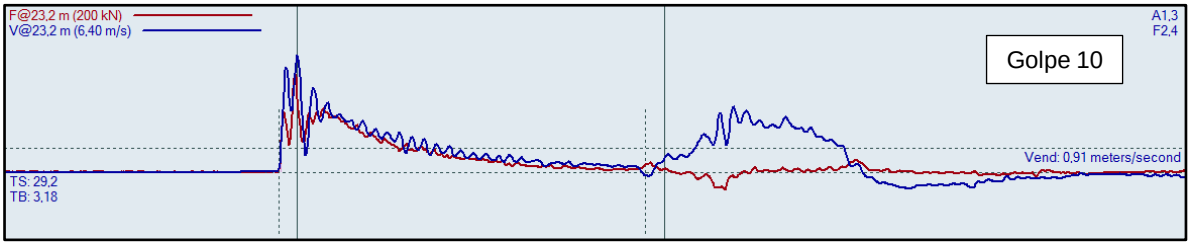


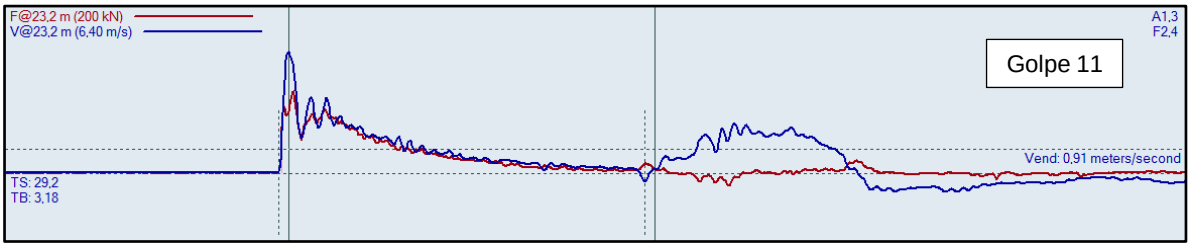


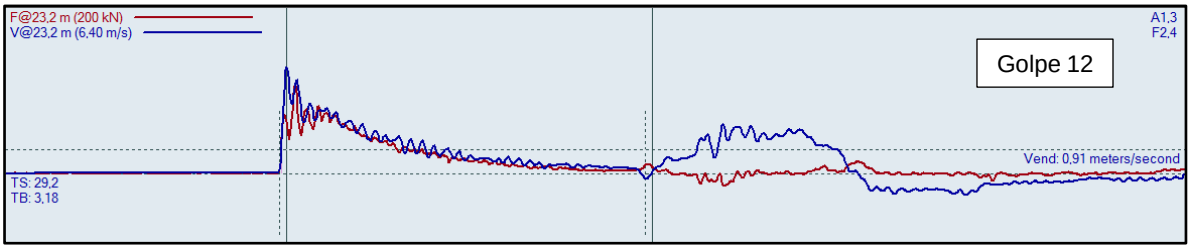


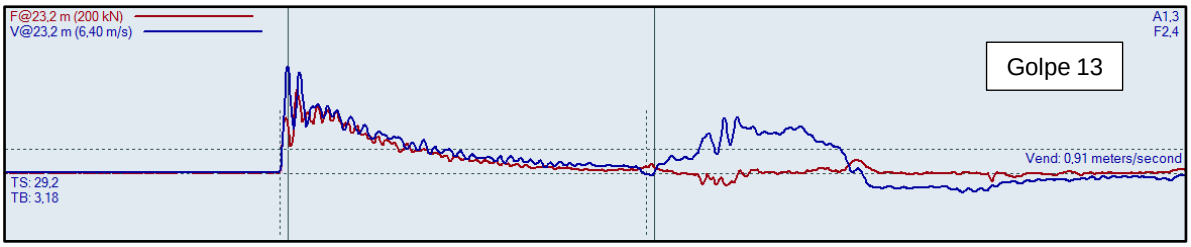

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 8
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

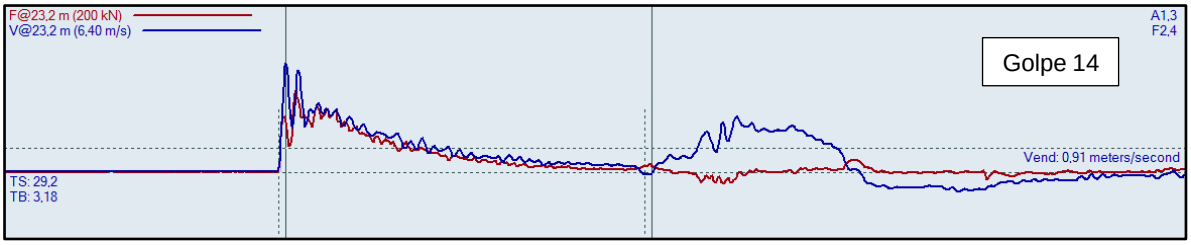

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 9
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

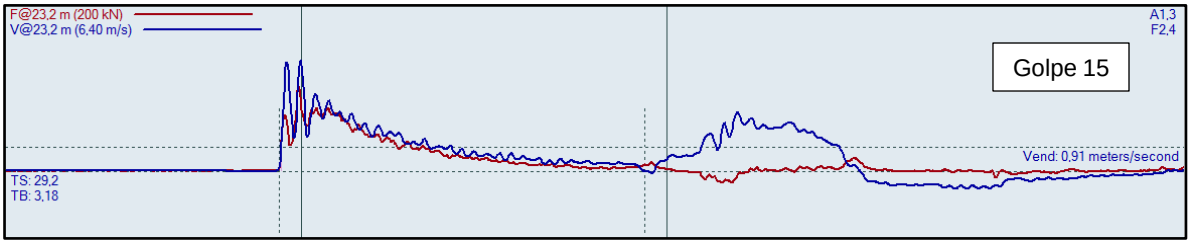

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 10
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

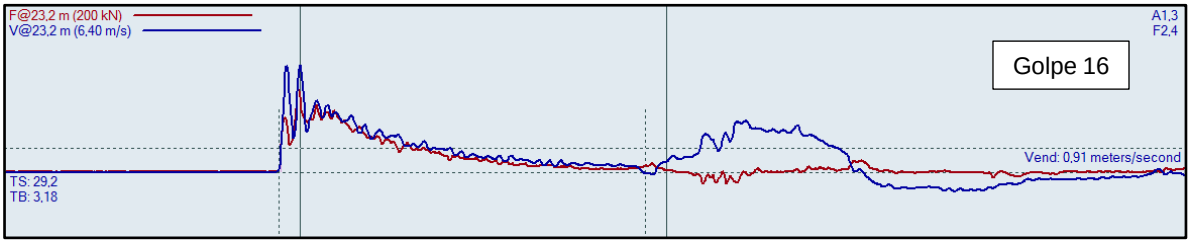

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 11
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

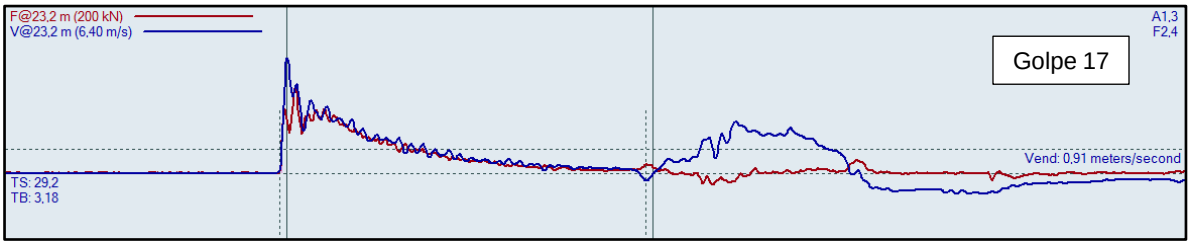

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 12
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

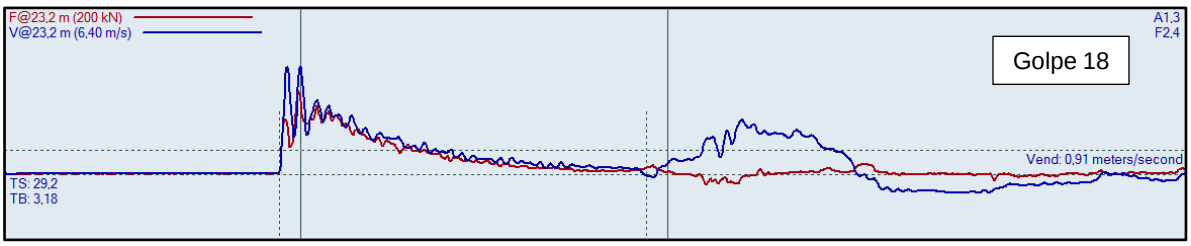

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 13
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

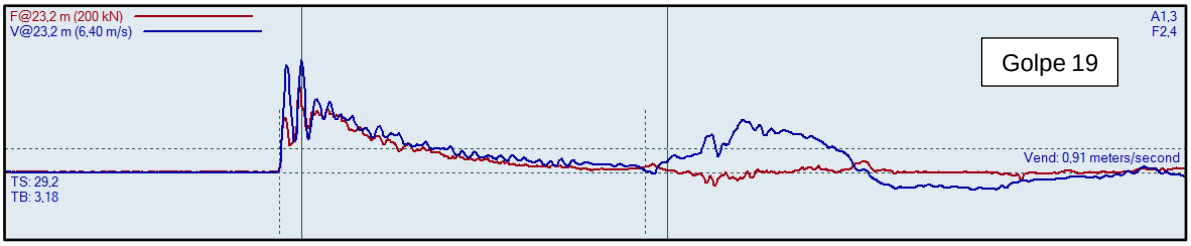

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 14
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

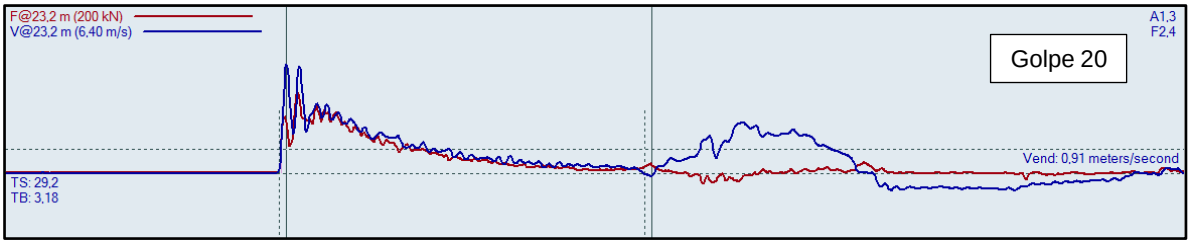

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 15
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

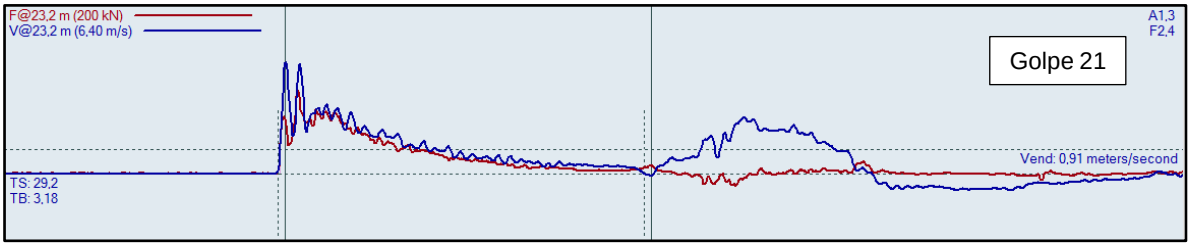

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 16
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

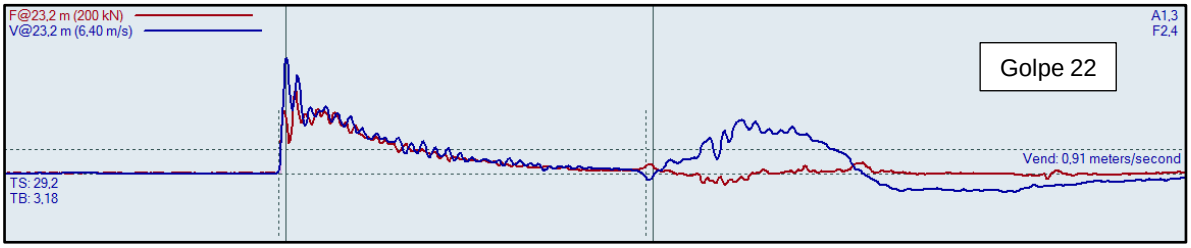

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 17
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

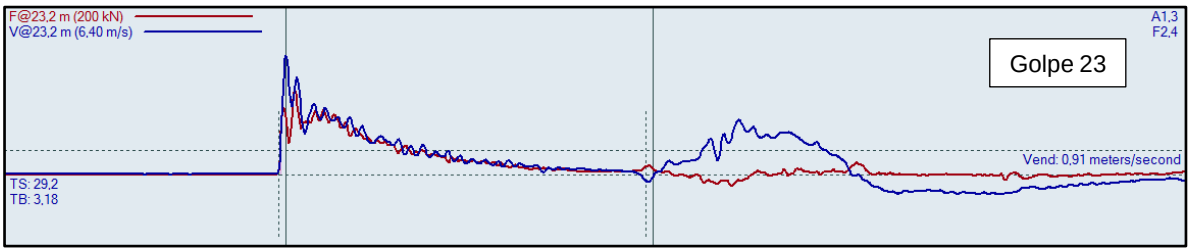

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 18
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

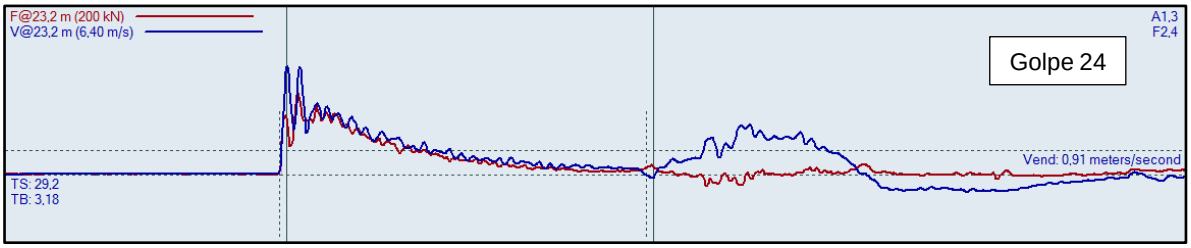

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 19
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

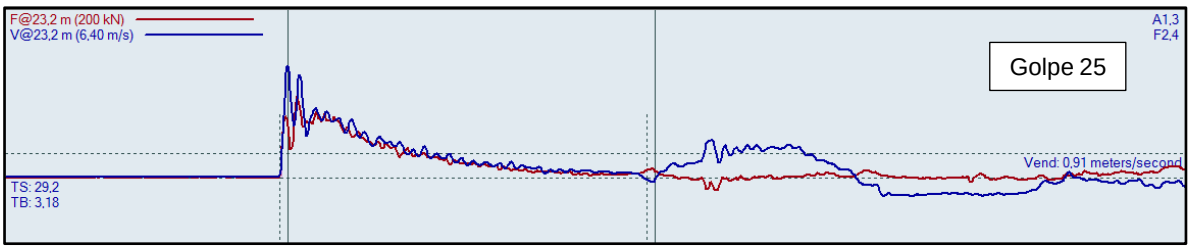

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 20
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

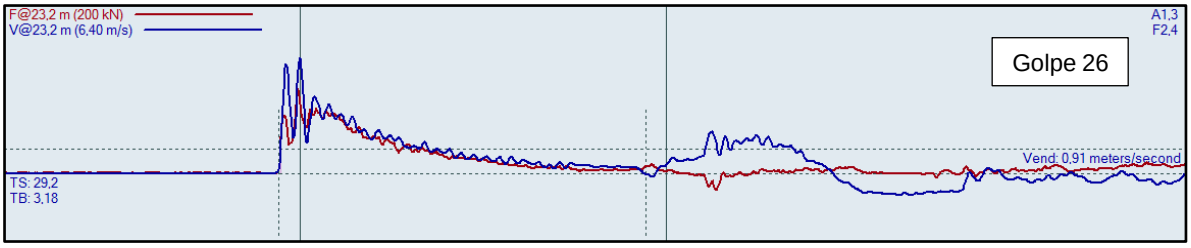

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 21
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

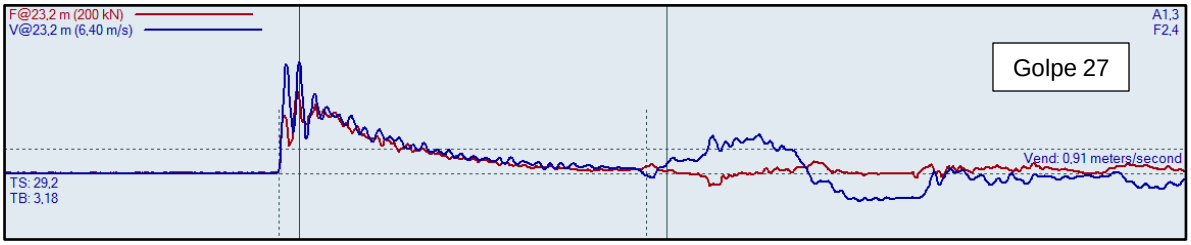

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 22
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

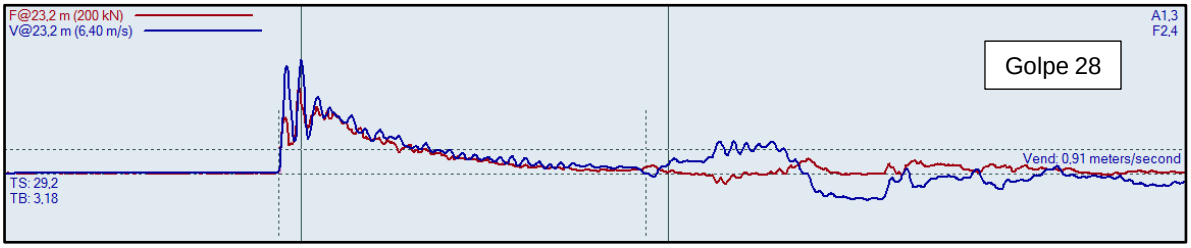

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 23
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

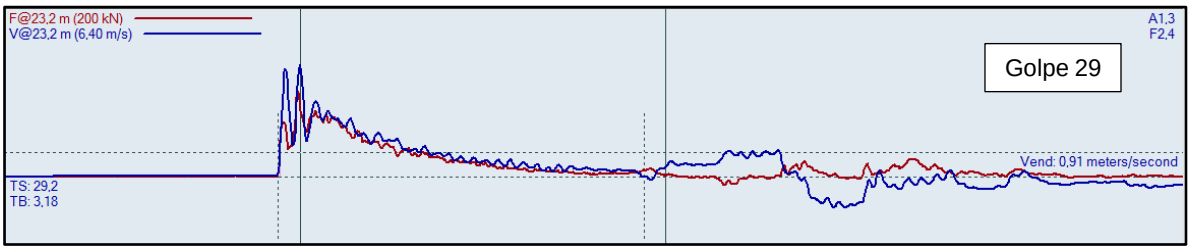

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 24
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

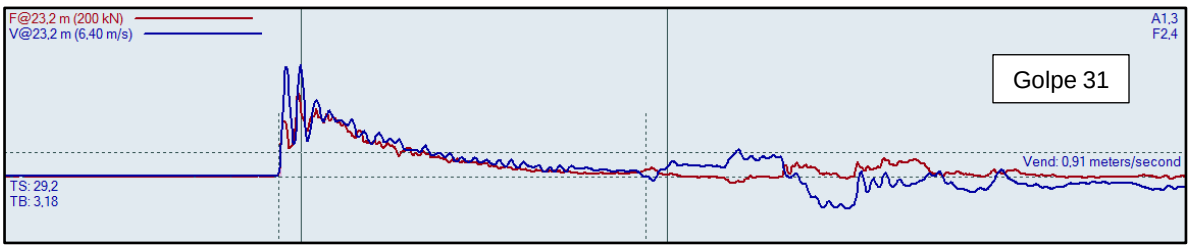

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 25
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

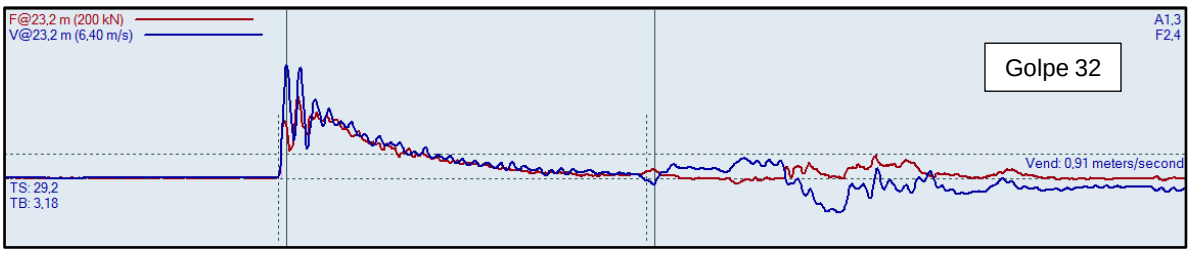

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 26
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

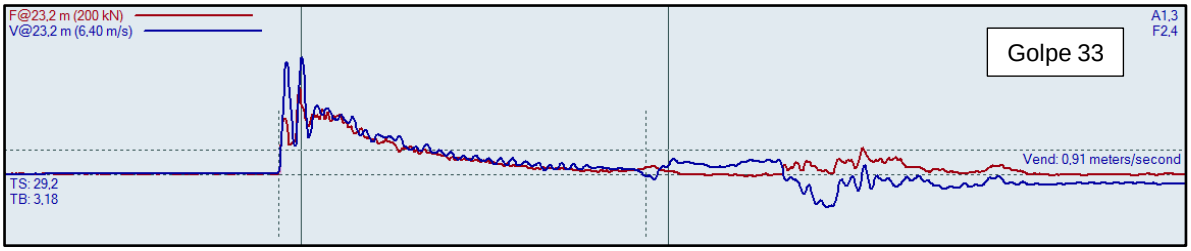

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 27
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

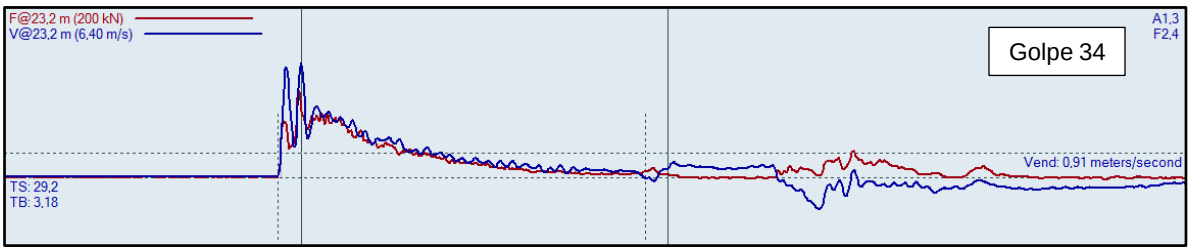

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 28
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

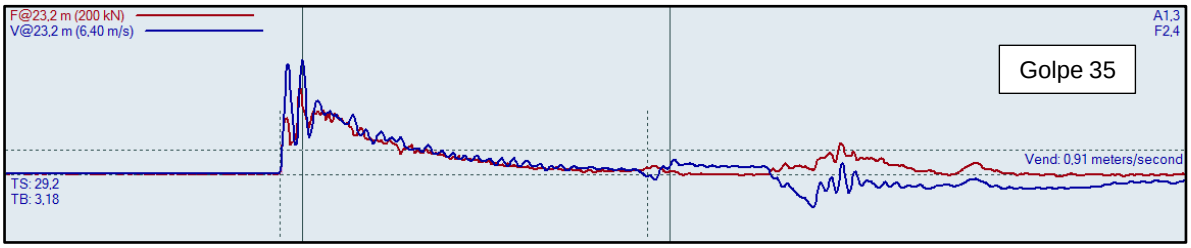

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 29
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

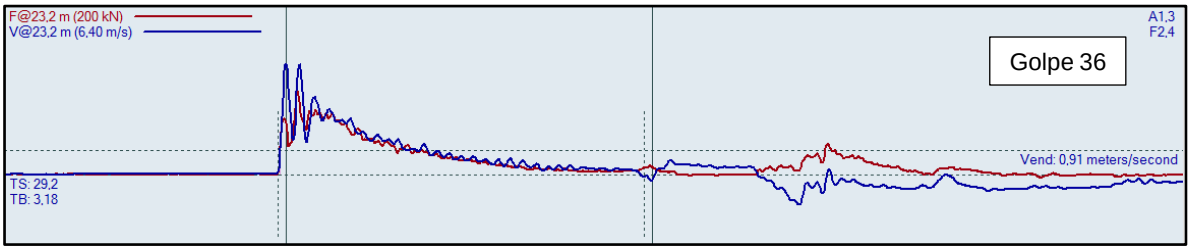

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 31
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

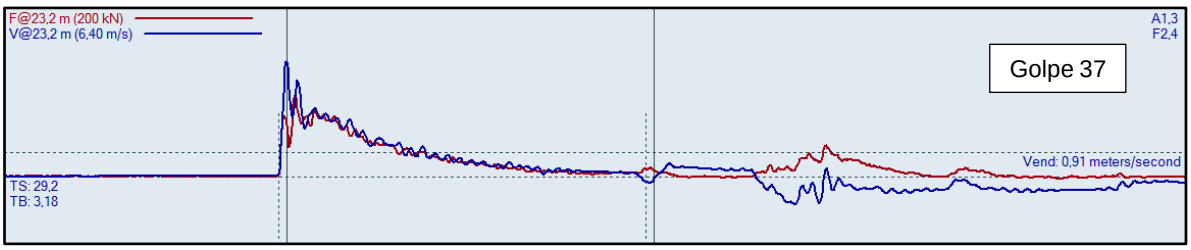

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 32
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

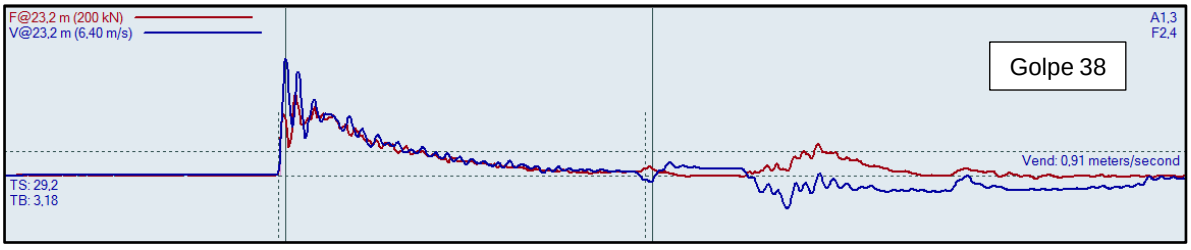

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 33
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

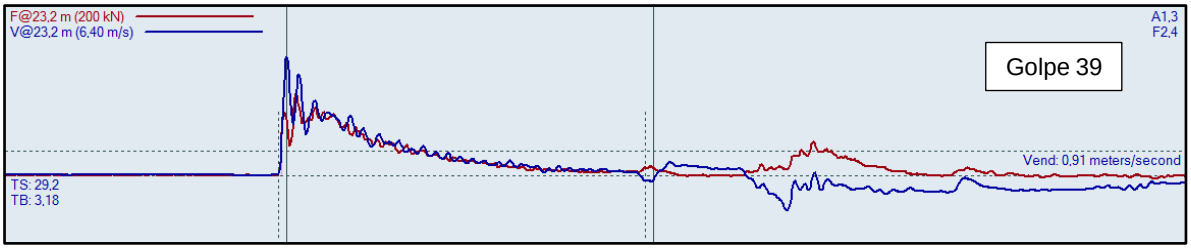

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 34
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

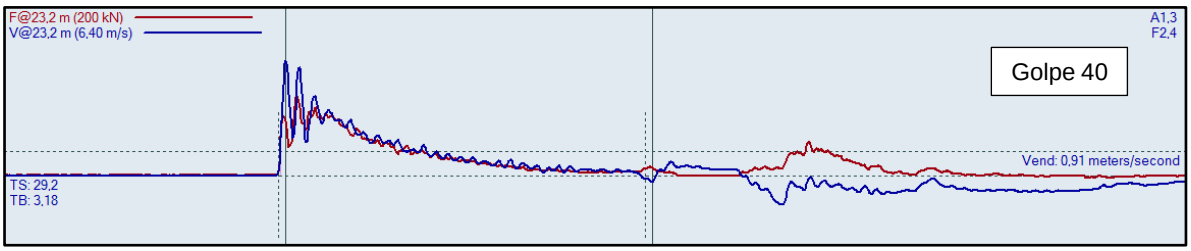

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 35
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

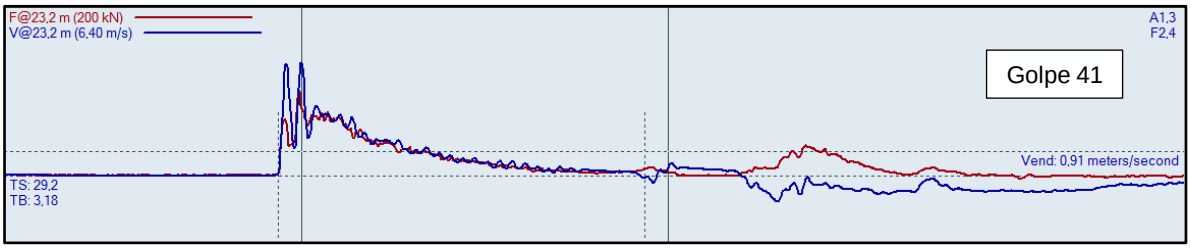

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 36
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

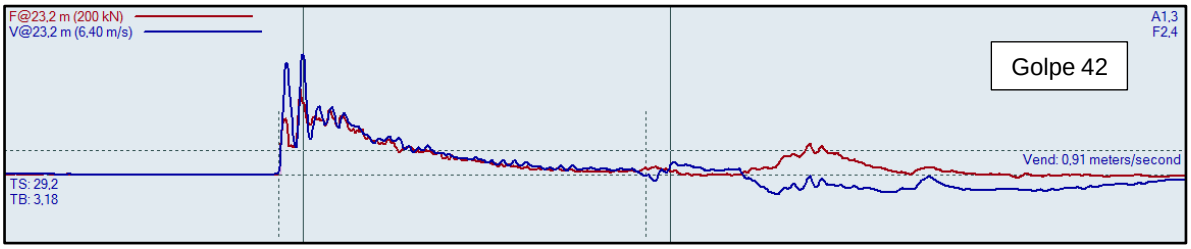

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 37
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

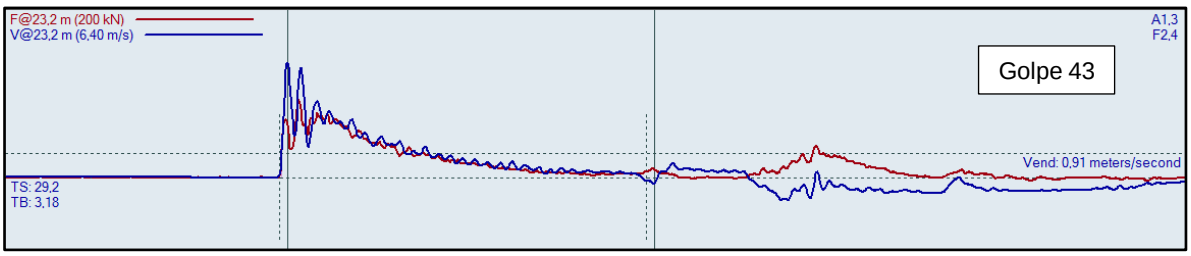

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 38
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

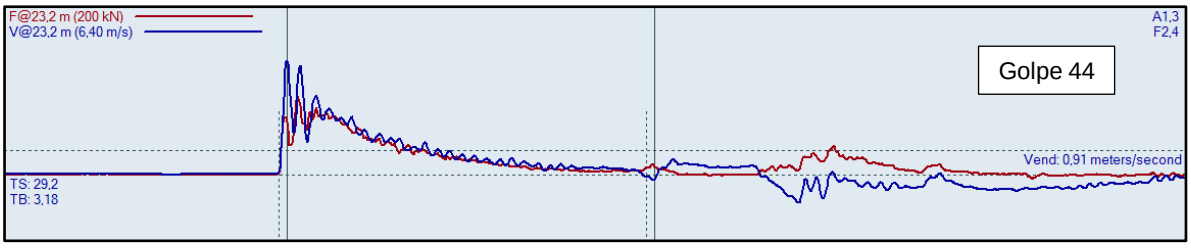

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 39
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

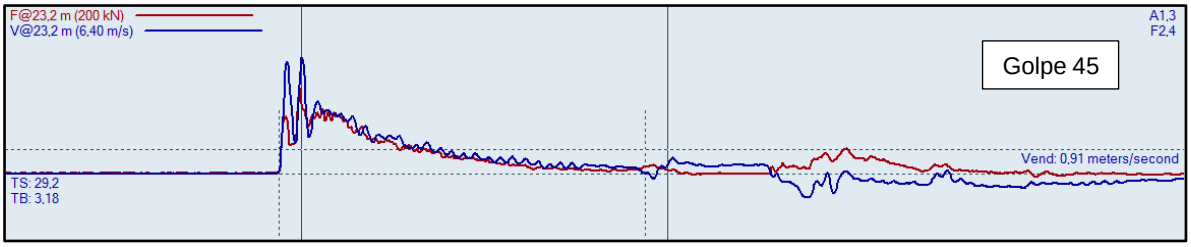

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 40
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

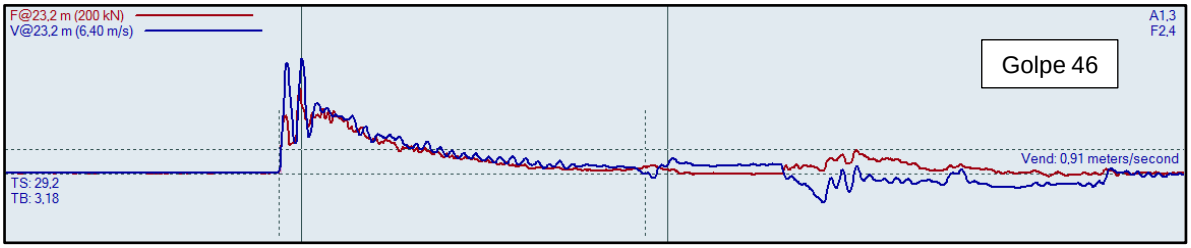

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 41
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

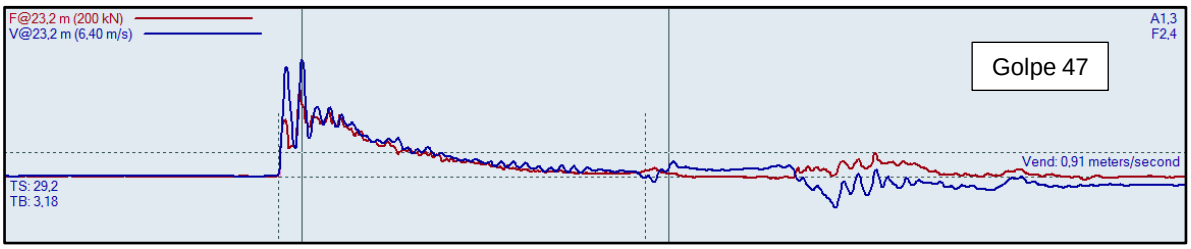

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 42
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

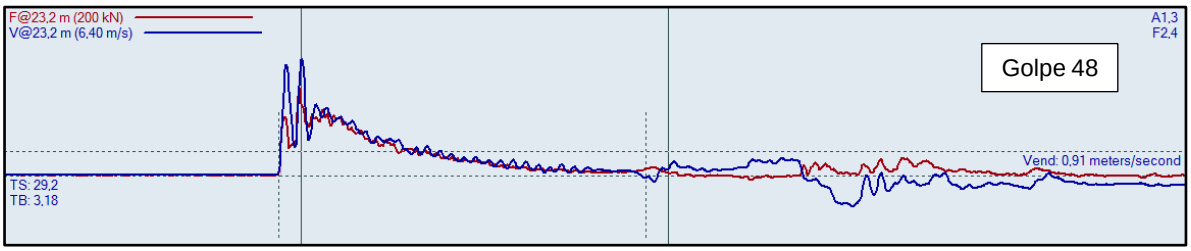

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 43
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

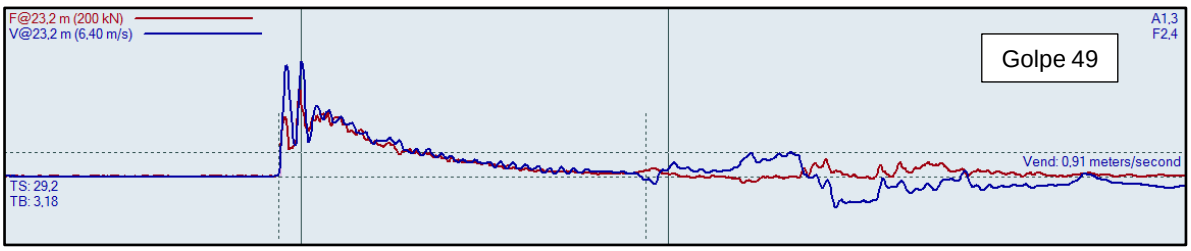

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 44
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

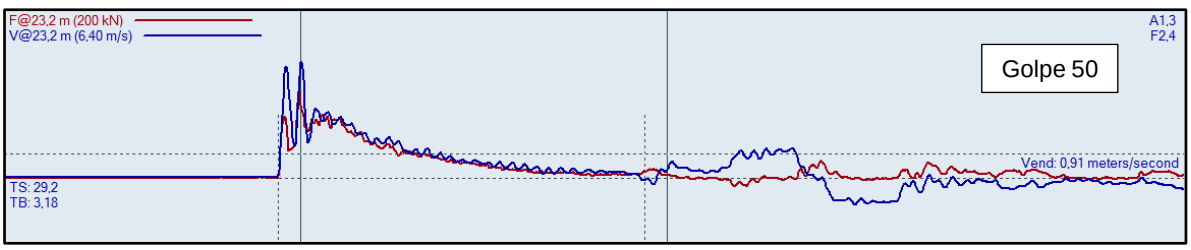

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 45
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

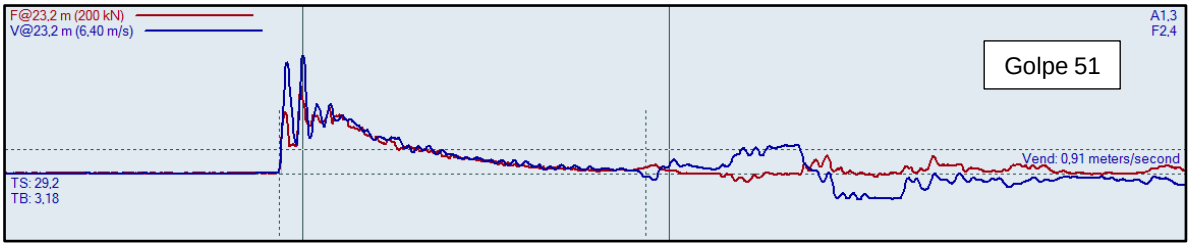

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 46
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18


F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 47
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

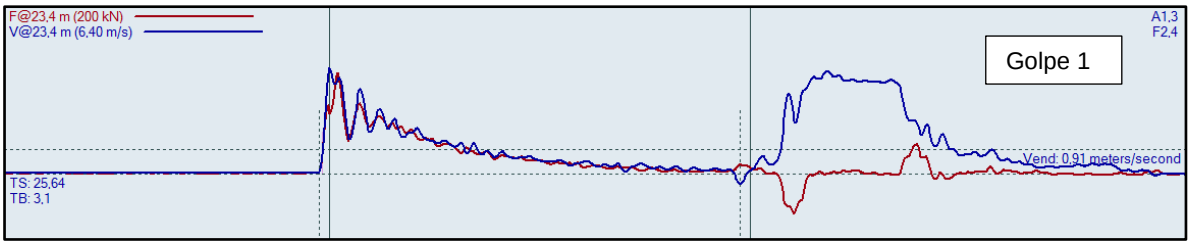

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 48
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

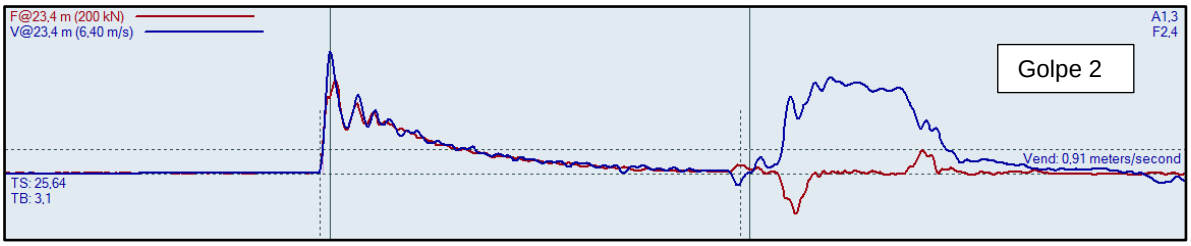

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 49
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

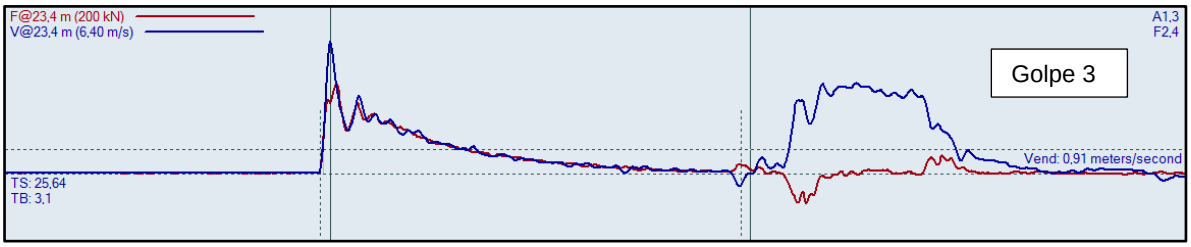

F@23,2 m (200 kN)
V@23,2 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 50
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,2
TB: 3,18

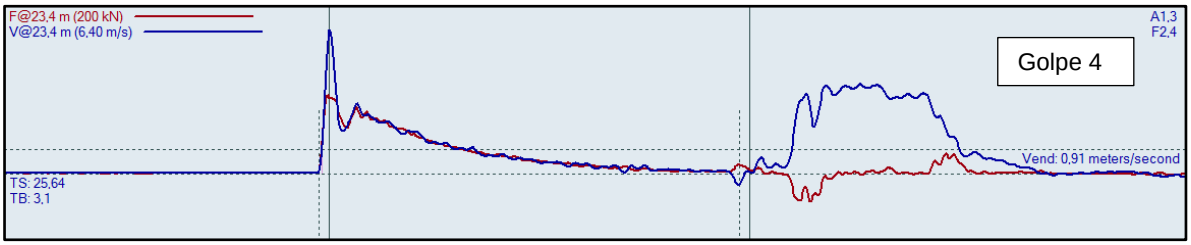


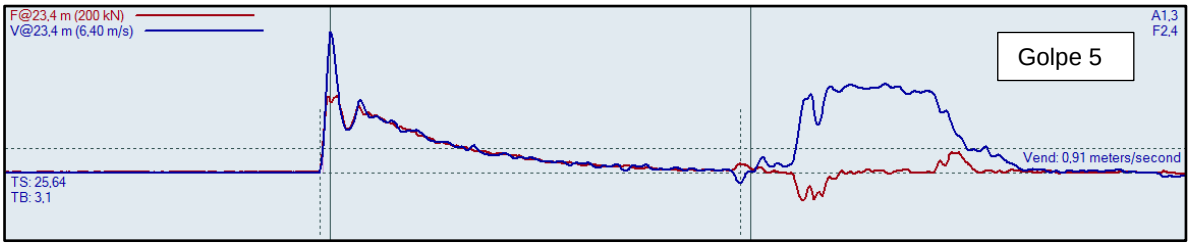
Profundidad 22.00 – 22.45

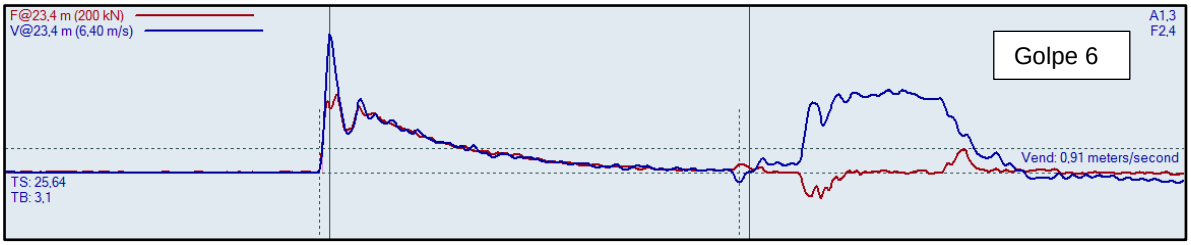


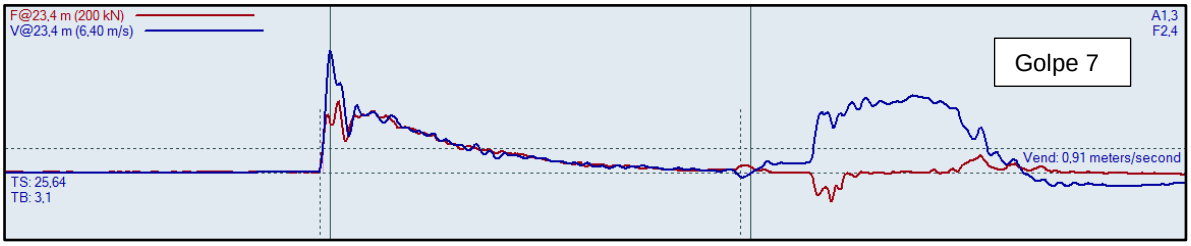


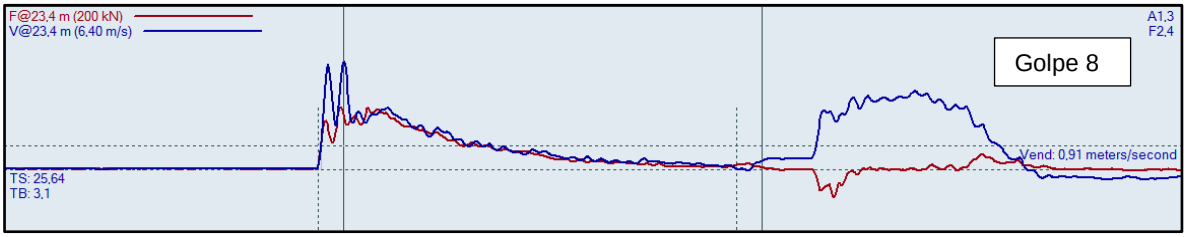


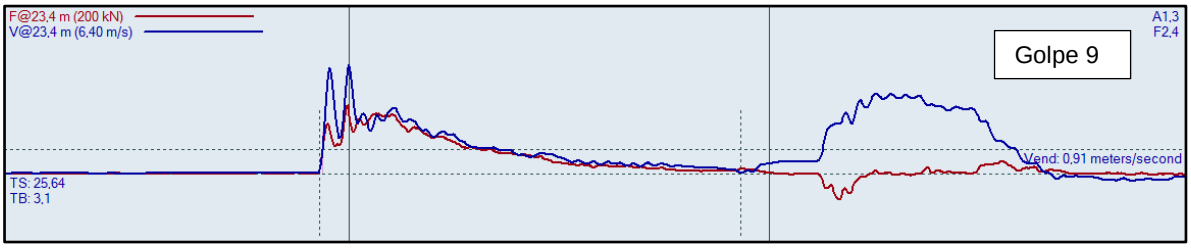


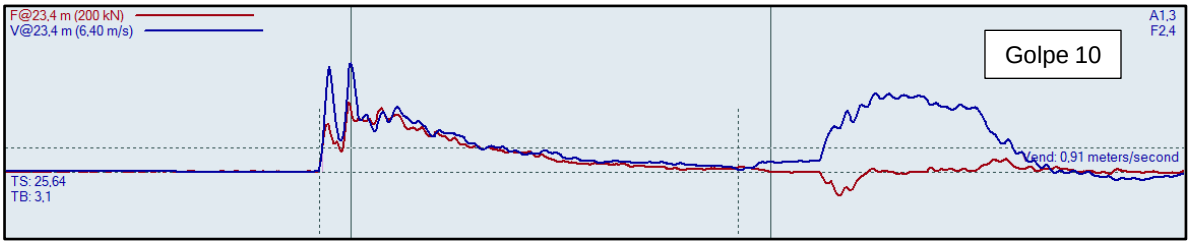


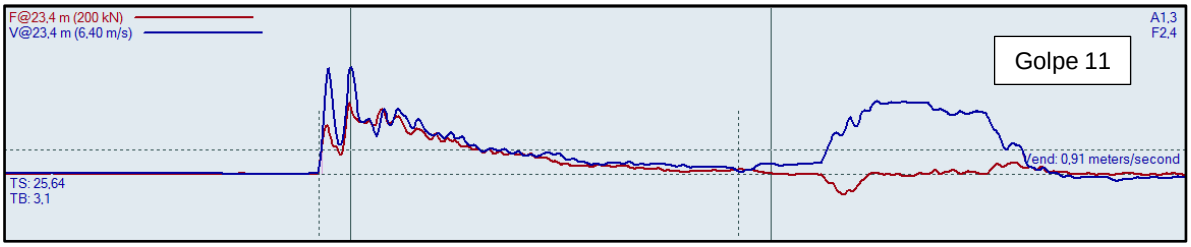

F@23,4 m (200 kN)
V@23,4 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 6
Vend: 0,91 meters/second
TS: 25,64
TB: 3,1

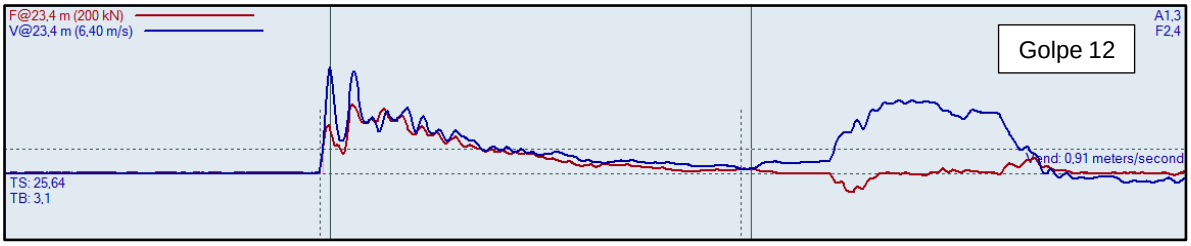

F@23,4 m (200 kN)
V@23,4 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 7
Vend: 0,91 meters/second
TS: 25,64
TB: 3,1

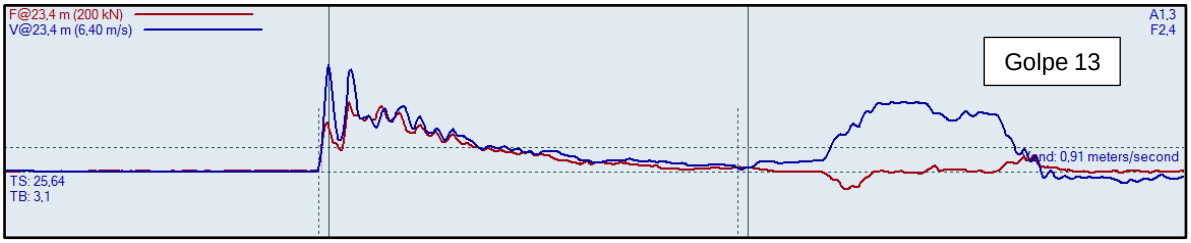

F@23,4 m (200 kN)
V@23,4 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 8
Vend: 0,91 meters/second
TS: 25,64
TB: 3,1

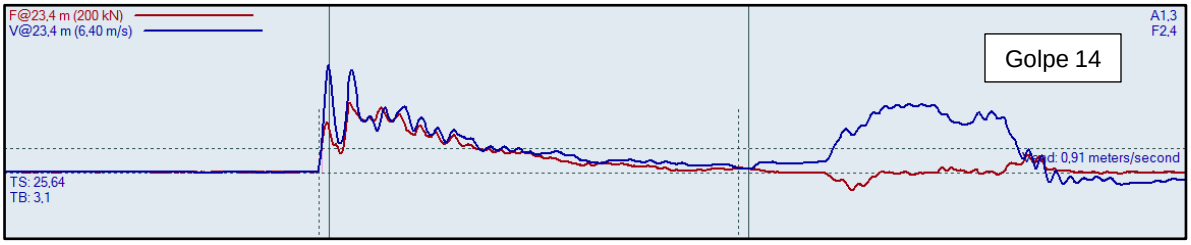

F@23,4 m (200 kN)
V@23,4 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 9
Vend: 0,91 meters/second
TS: 25,64
TB: 3,1

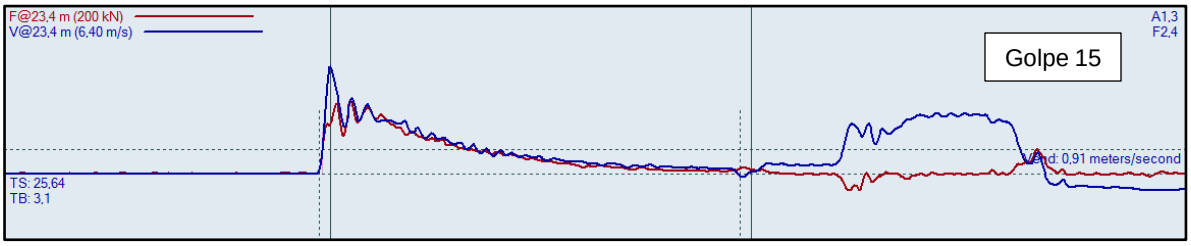

F@23,4 m (200 kN)
V@23,4 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 10
Vend: 0,91 meters/second
TS: 25,64
TB: 3,1

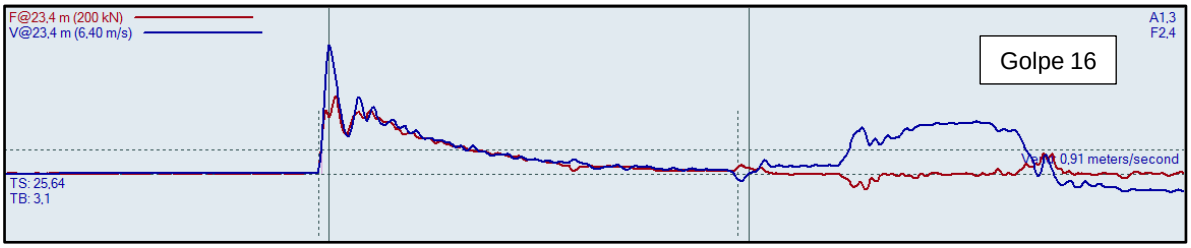

F@23,4 m (200 kN)
V@23,4 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 11
Vend: 0,91 meters/second
TS: 25,64
TB: 3,1

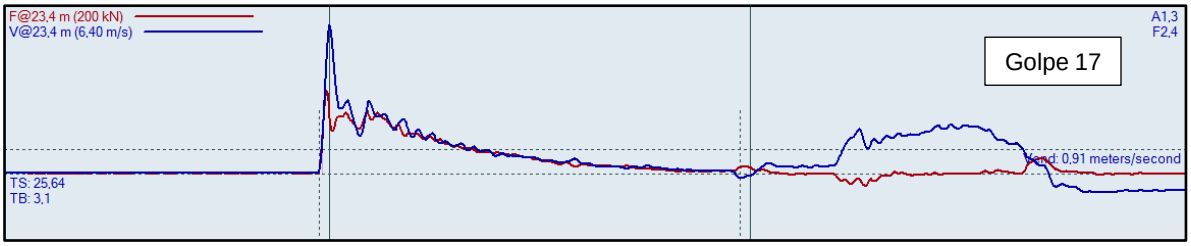

F@23,4 m (200 kN)
V@23,4 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 12
TS: 25,64
TB: 3,1

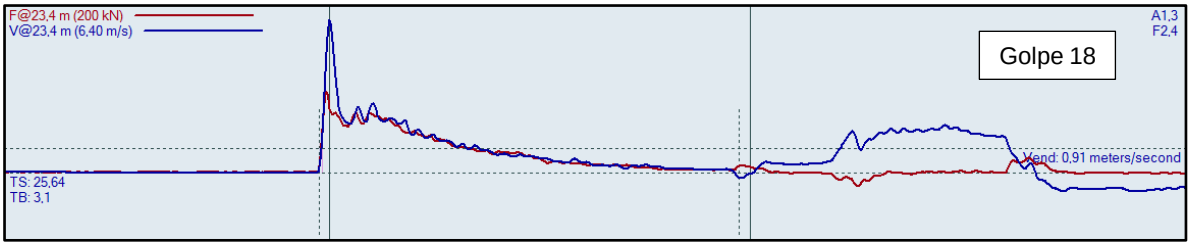

F@23,4 m (200 kN)
V@23,4 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 13
TS: 25,64
TB: 3,1

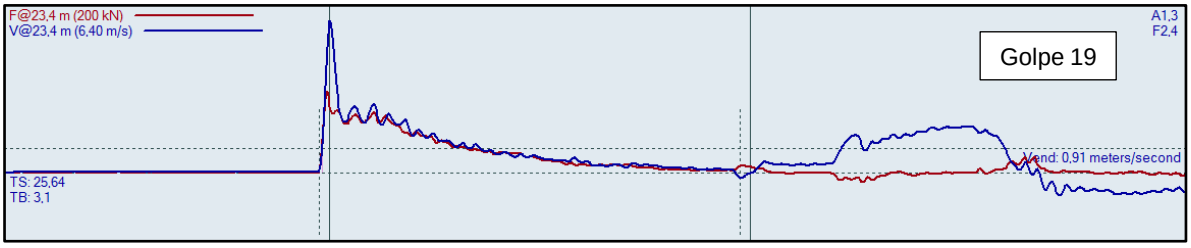

F@23,4 m (200 kN)
V@23,4 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 14
TS: 25,64
TB: 3,1

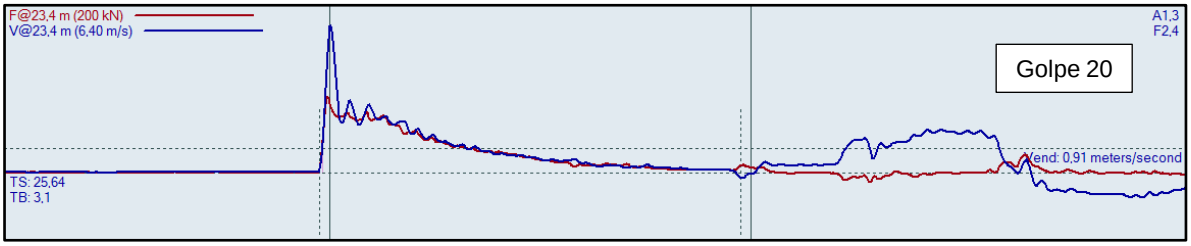

F@23,4 m (200 kN)
V@23,4 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 15
TS: 25,64
TB: 3,1

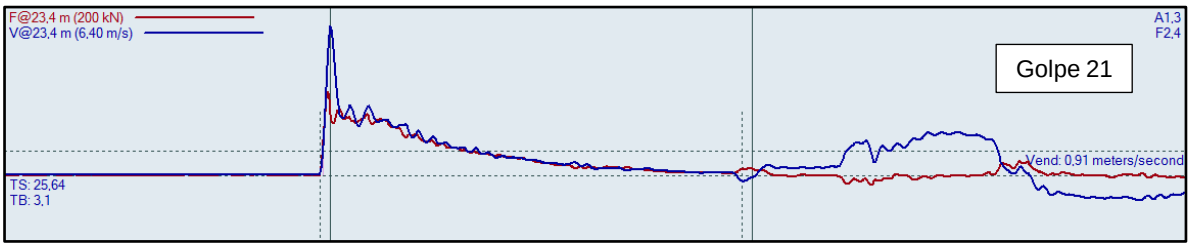

F@23,4 m (200 kN)
V@23,4 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 16
TS: 25,64
TB: 3,1

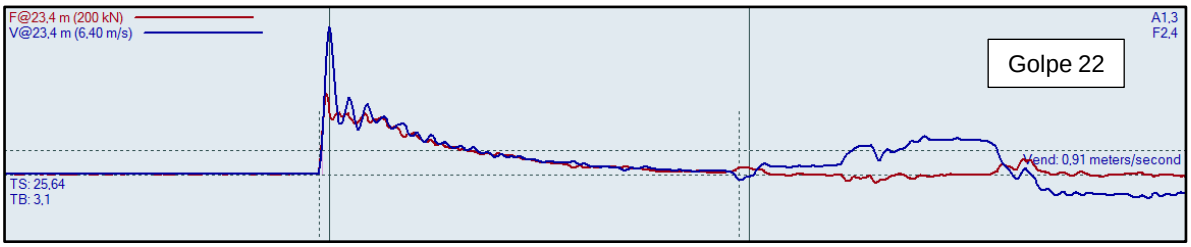

F@23,4 m (200 kN)
V@23,4 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 17
TS: 25,64
TB: 3,1

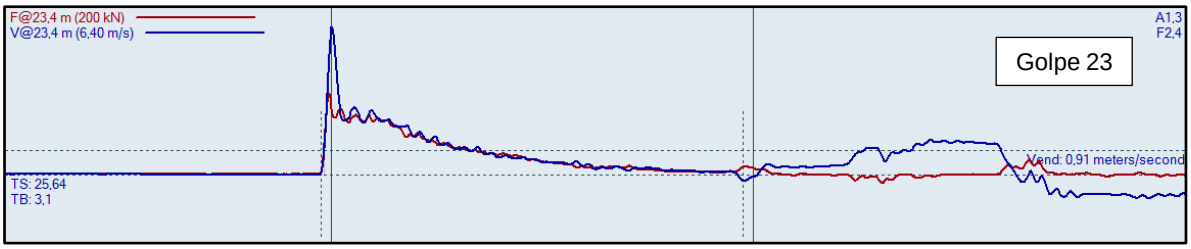

F@23,4 m (200 kN)
V@23,4 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 18
Vend: 0,91 meters/second
TS: 25,64
TB: 3,1


F@23,4 m (200 kN)
V@23,4 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 19
Vend: 0,91 meters/second
TS: 25,64
TB: 3,1

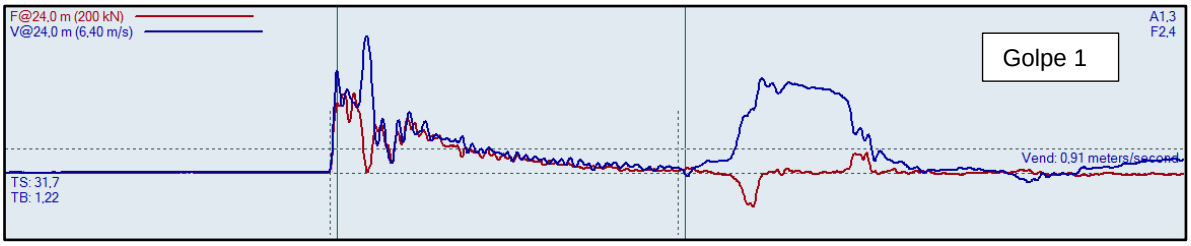

F@23,4 m (200 kN)
V@23,4 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 20
Vend: 0,91 meters/second
TS: 25,64
TB: 3,1

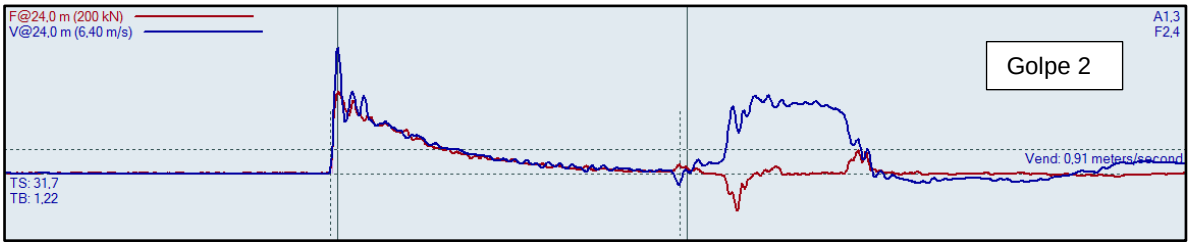

F@23,4 m (200 kN)
V@23,4 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 21
Vend: 0,91 meters/second
TS: 25,64
TB: 3,1

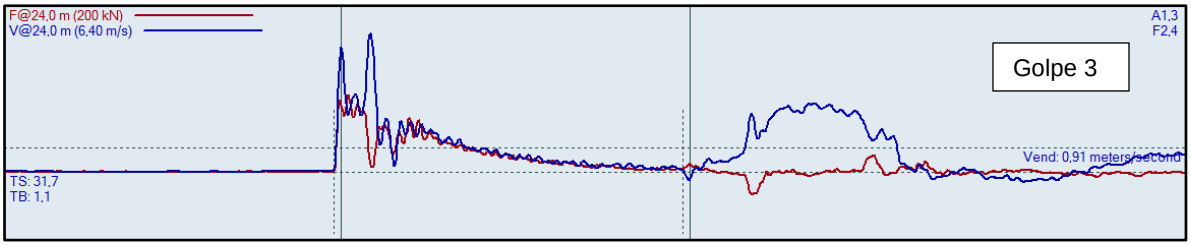

F@23,4 m (200 kN)
V@23,4 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 22
Vend: 0,91 meters/second
TS: 25,64
TB: 3,1

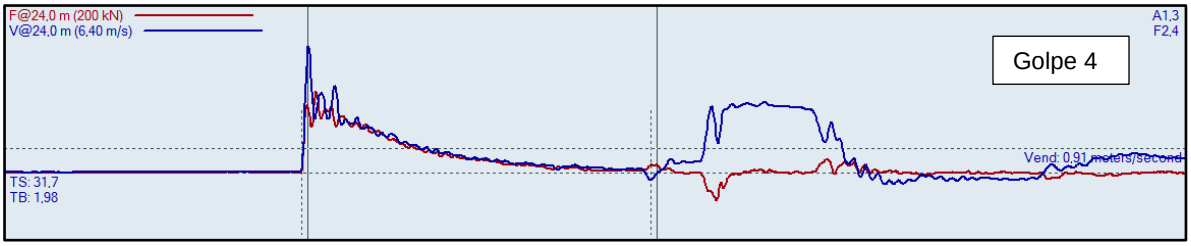

F@23,4 m (200 kN)
V@23,4 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 23
Vend: 0,91 meters/second
TS: 25,64
TB: 3,1

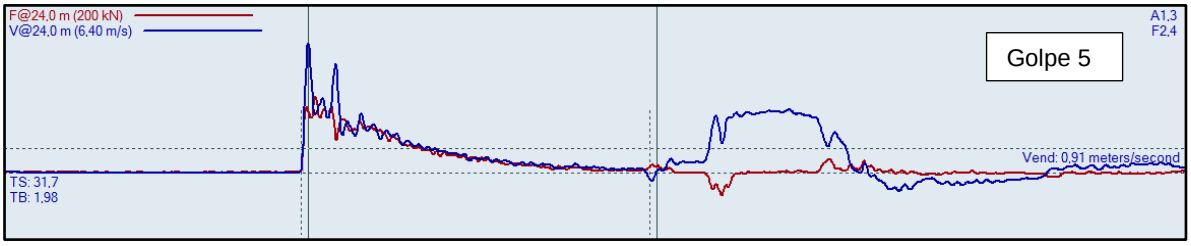
Profundidad 22.50 – 22.95

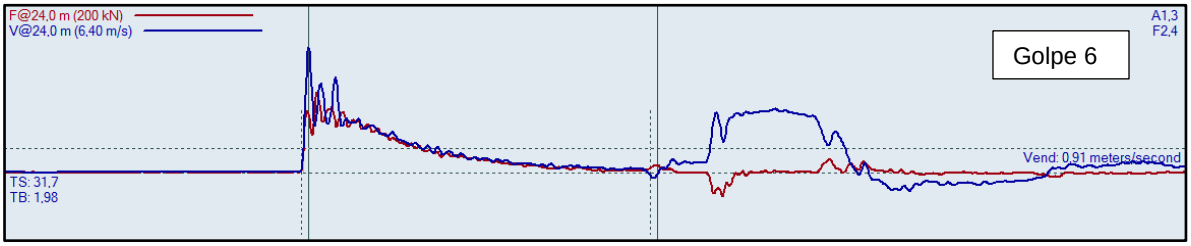


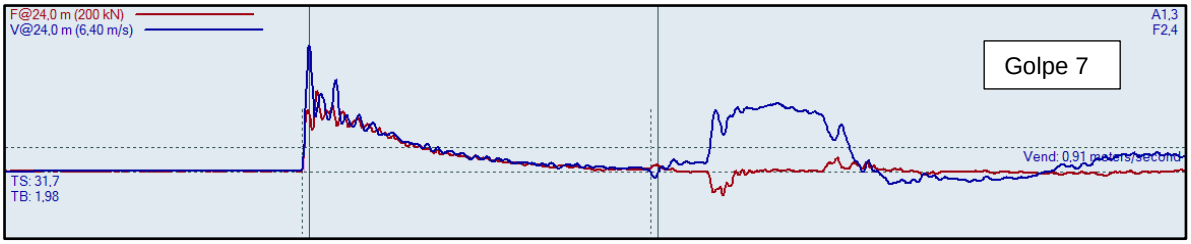


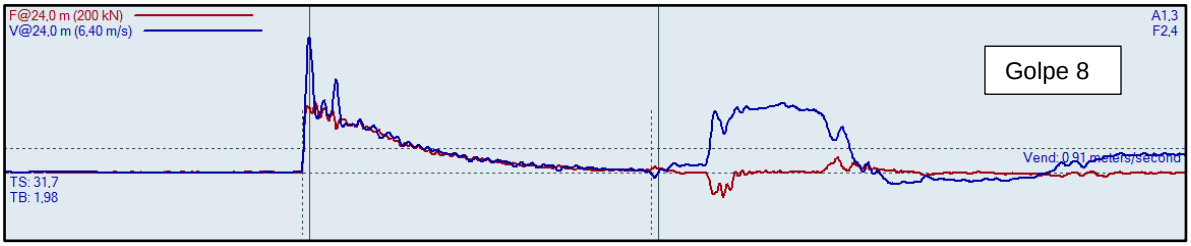


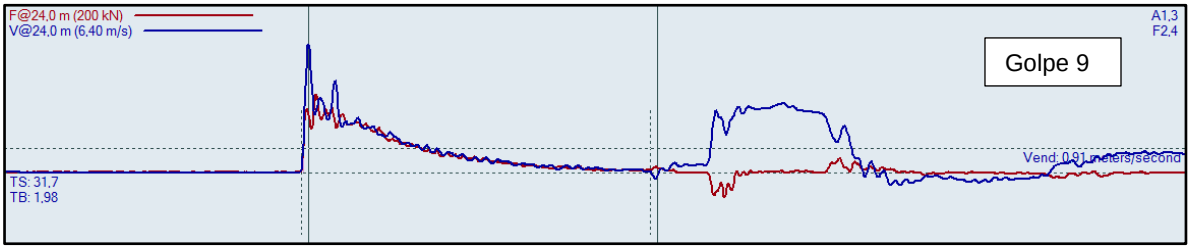


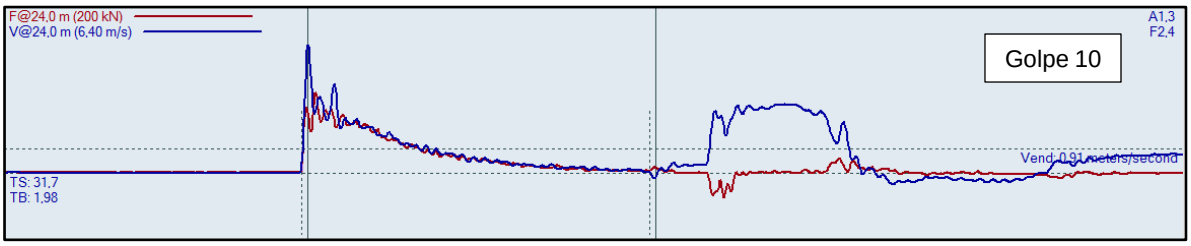


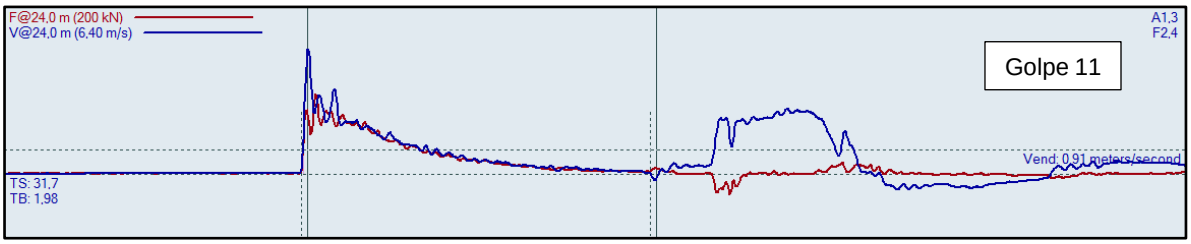


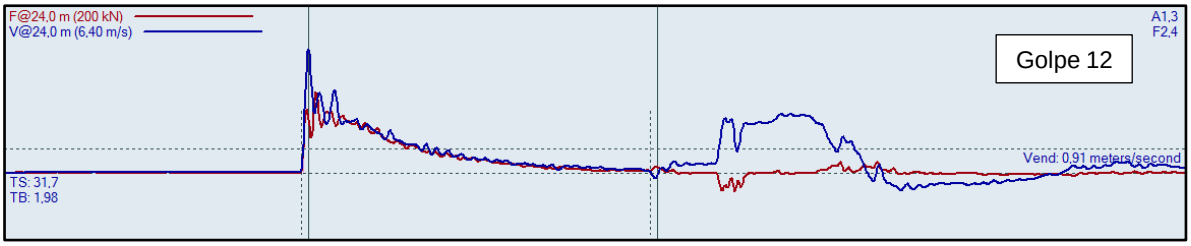

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 7
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

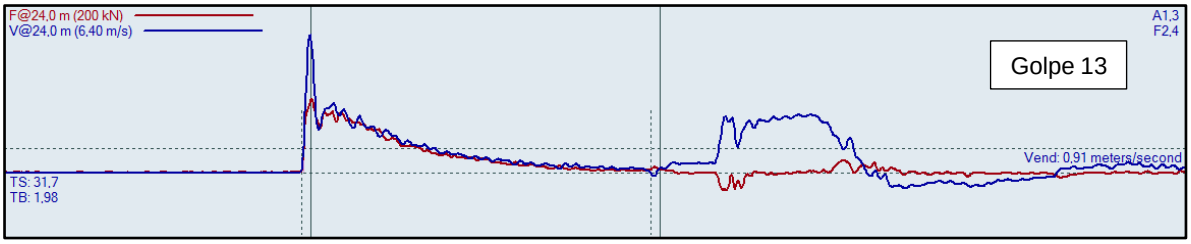

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 8
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

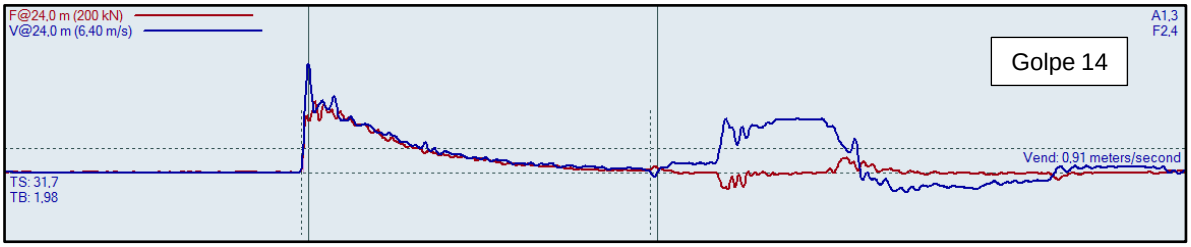

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 9
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

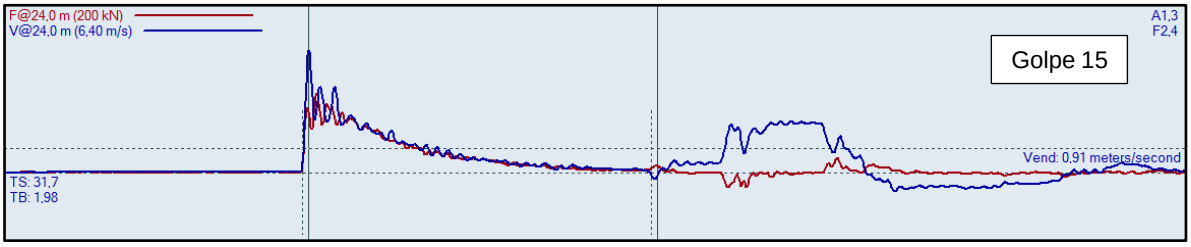

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 10
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

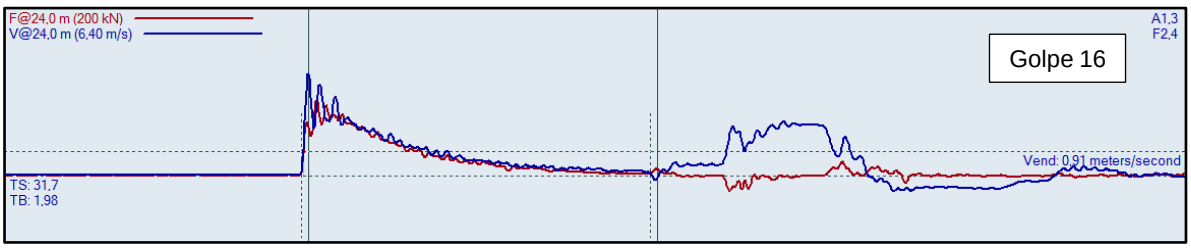

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 11
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

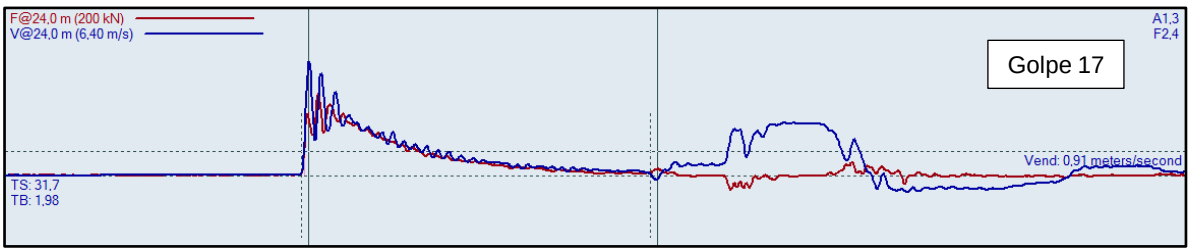

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 12
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

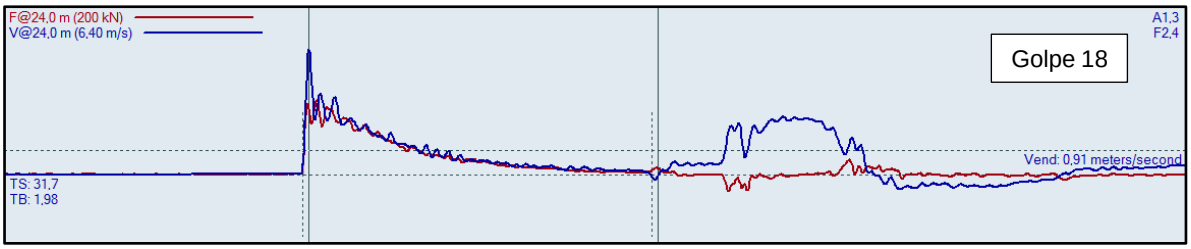

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 13
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

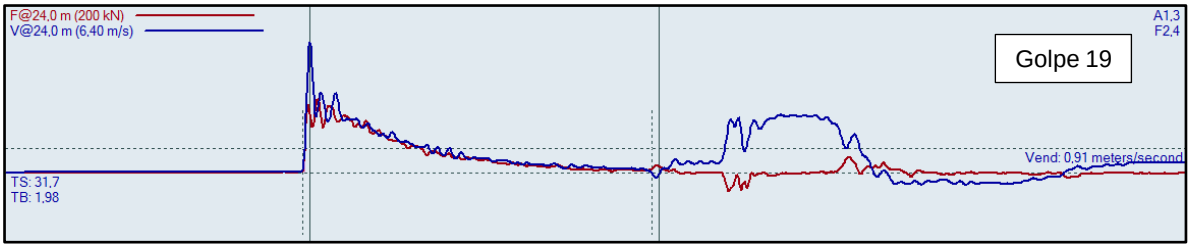

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 14
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

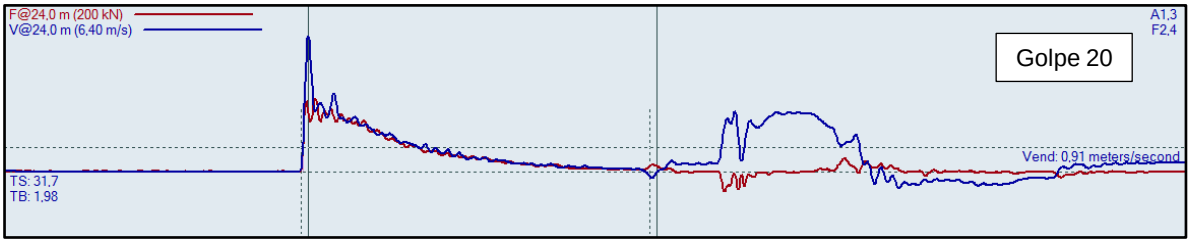

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 15
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

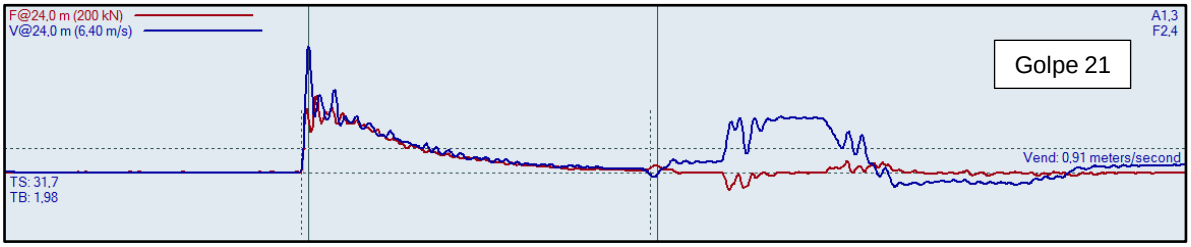

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 16
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

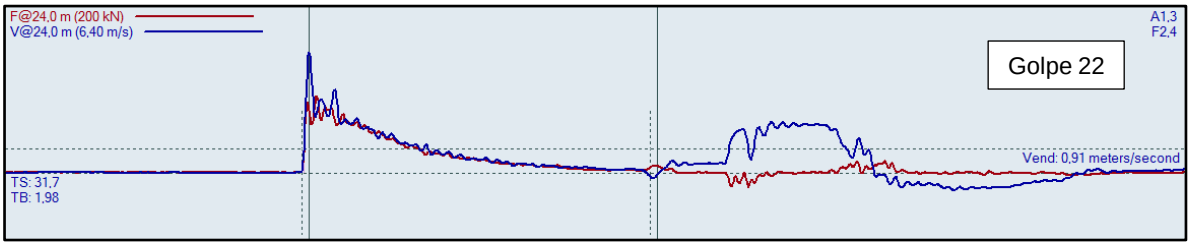

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 17
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

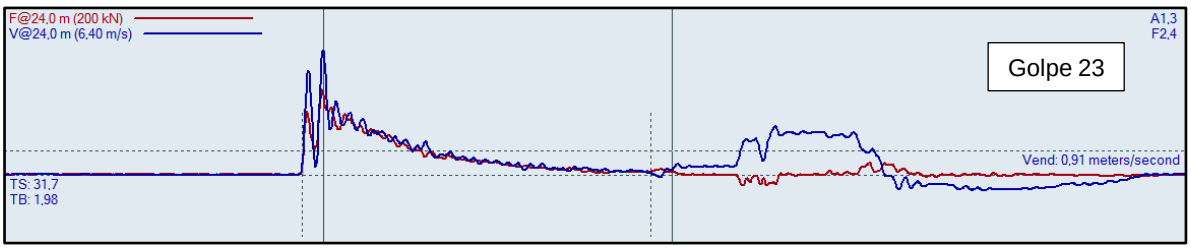

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 18
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

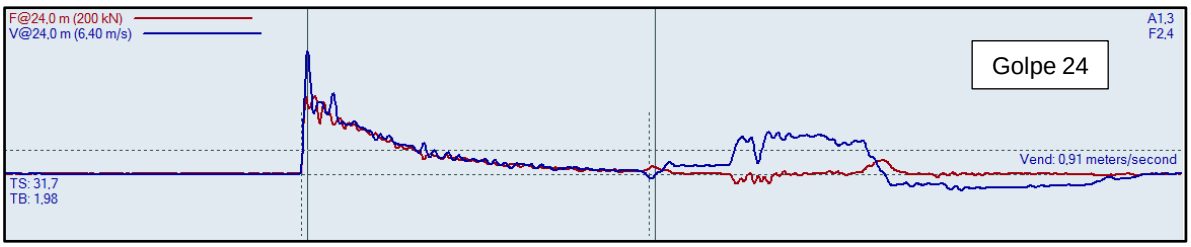

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 19
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

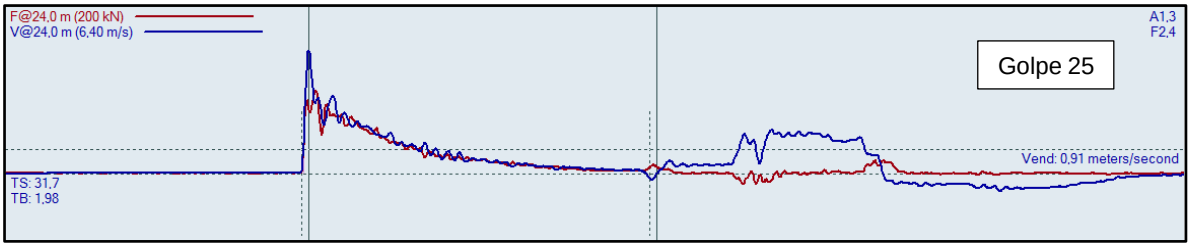

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 20
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

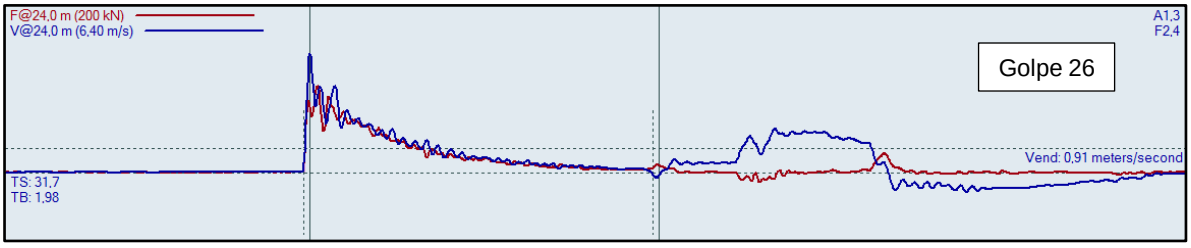

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 21
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

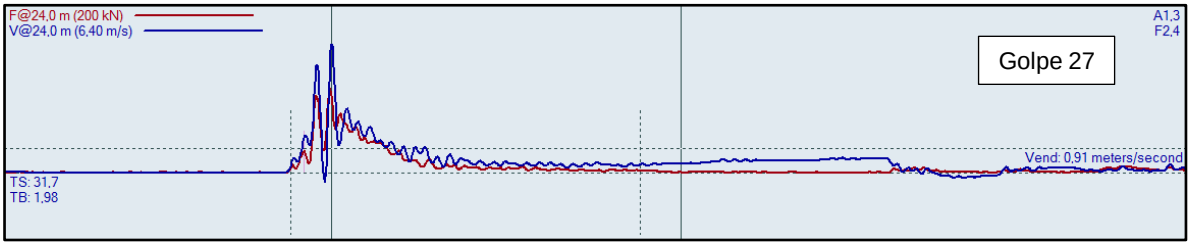

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 22
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

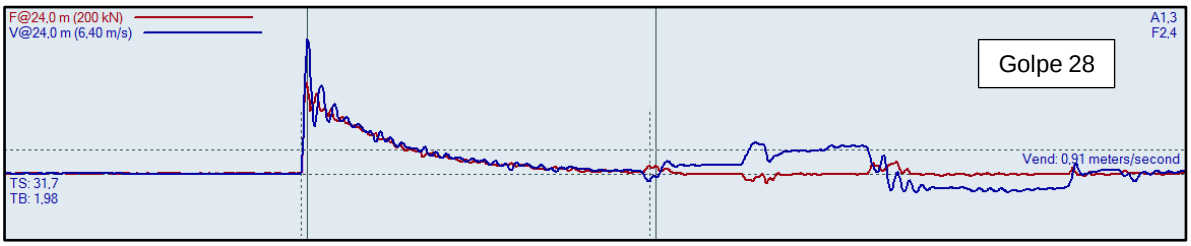

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 23
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

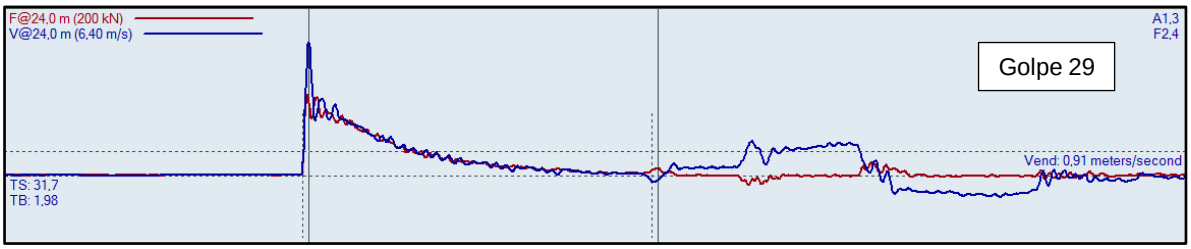

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 24
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

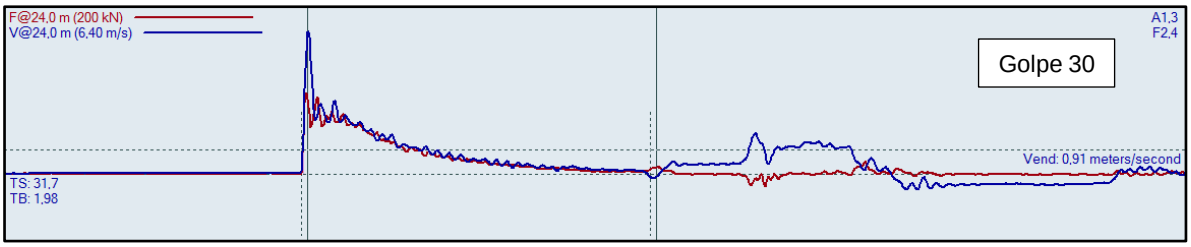

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 25
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

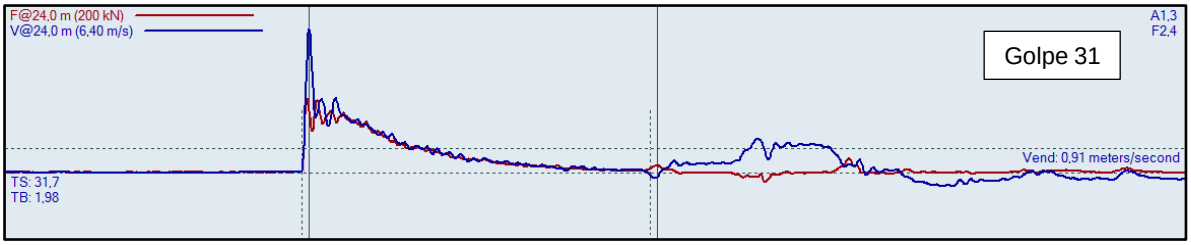

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 26
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

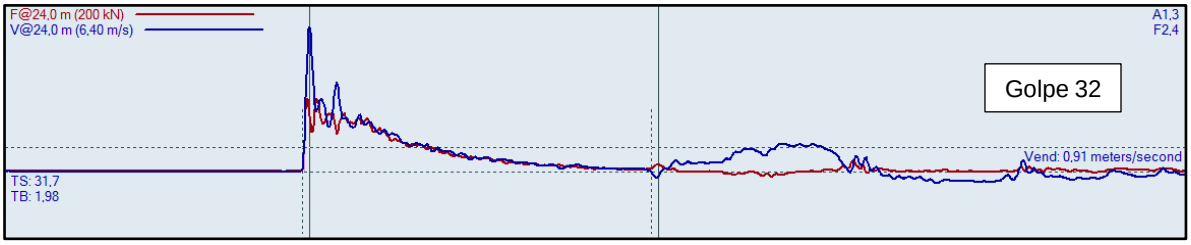

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 27
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

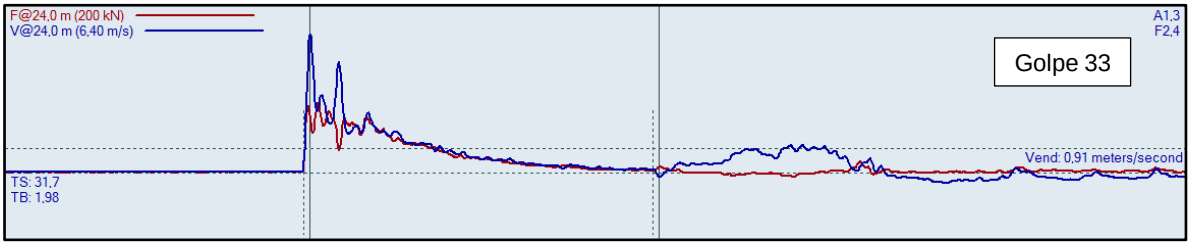

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 28
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98


F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 29
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

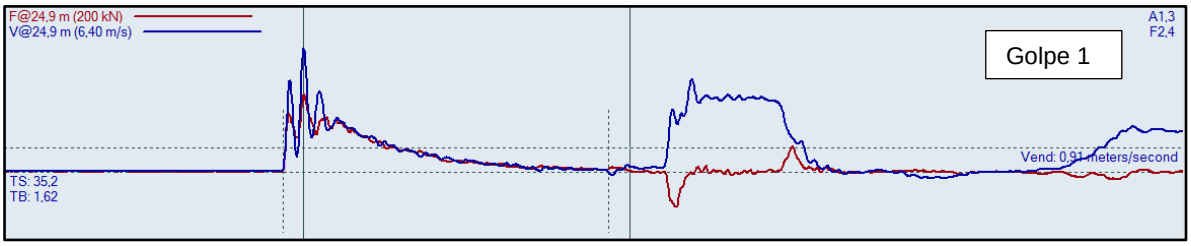

F@24,0 m (200 kN)
V@24,0 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 30
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,7
TB: 1,98

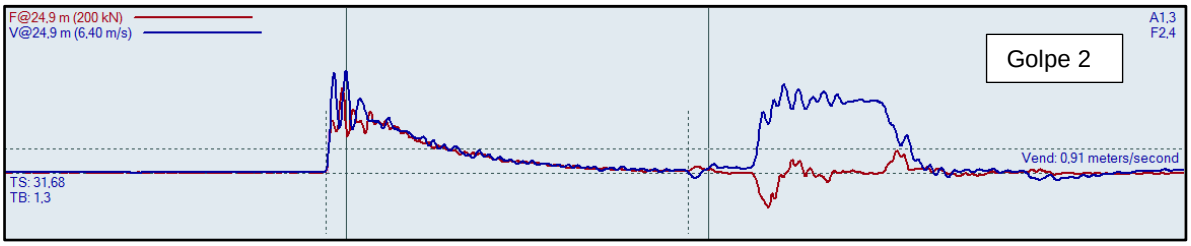


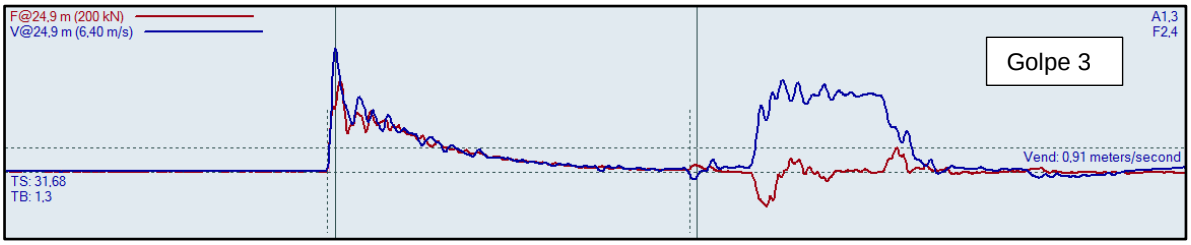


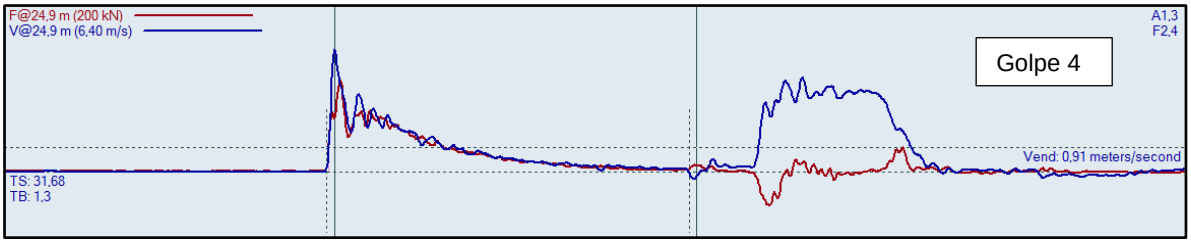


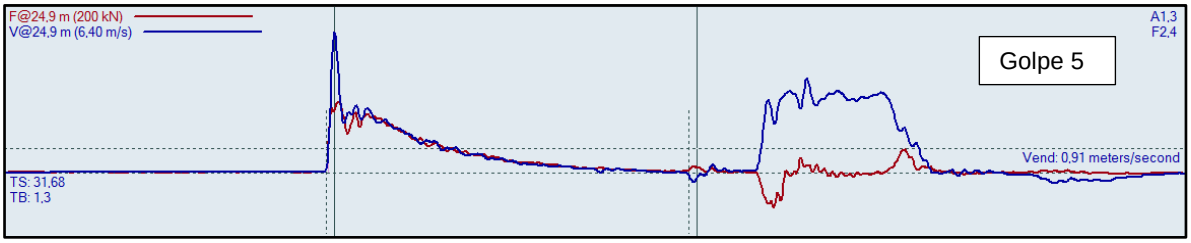
Profundidad 23.00 – 23.45

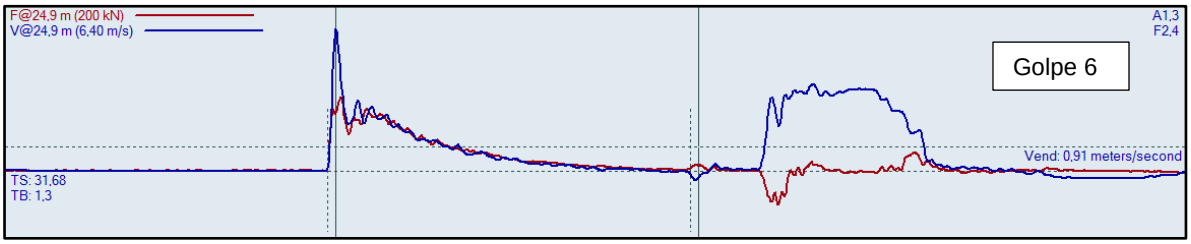


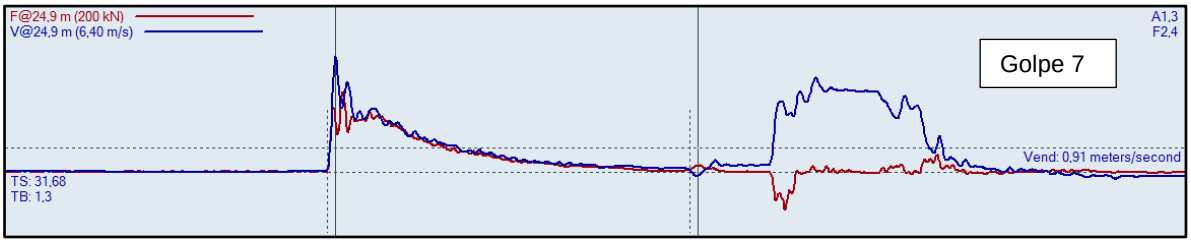


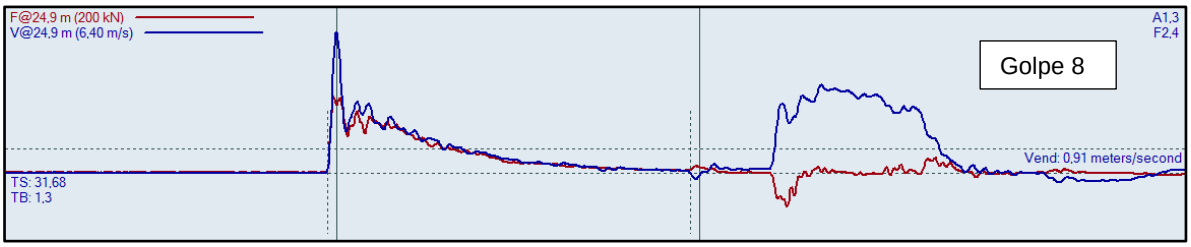


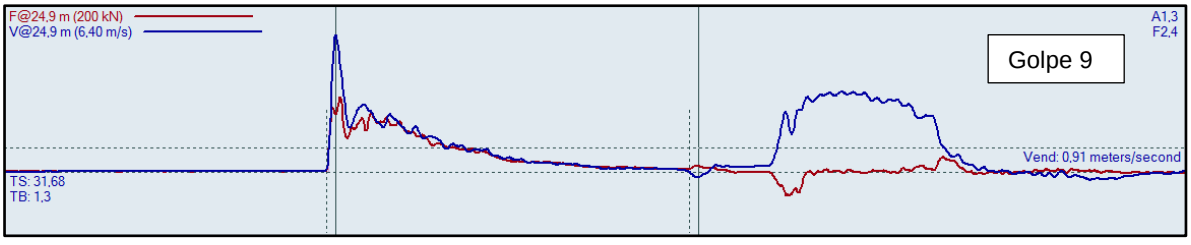

F@24,9 m (200 kN)
V@24,9 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 4
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,68
TB: 1,3

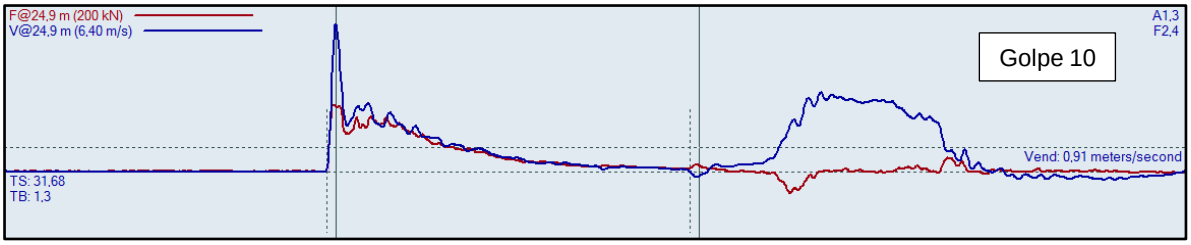

F@24,9 m (200 kN)
V@24,9 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 5
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,68
TB: 1,3

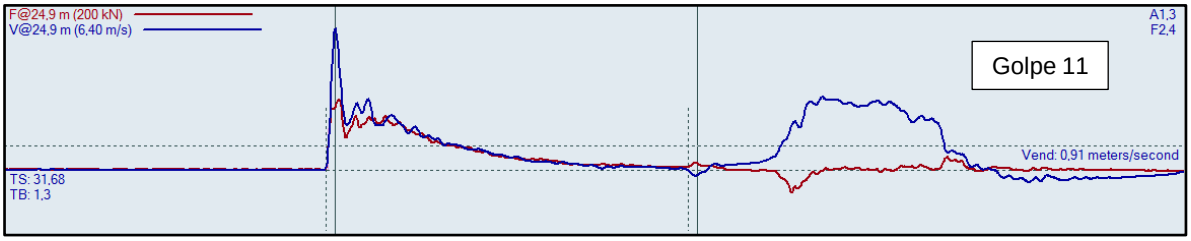

F@24,9 m (200 kN)
V@24,9 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 6
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,68
TB: 1,3

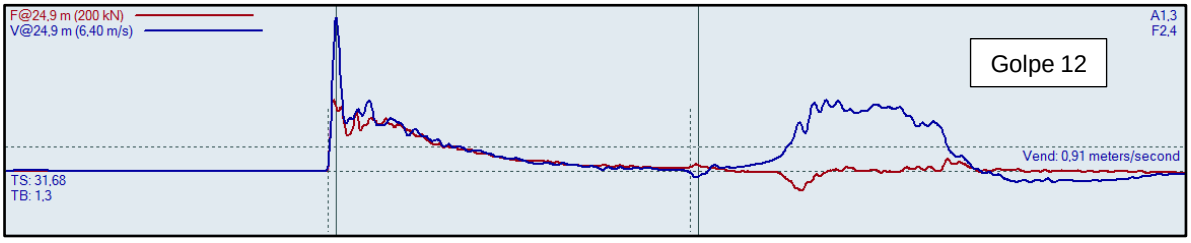

F@24,9 m (200 kN)
V@24,9 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 7
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,68
TB: 1,3

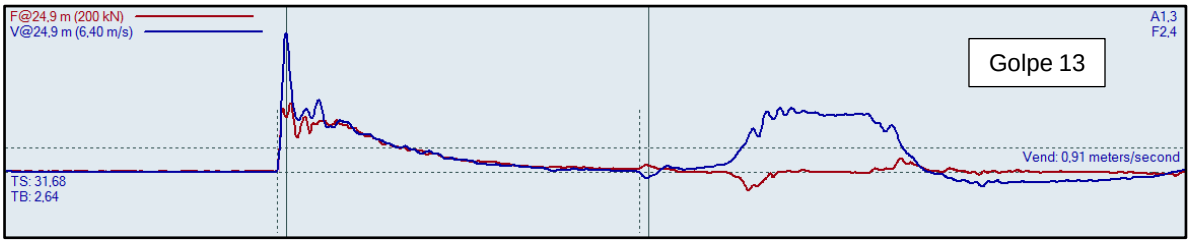

F@24,9 m (200 kN)
V@24,9 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 8
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,68
TB: 1,3

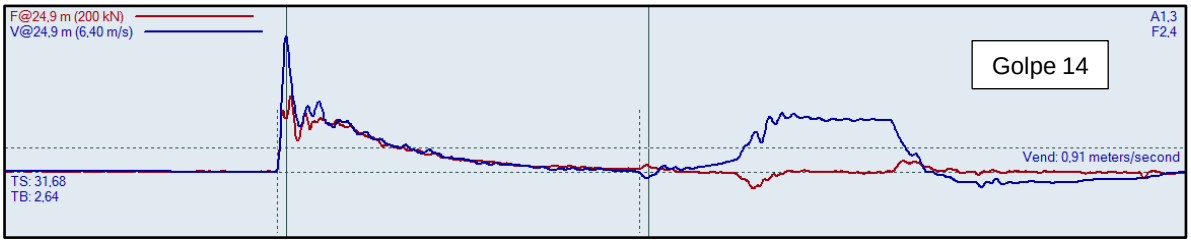

F@24,9 m (200 kN)
V@24,9 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 9
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,68
TB: 1,3

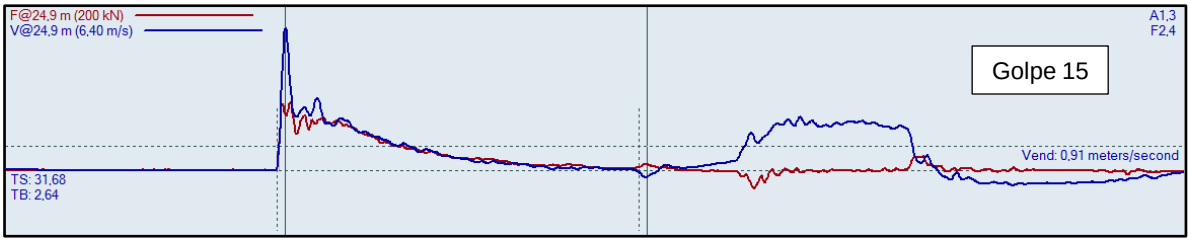

F@24,9 m (200 kN)
V@24,9 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 10
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,68
TB: 1,3

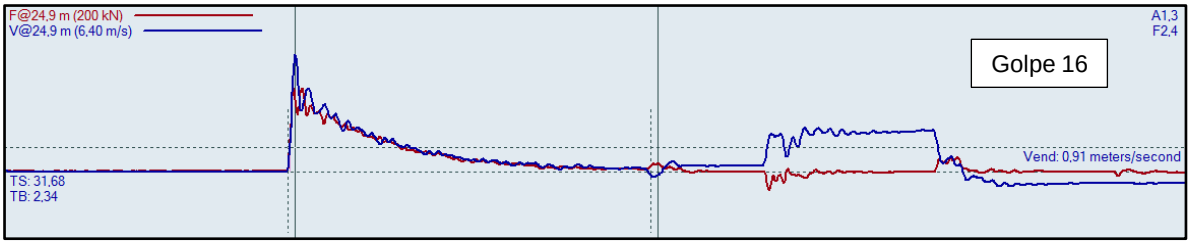

F@24,9 m (200 kN)
V@24,9 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 11
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,68
TB: 1,3

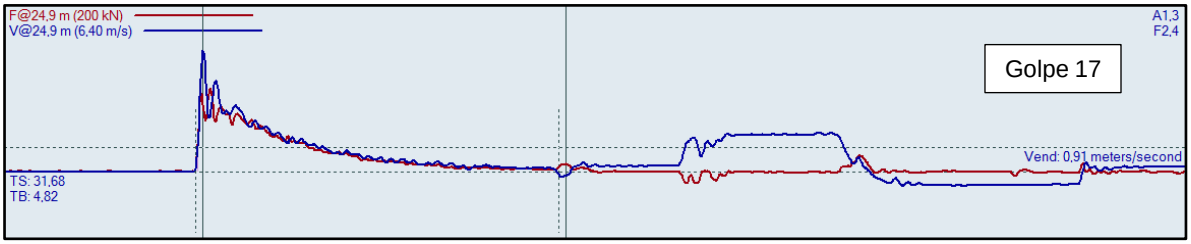

F@24,9 m (200 kN)
V@24,9 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 12
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,68
TB: 1,3

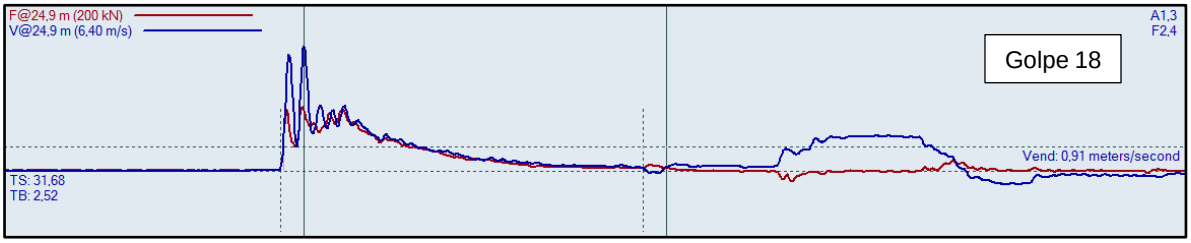

F@24,9 m (200 kN)
V@24,9 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 13
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,68
TB: 2,64


F@24,9 m (200 kN)
V@24,9 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 14
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,68
TB: 2,64


F@24,9 m (200 kN)
V@24,9 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 15
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,68
TB: 2,64

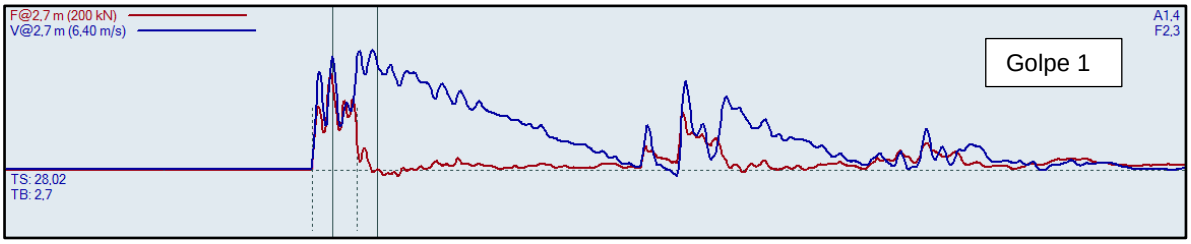

F@24,9 m (200 kN)
V@24,9 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 16
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,68
TB: 2,34

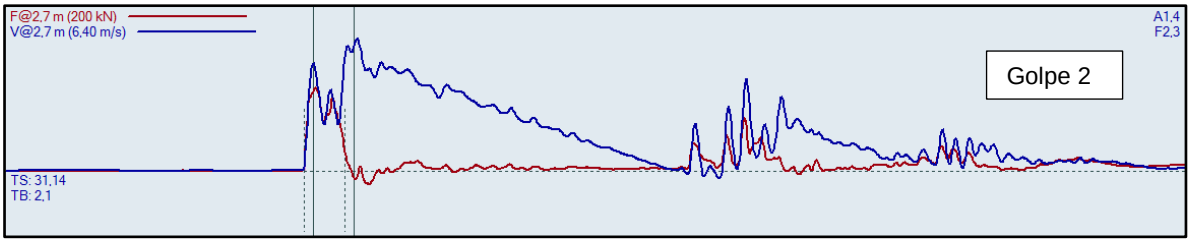

F@24,9 m (200 kN)
V@24,9 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 17
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,68
TB: 4,82

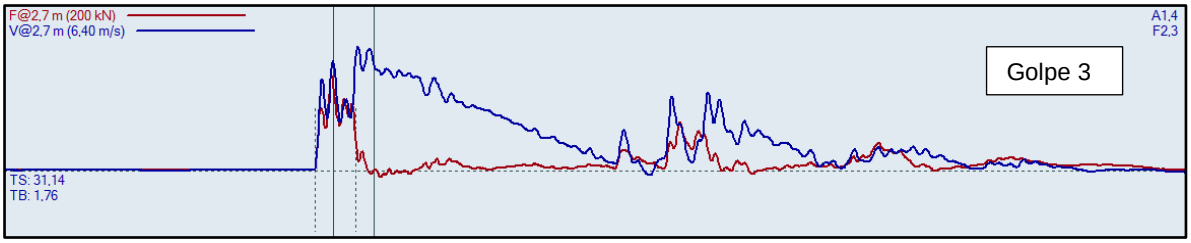

F@24,9 m (200 kN)
V@24,9 m (6,40 m/s)
A1,3
F2,4
Golpe 18
Vend: 0,91 meters/second
TS: 31,68
TB: 2,52

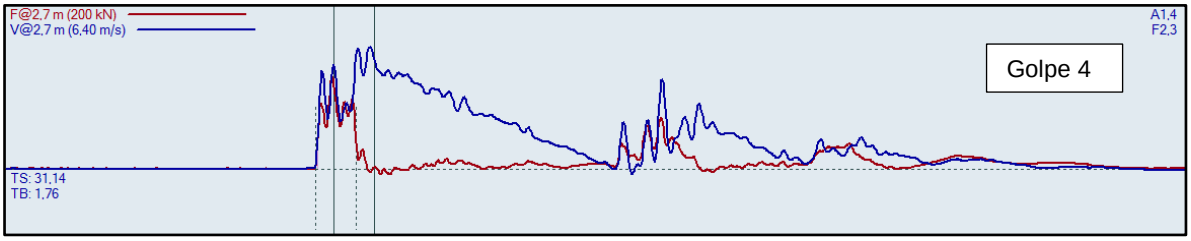
Gráficas de fuerza y velocidad de calibración Máquina Longyear 2

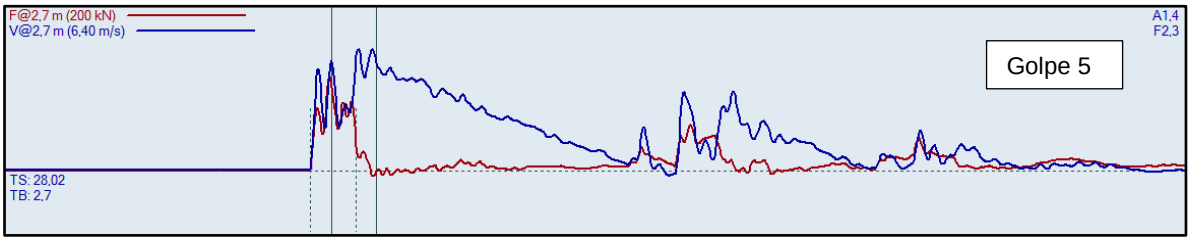
Profundidad 1.50 – 1.95

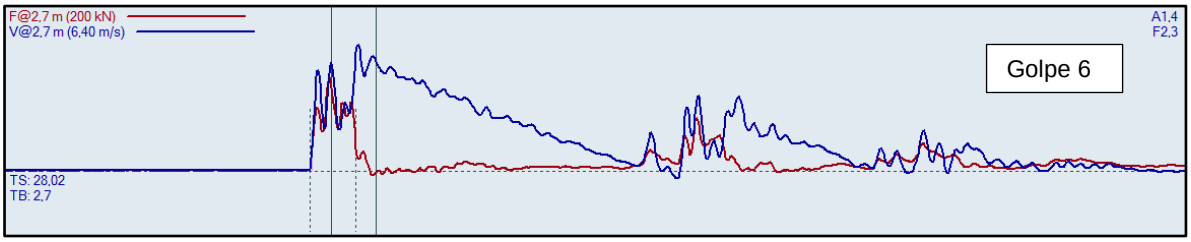


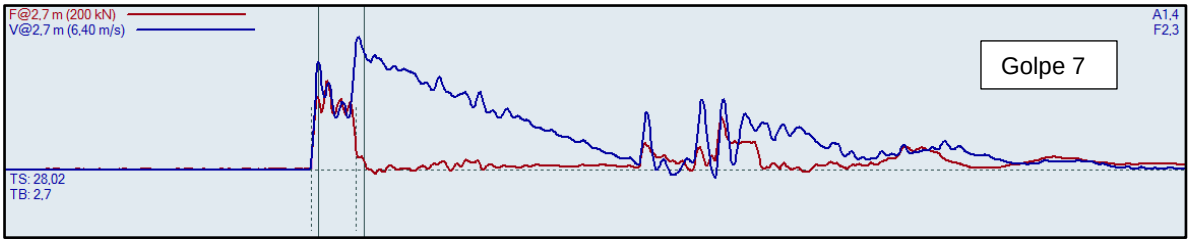


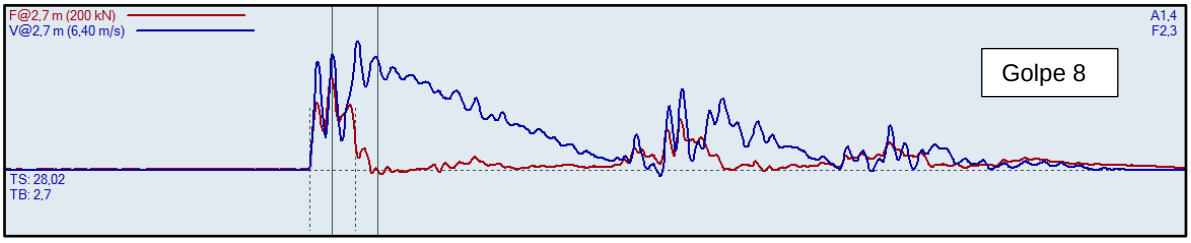


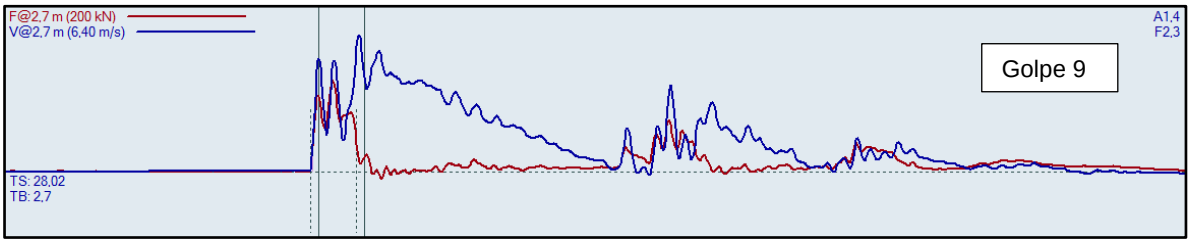


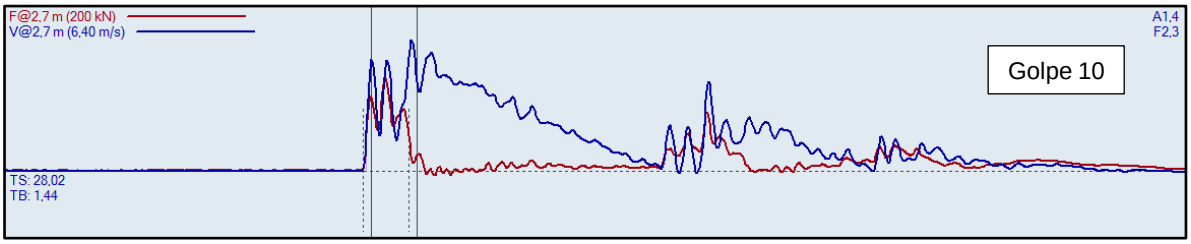


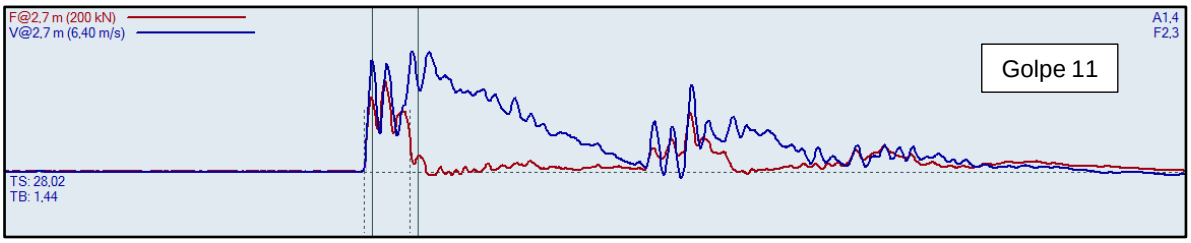


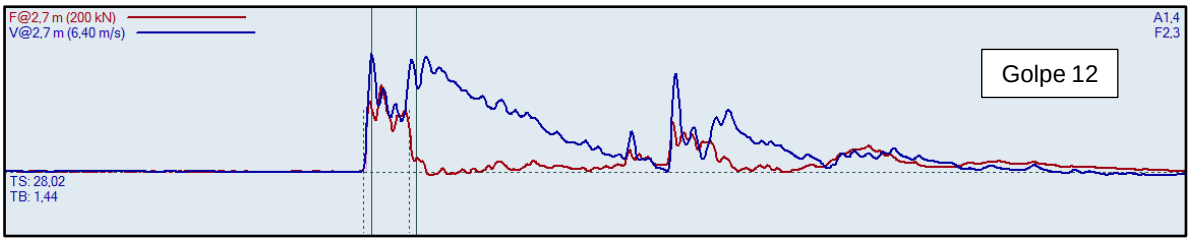

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 7
TS: 28,02
TB: 2,7

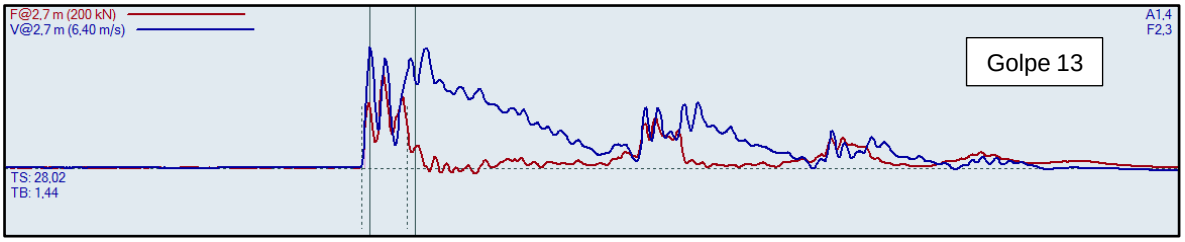

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 8
TS: 28,02
TB: 2,7

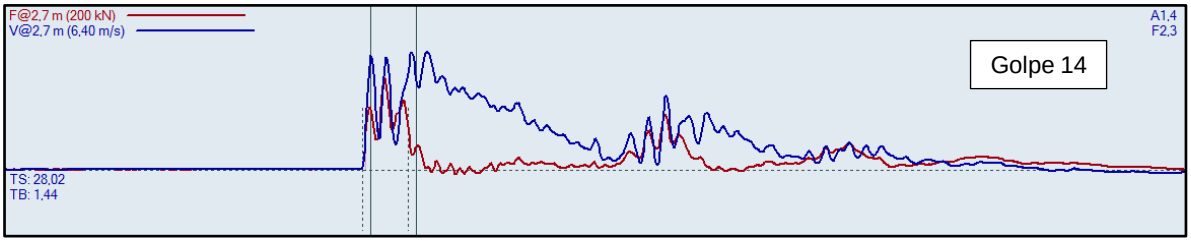

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 9
TS: 28,02
TB: 2,7

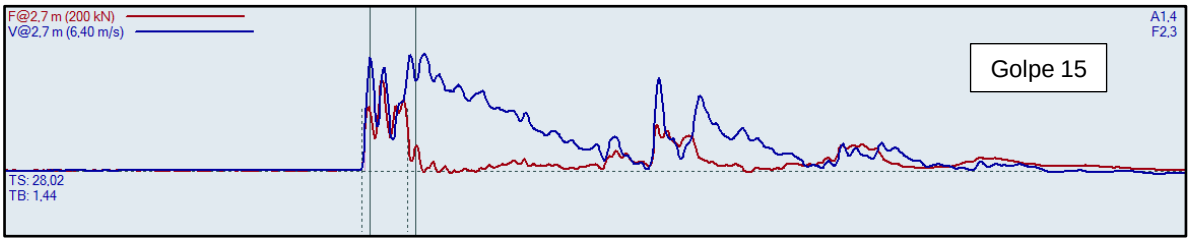

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 10
TS: 28,02
TB: 1,44

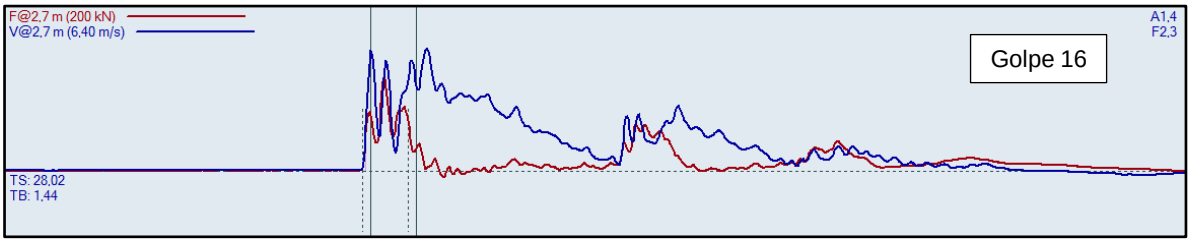

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 11
TS: 28,02
TB: 1,44

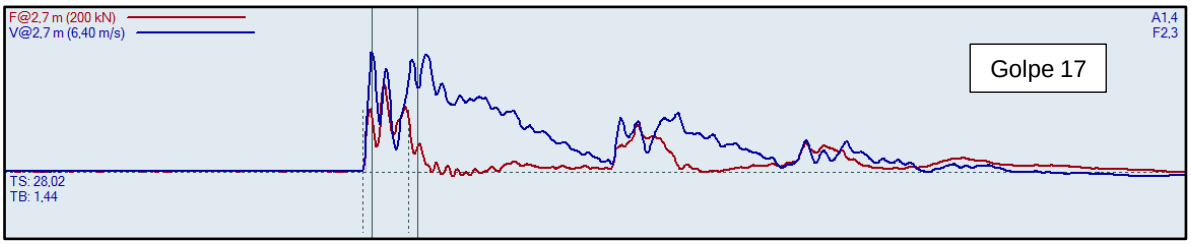

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 12
TS: 28,02
TB: 1,44

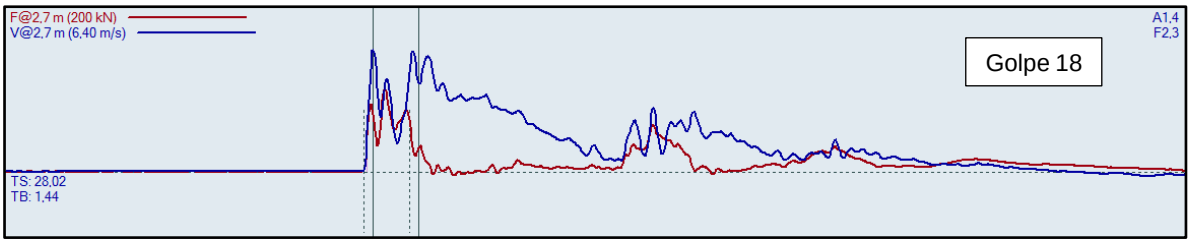

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 13
TS: 28,02
TB: 1,44

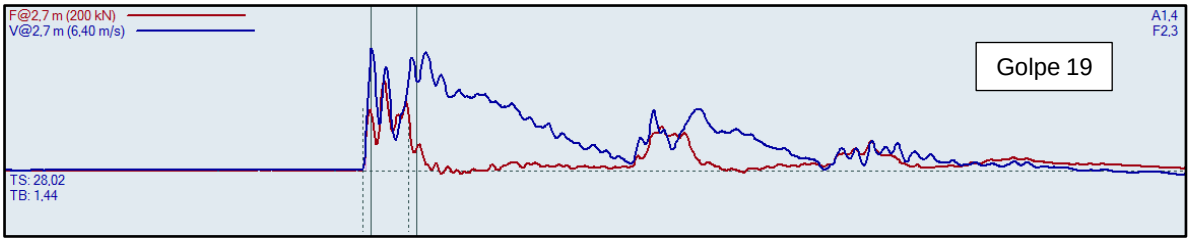

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 14
TS: 28,02
TB: 1,44


F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 15
TS: 28,02
TB: 1,44

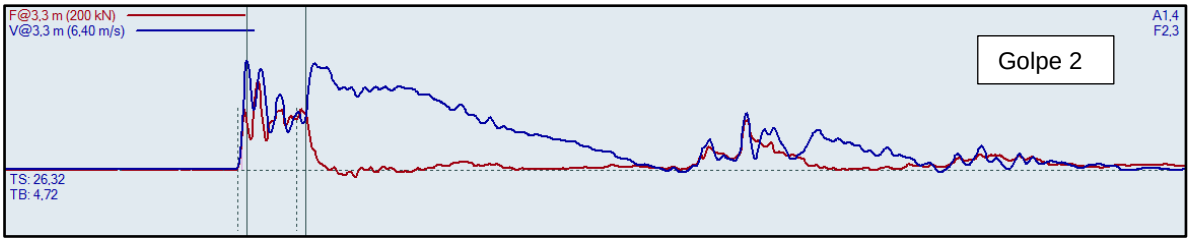

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 16
TS: 28,02
TB: 1,44

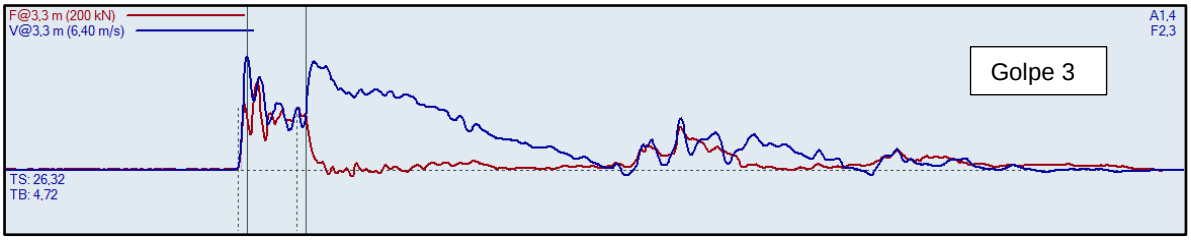

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 17
TS: 28,02
TB: 1,44

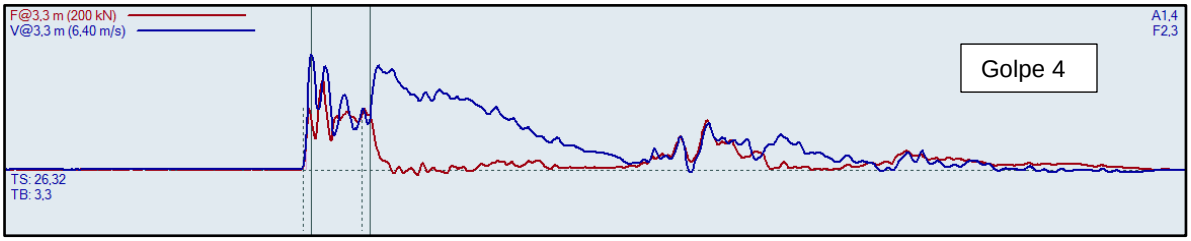

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 18
TS: 28,02
TB: 1,44

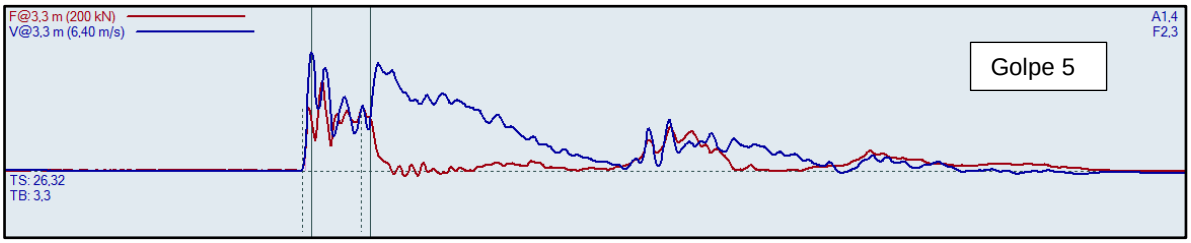


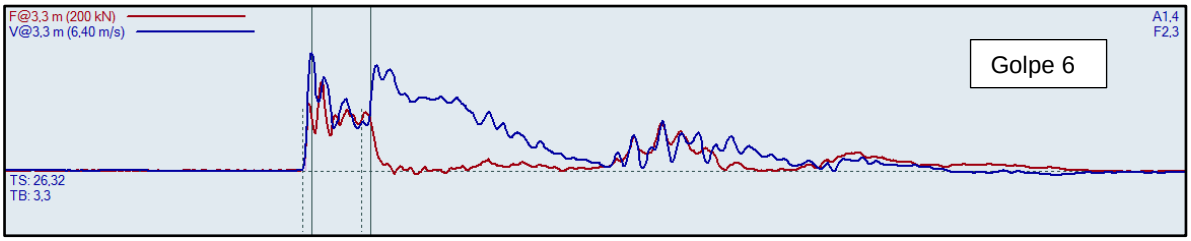
Profundidad 2.00 – 2.45

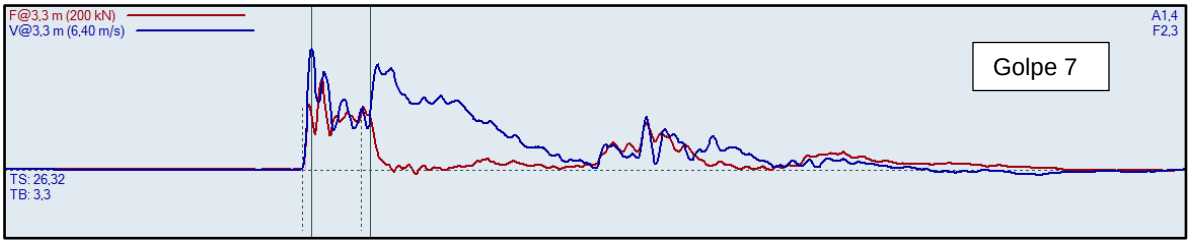


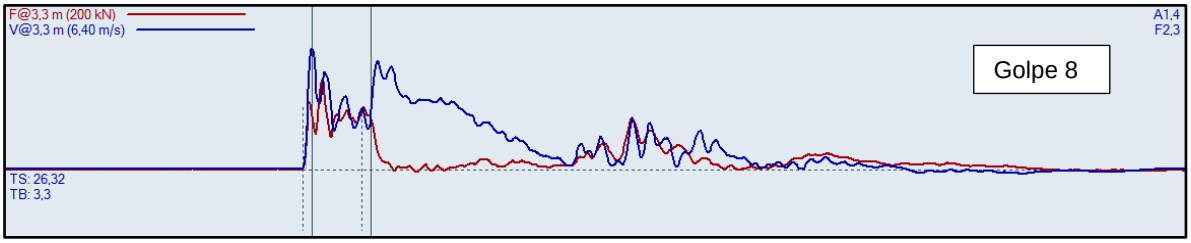


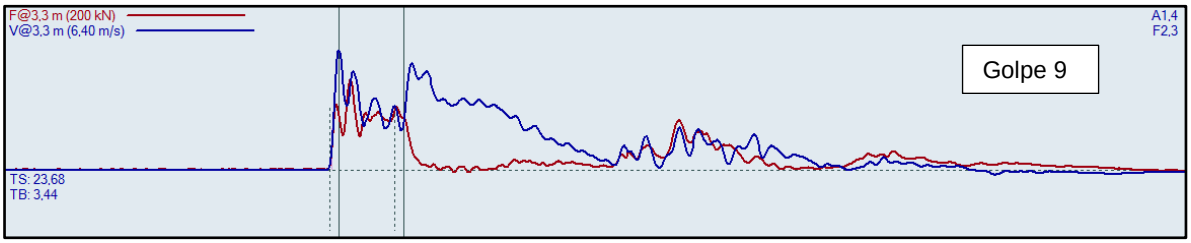


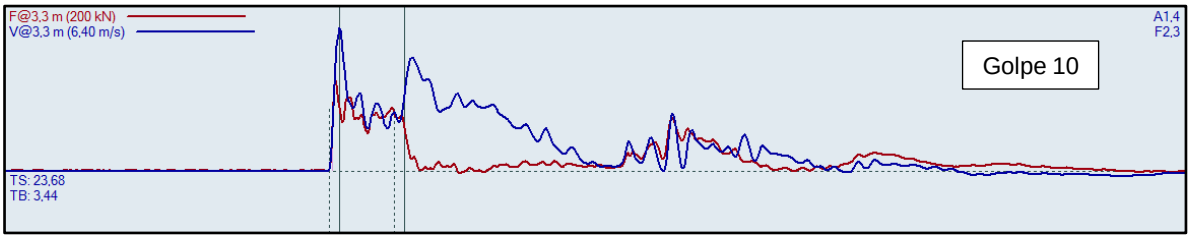


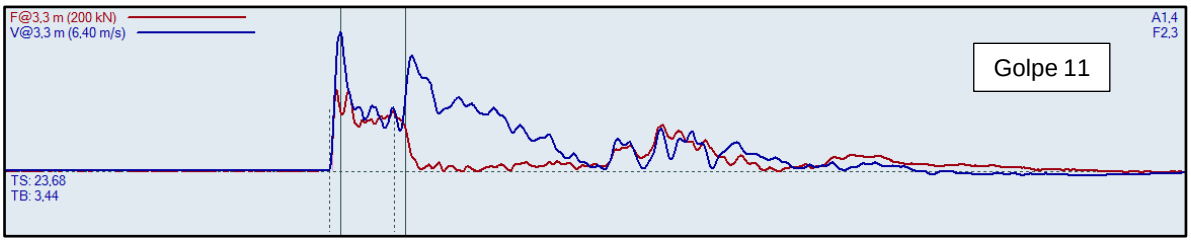


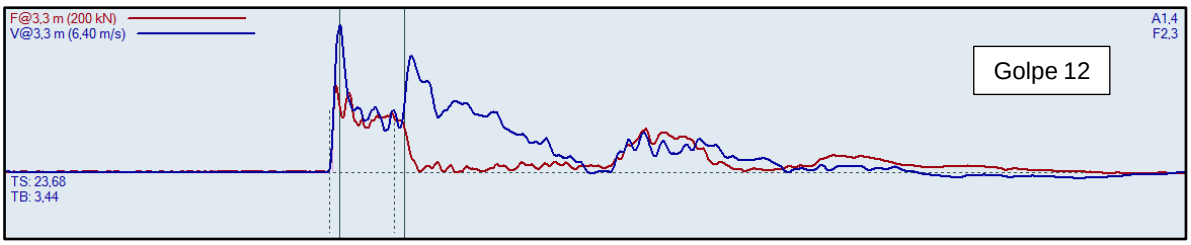

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 7
TS: 26,32
TB: 3,3

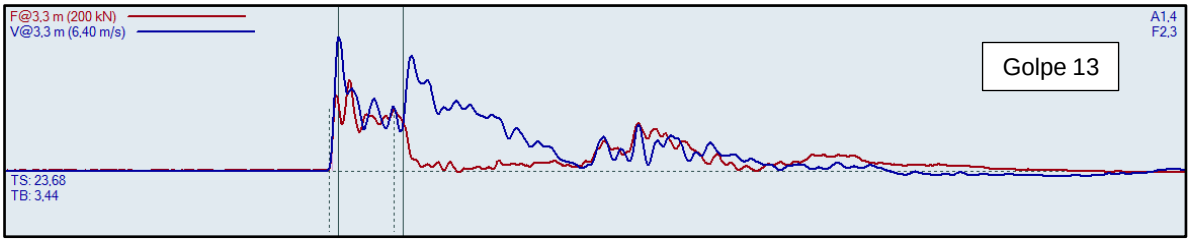

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 8
TS: 26,32
TB: 3,3

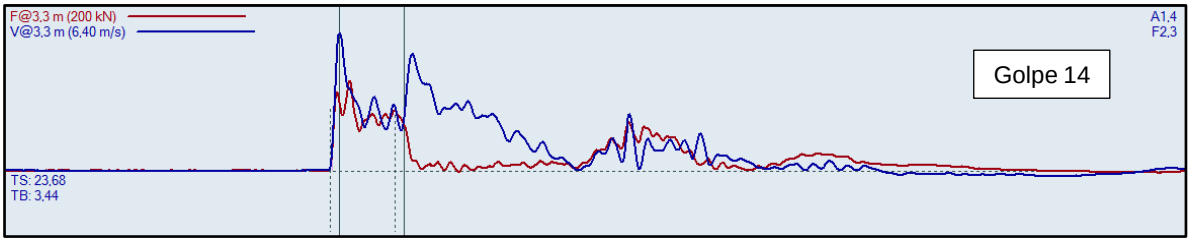

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 9
TS: 23,68
TB: 3,44

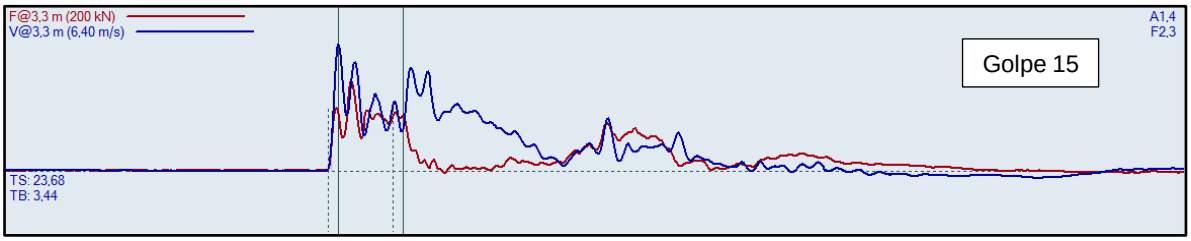

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 10
TS: 23,68
TB: 3,44

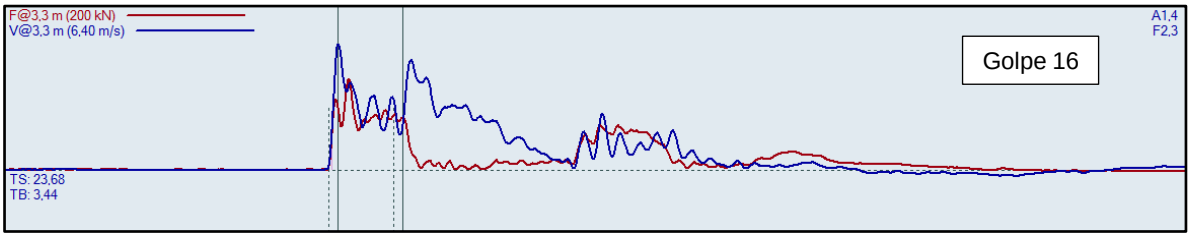

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 11
TS: 23,68
TB: 3,44

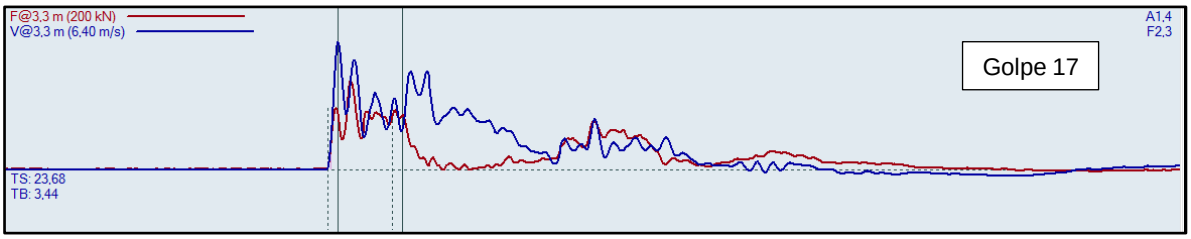

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 12
TS: 23,68
TB: 3,44

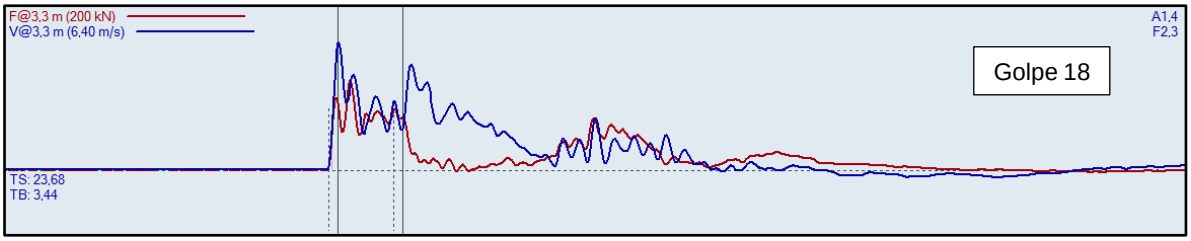

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 13
TS: 23,68
TB: 3,44

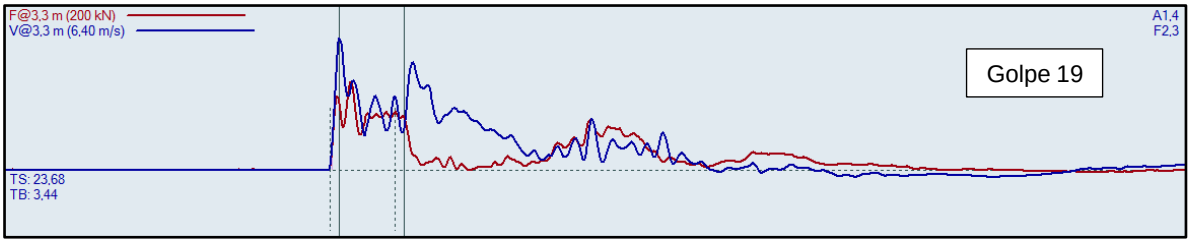

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 14
TS: 23,68
TB: 3,44

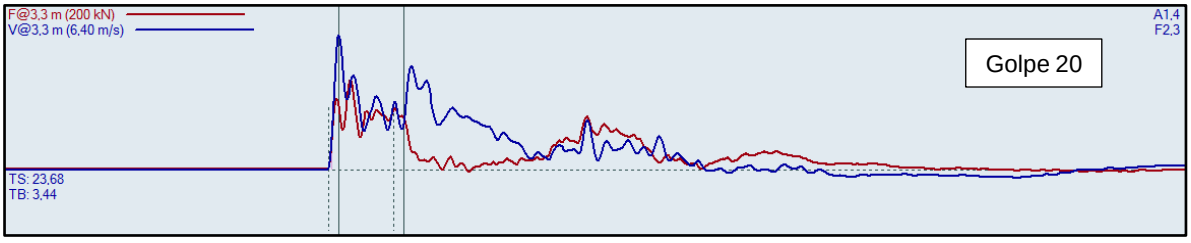

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 15
TS: 23,68
TB: 3,44

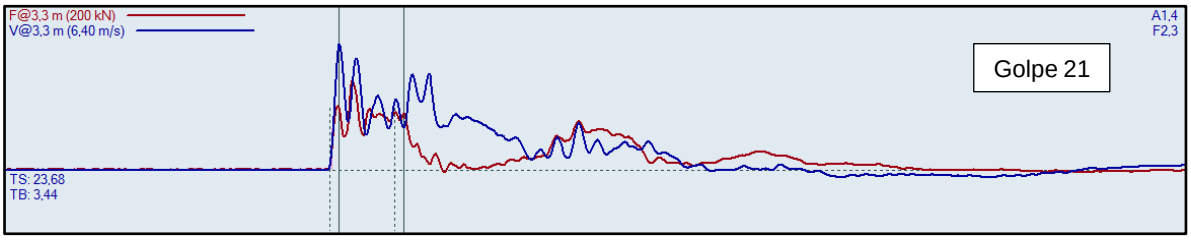

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 16
TS: 23,68
TB: 3,44

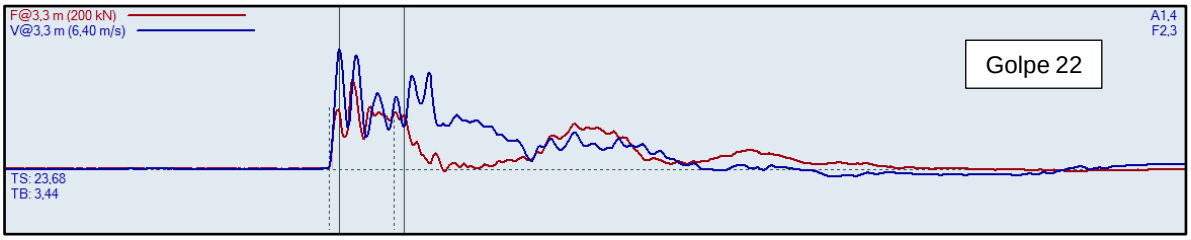

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 17
TS: 23,68
TB: 3,44

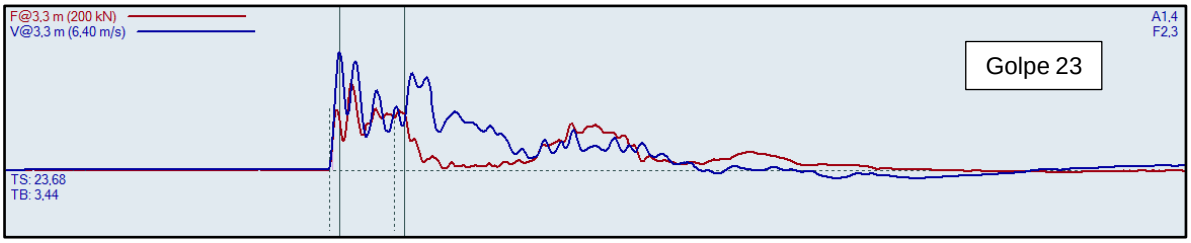

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 18
TS: 23,68
TB: 3,44

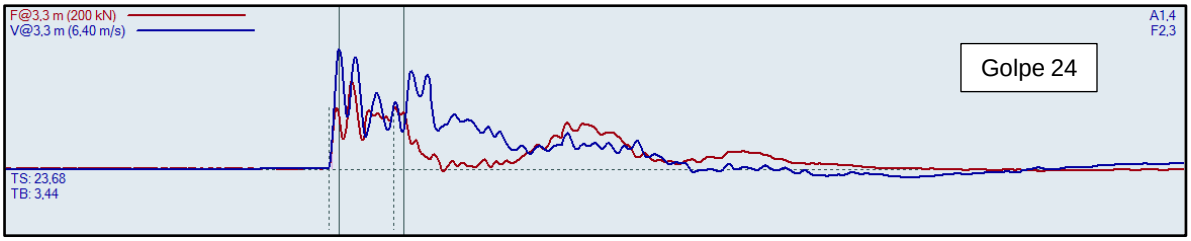

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 19
TS: 23,68
TB: 3,44

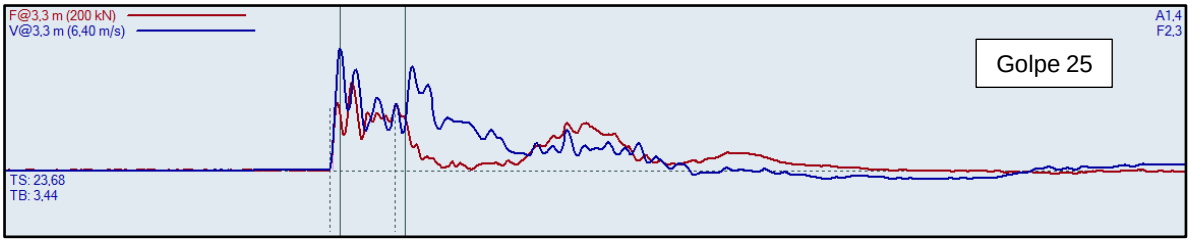

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 20
TS: 23,68
TB: 3,44

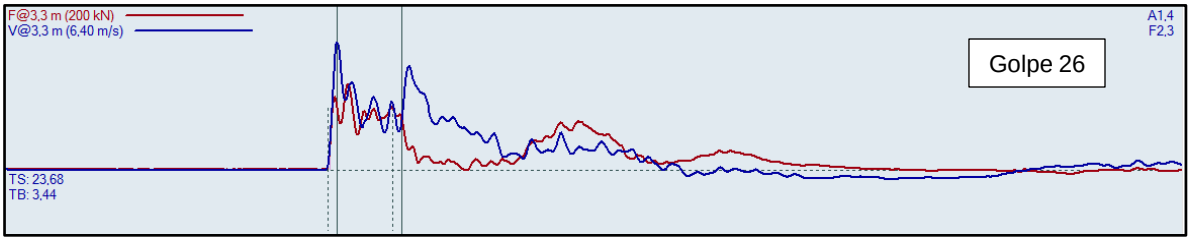

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 21
TS: 23,68
TB: 3,44

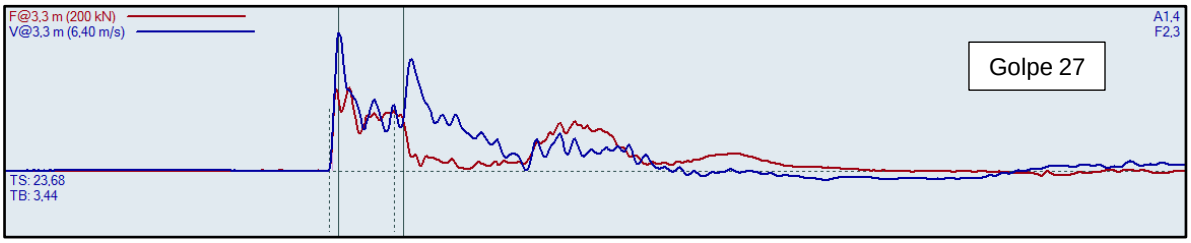

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 22
TS: 23,68
TB: 3,44

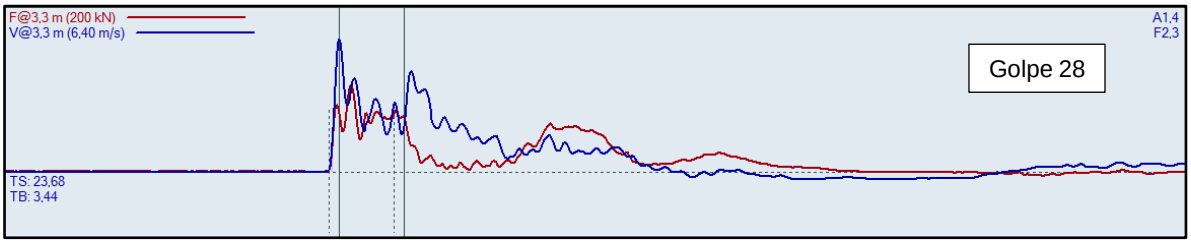

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 23
TS: 23,68
TB: 3,44

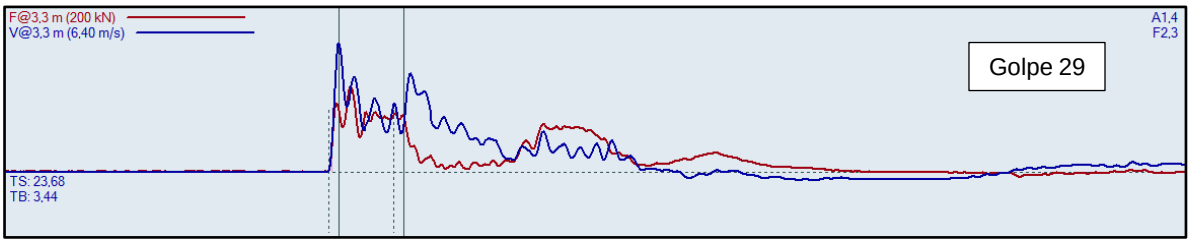

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 24
TS: 23,68
TB: 3,44

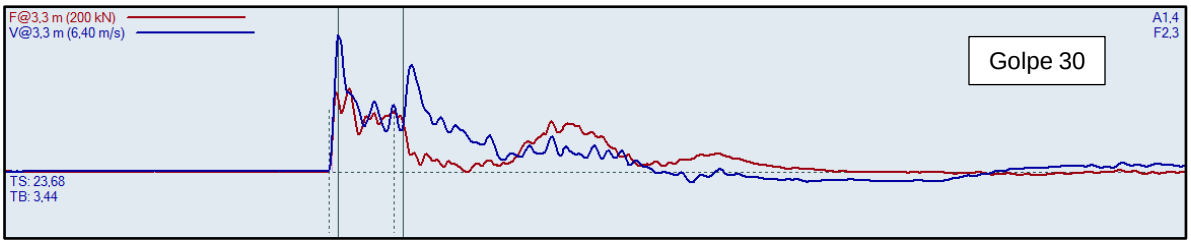

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 25
TS: 23,68
TB: 3,44

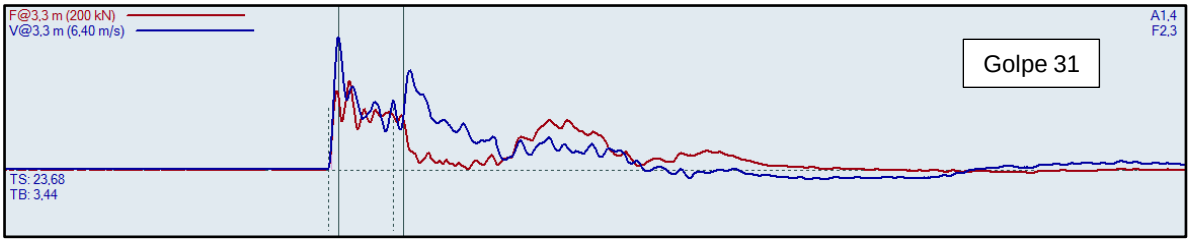

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 26
TS: 23,68
TB: 3,44

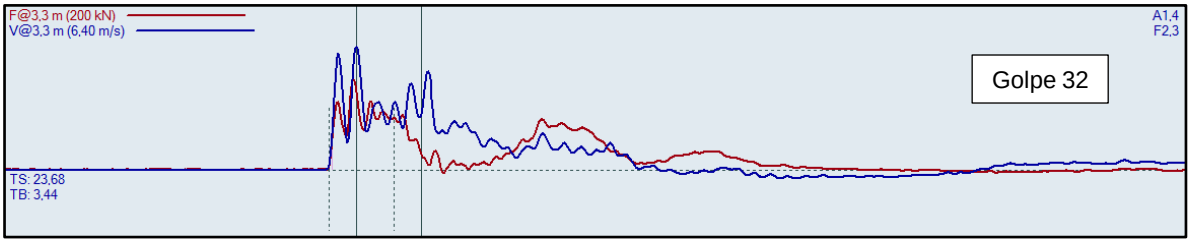

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 27
TS: 23,68
TB: 3,44

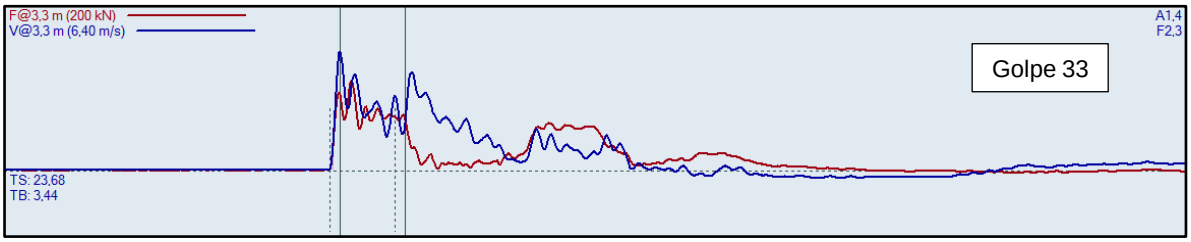

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 28
TS: 23,68
TB: 3,44

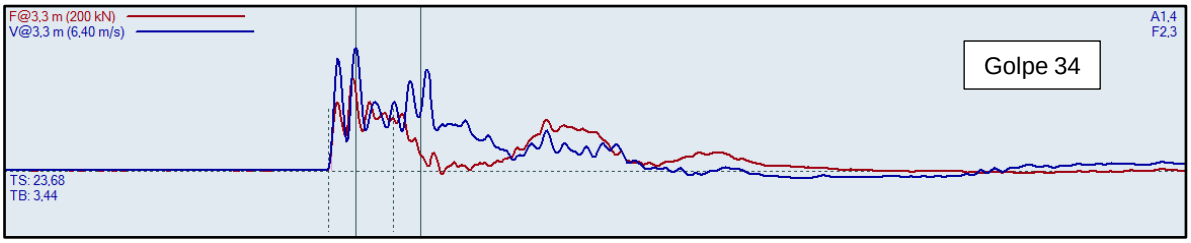

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 29
TS: 23,68
TB: 3,44

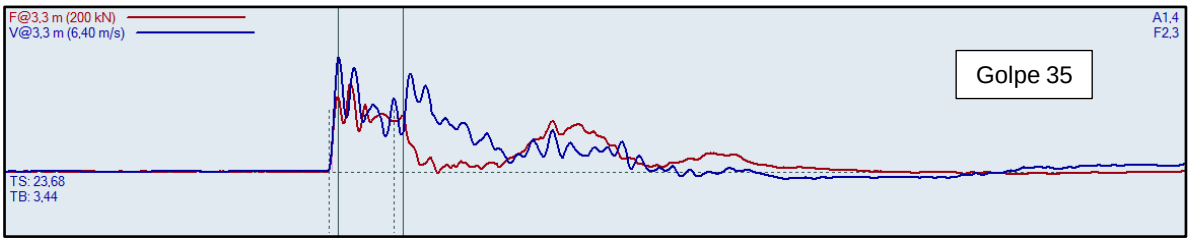

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 30
TS: 23,68
TB: 3,44

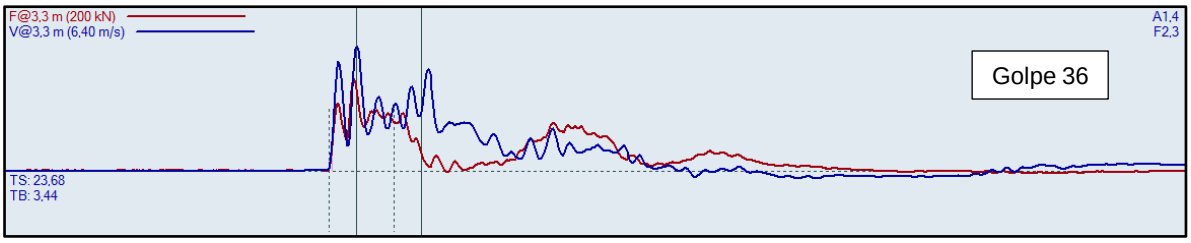

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 31
TS: 23,68
TB: 3,44

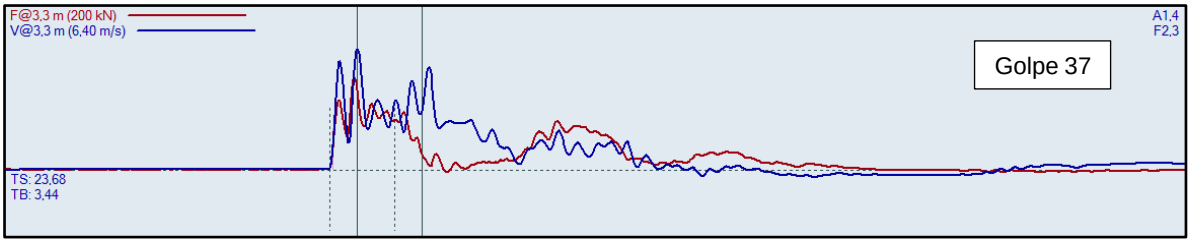

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 32
TS: 23,68
TB: 3,44

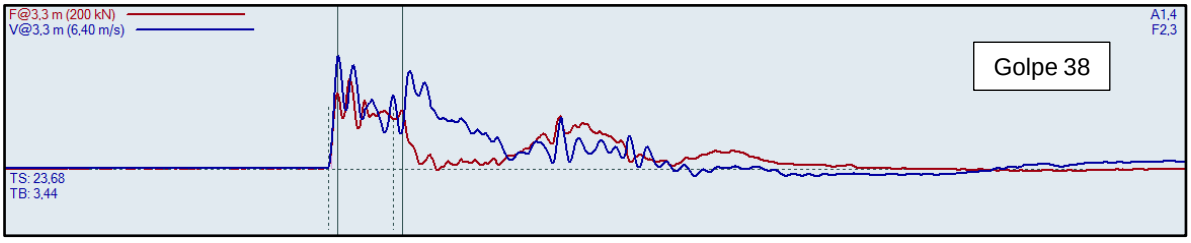

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 33
TS: 23,68
TB: 3,44

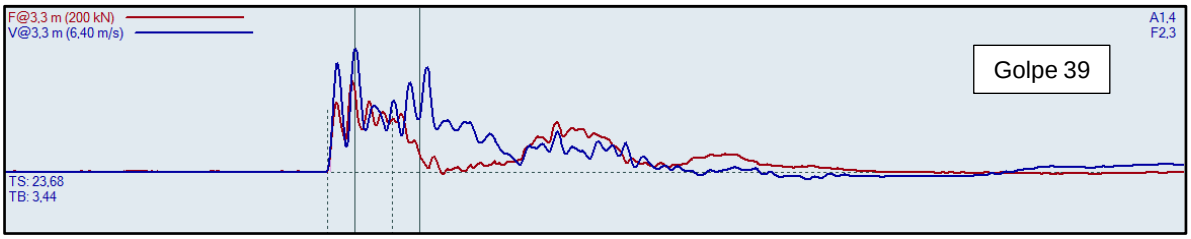

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 34
TS: 23,68
TB: 3,44

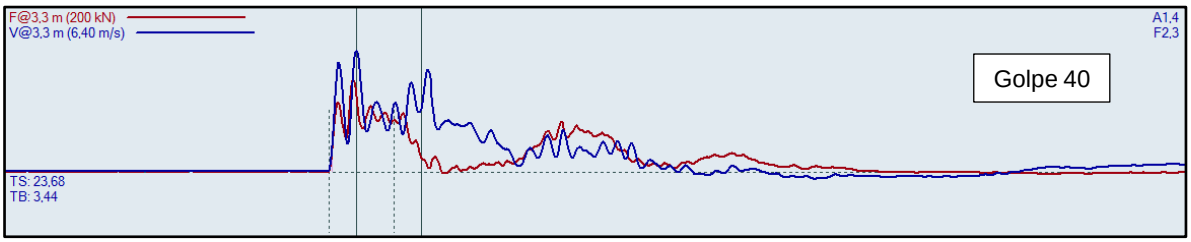

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 35
TS: 23,68
TB: 3,44

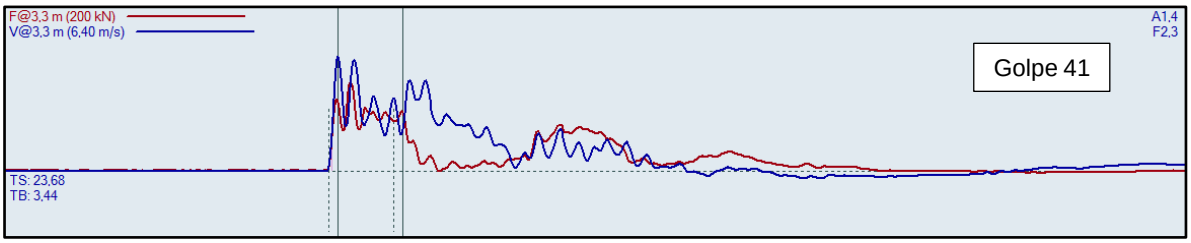

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 36
TS: 23,68
TB: 3,44

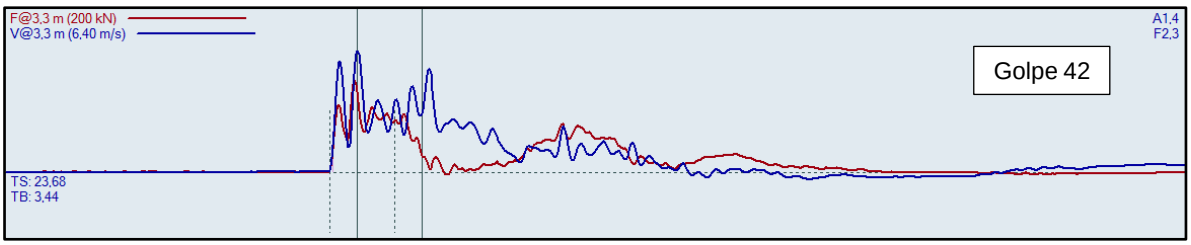

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 37
TS: 23,68
TB: 3,44

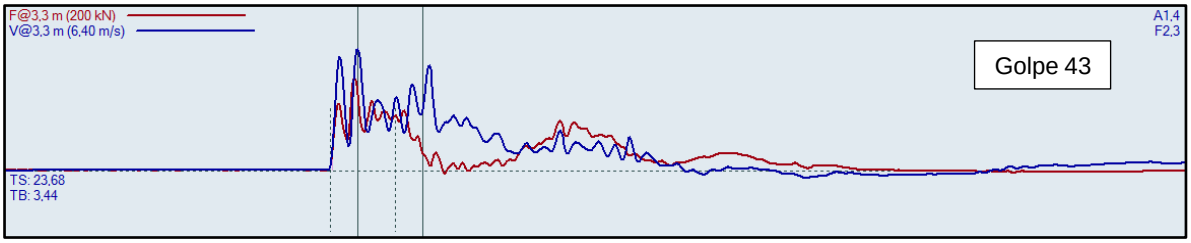

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 38
TS: 23,68
TB: 3,44

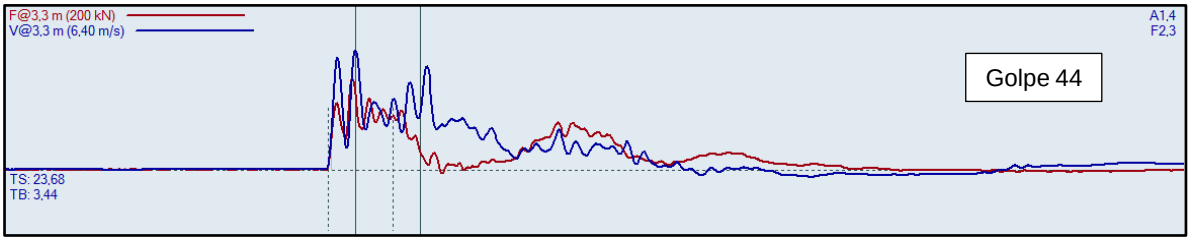

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 39
TS: 23,68
TB: 3,44

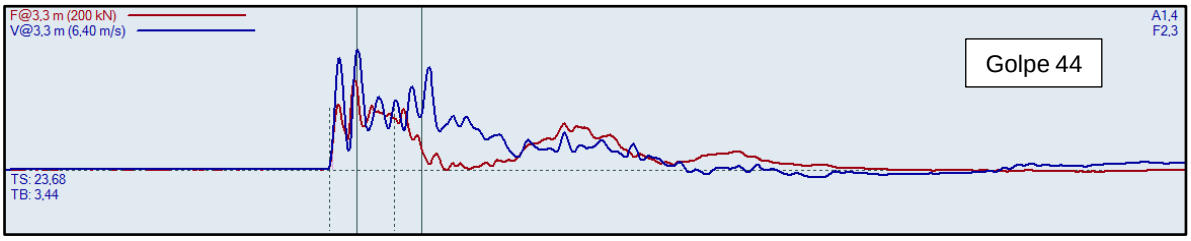

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 40
TS: 23,68
TB: 3,44


F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 41
TS: 23,68
TB: 3,44

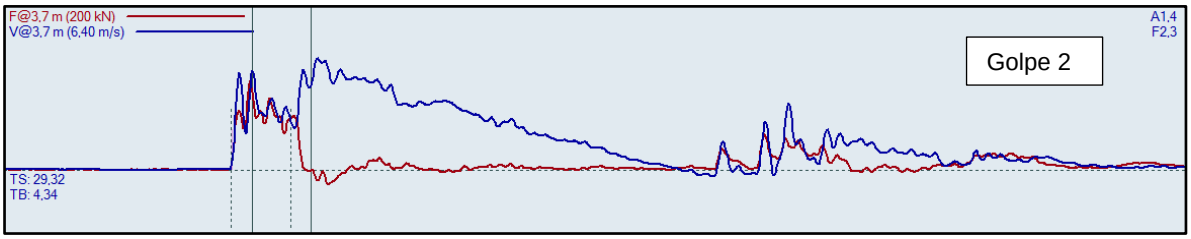

F@3,3 m (200 kN)
V@3,3 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 42
TS: 23,68
TB: 3,44

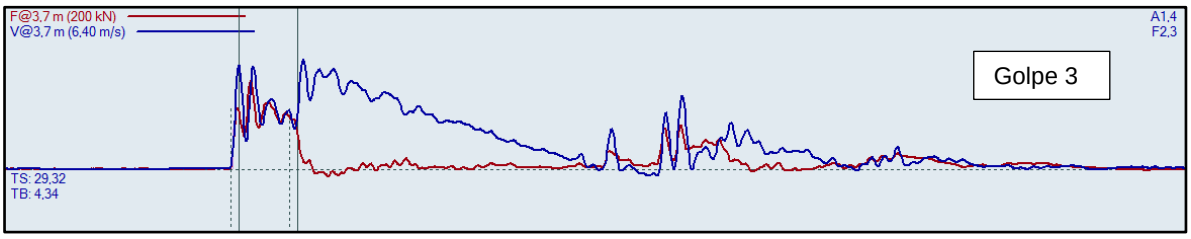


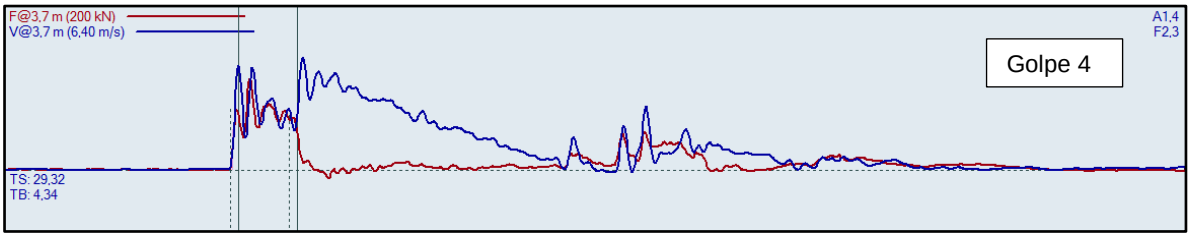


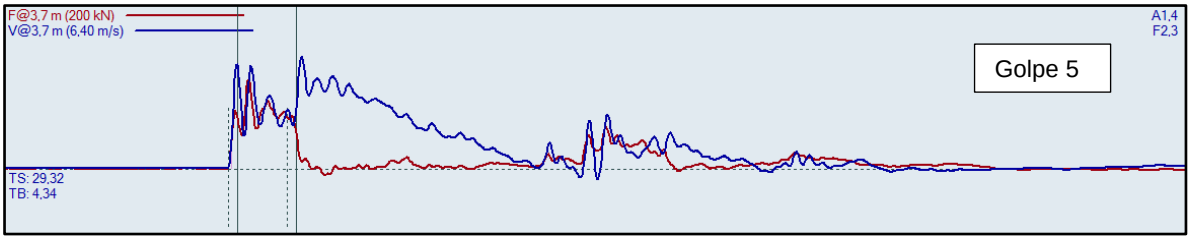


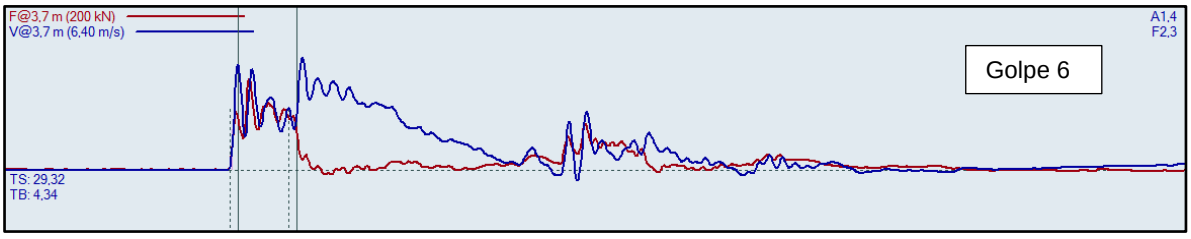
Profundidad 2.50 – 3.00

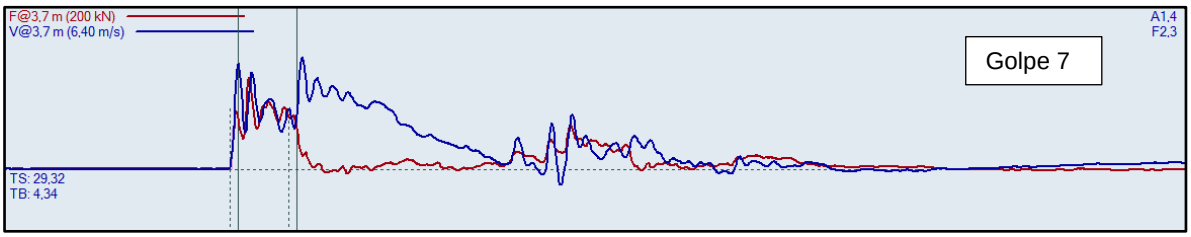


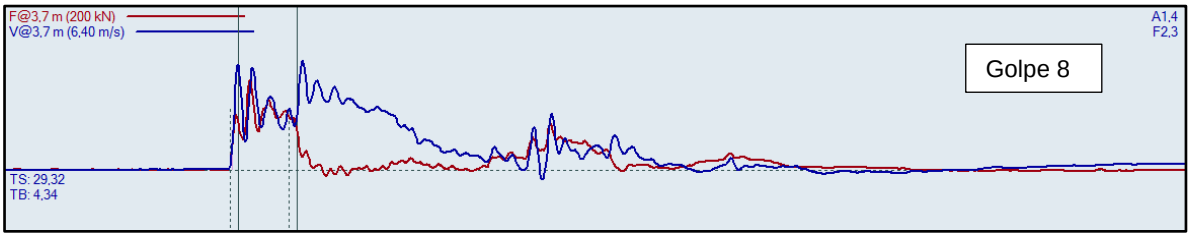


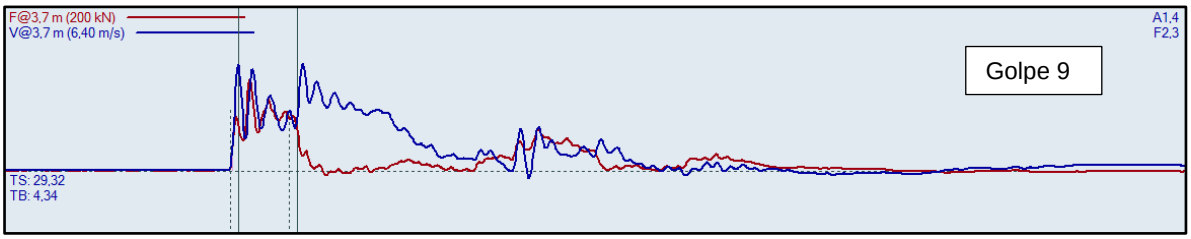


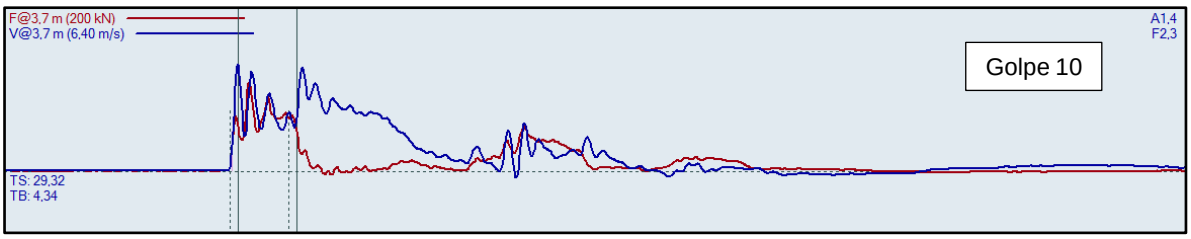

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 5
TS: 29,32
TB: 4,34

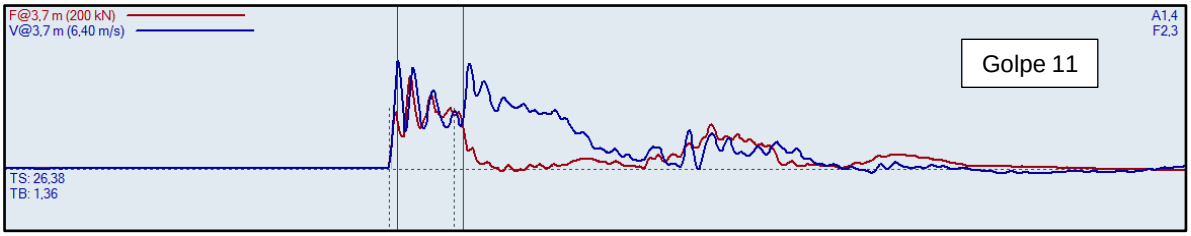

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 6
TS: 29,32
TB: 4,34

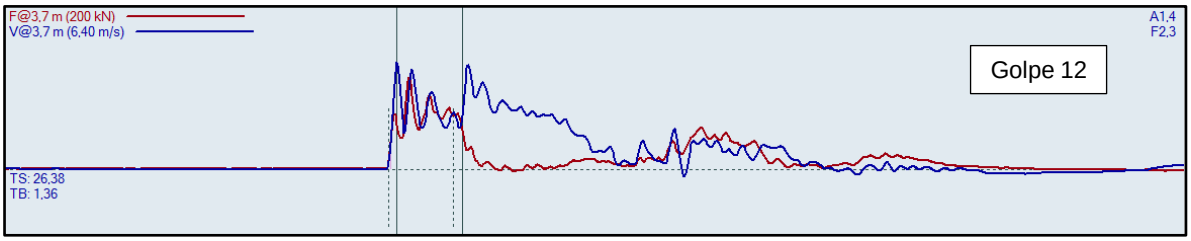

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 7
TS: 29,32
TB: 4,34

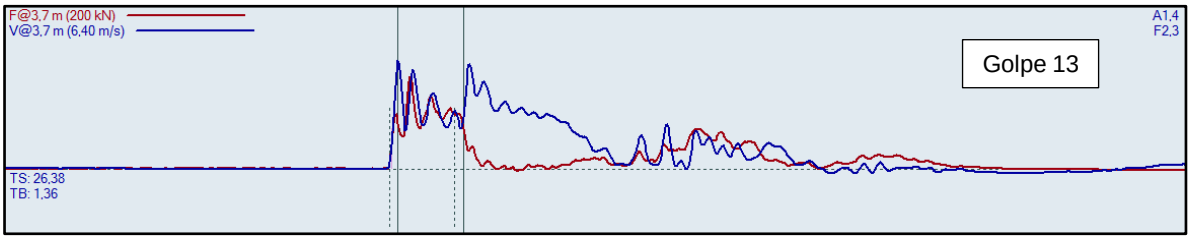

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 8
TS: 29,32
TB: 4,34

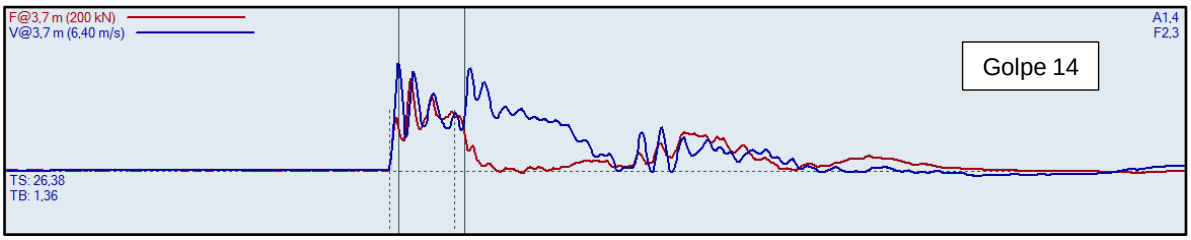

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 9
TS: 29,32
TB: 4,34

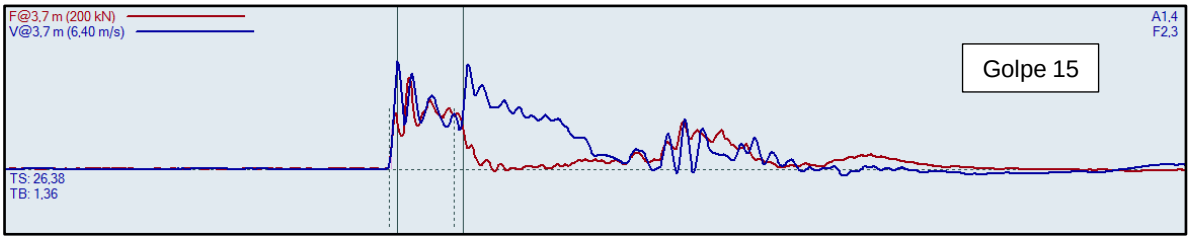

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 10
TS: 29,32
TB: 4,34

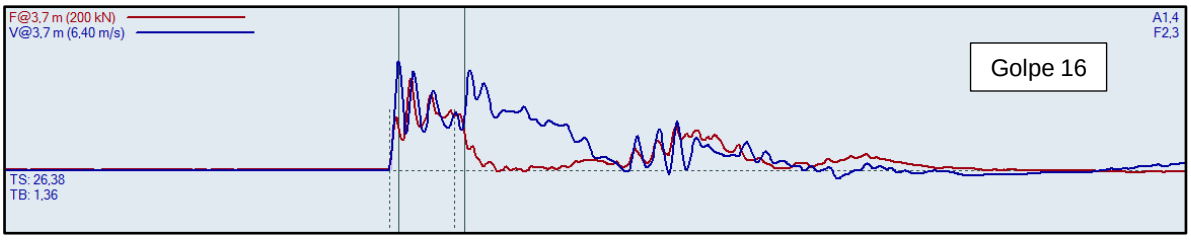

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 11
TS: 26,38
TB: 1,36

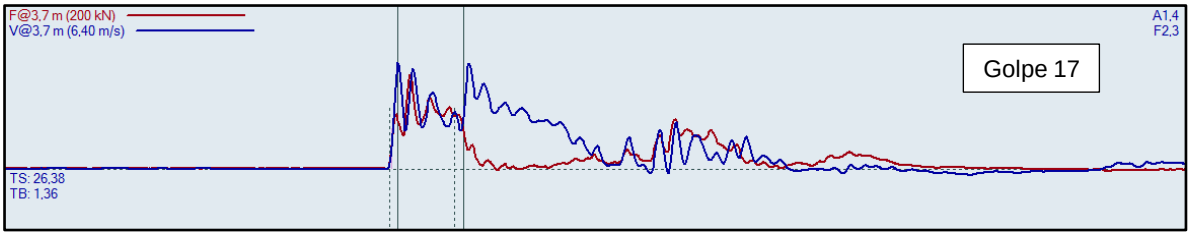

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 12
TS: 26,38
TB: 1,36

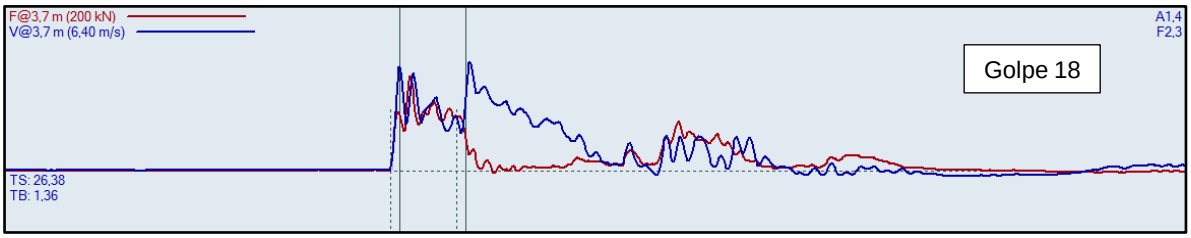

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 13
TS: 26,38
TB: 1,36

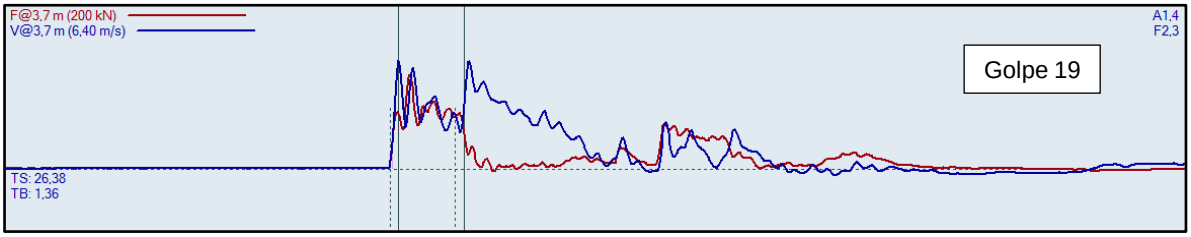

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 14
TS: 26,38
TB: 1,36

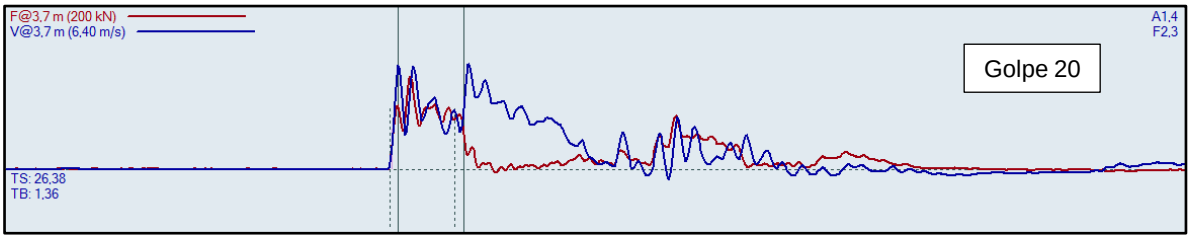

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 15
TS: 26,38
TB: 1,36

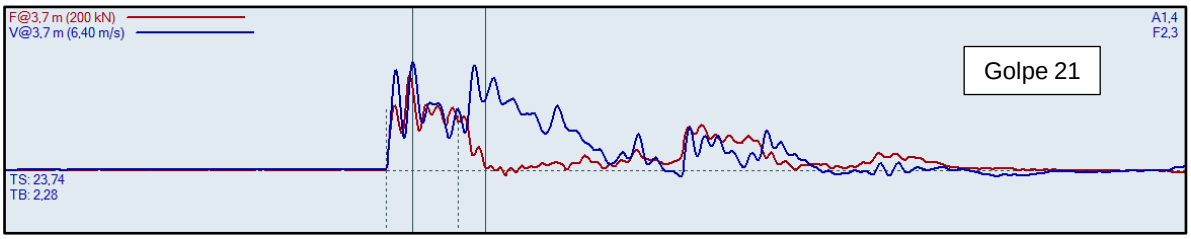

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 16
TS: 26,38
TB: 1,36

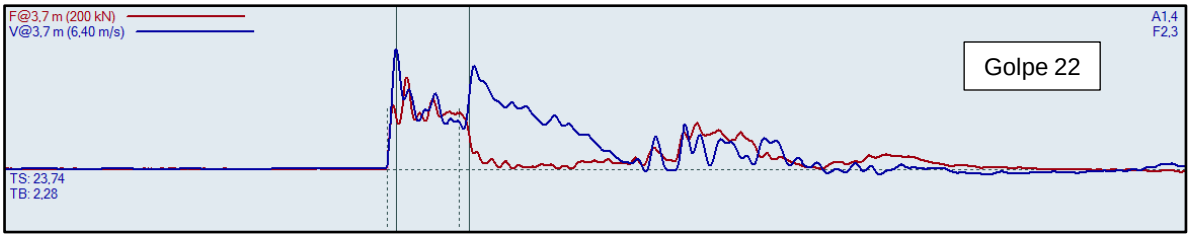

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 17
TS: 26,38
TB: 1,36

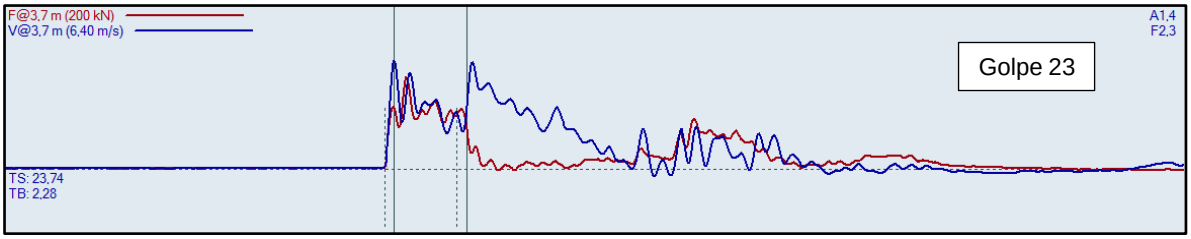

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 18
TS: 26,38
TB: 1,36

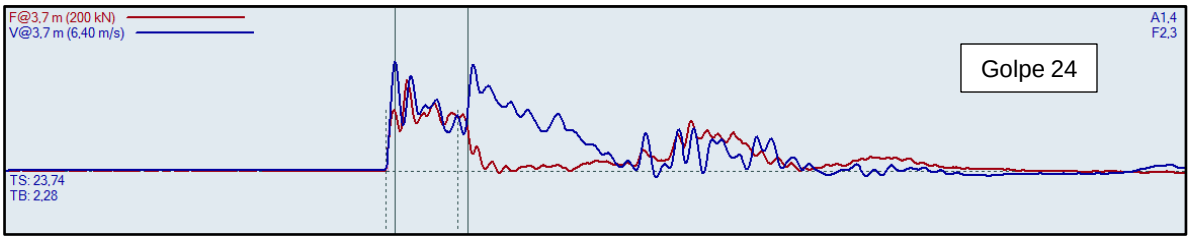

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 19
TS: 26,38
TB: 1,36

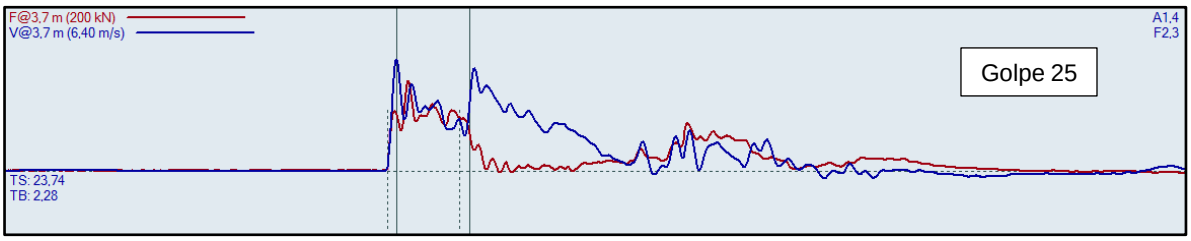

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 20
TS: 26,38
TB: 1,36

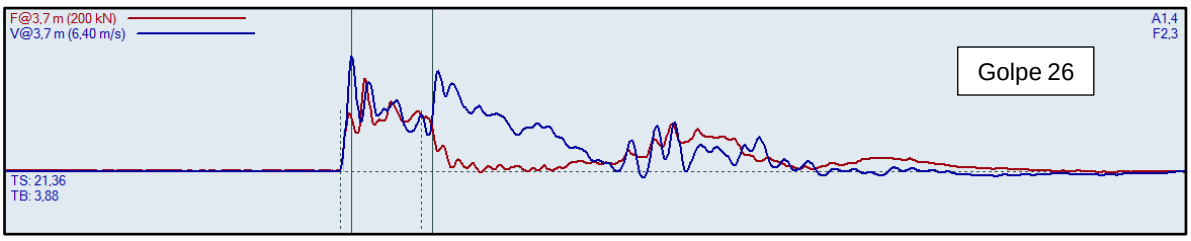

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 21
TS: 23,74
TB: 2,28

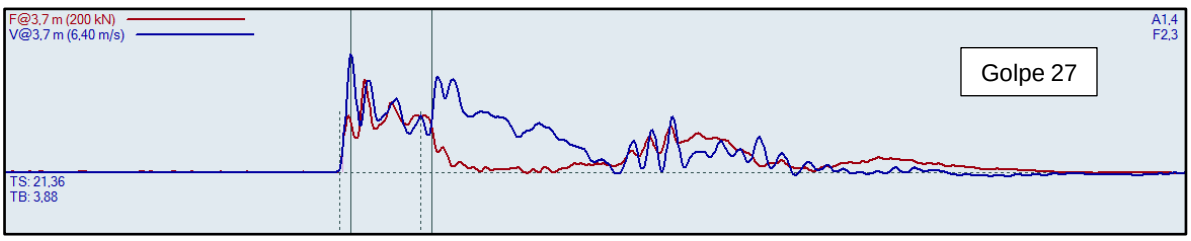

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 22
TS: 23,74
TB: 2,28

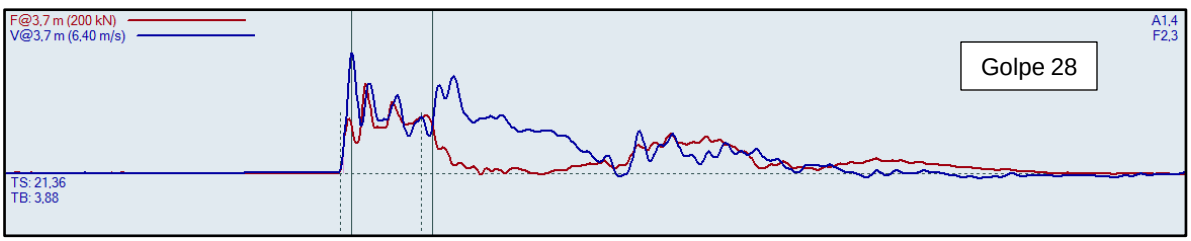

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 23
TS: 23,74
TB: 2,28

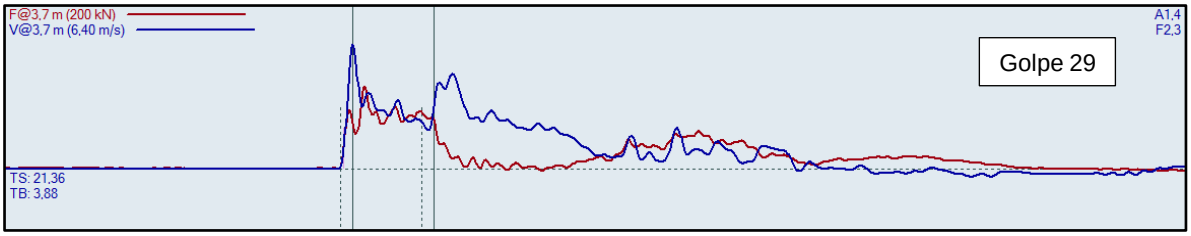

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 24
TS: 23,74
TB: 2,28

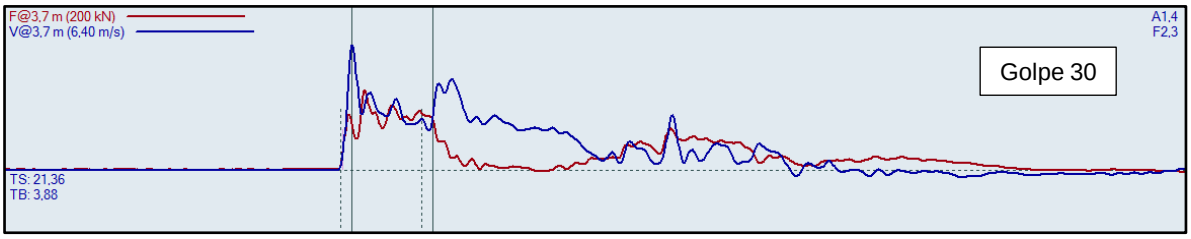

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 25
TS: 23,74
TB: 2,28

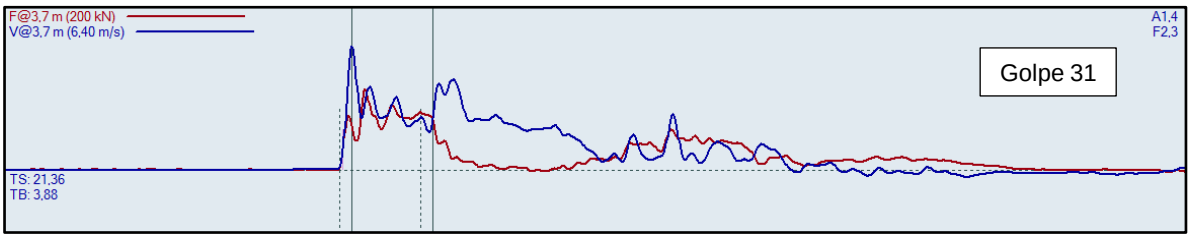

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 26
TS: 21,36
TB: 3,88

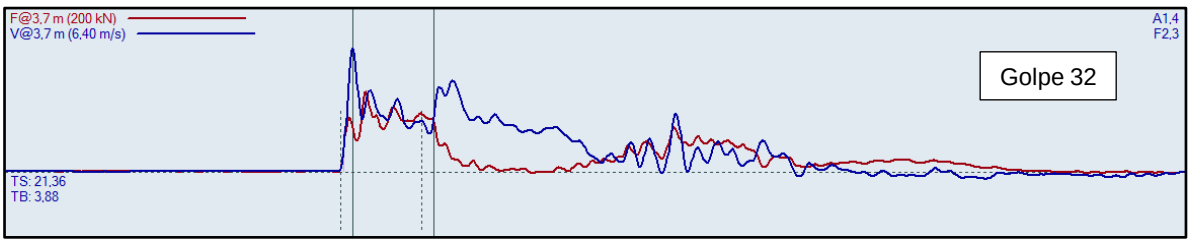

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 27
TS: 21,36
TB: 3,88

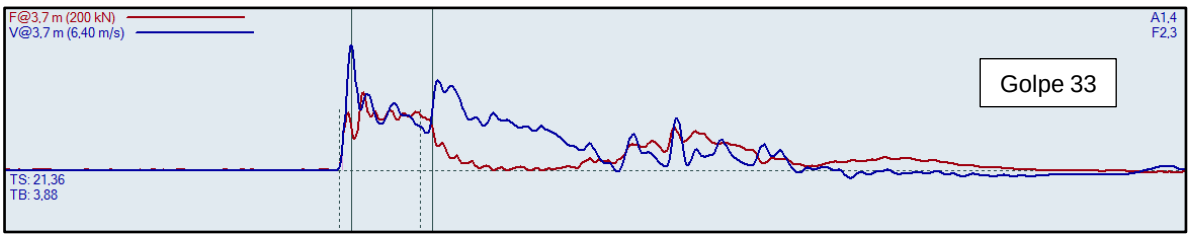

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 28
TS: 21,36
TB: 3,88

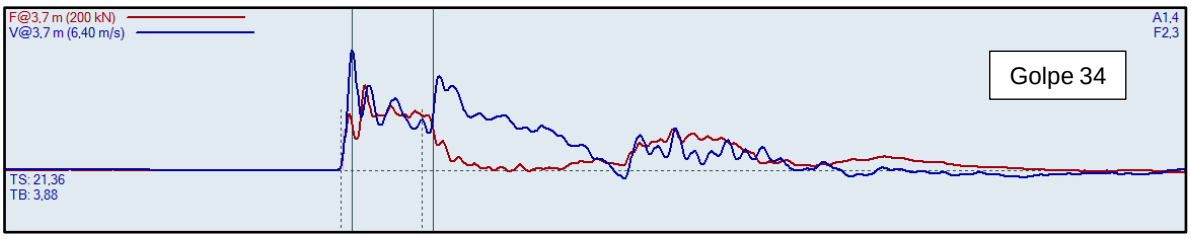

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 29
TS: 21,36
TB: 3,88

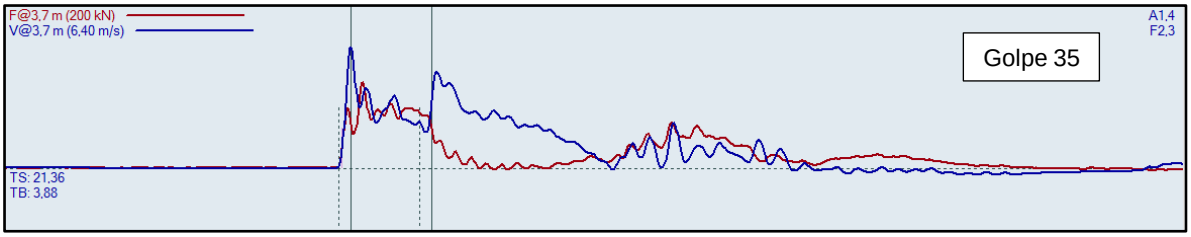

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 30
TS: 21,36
TB: 3,88

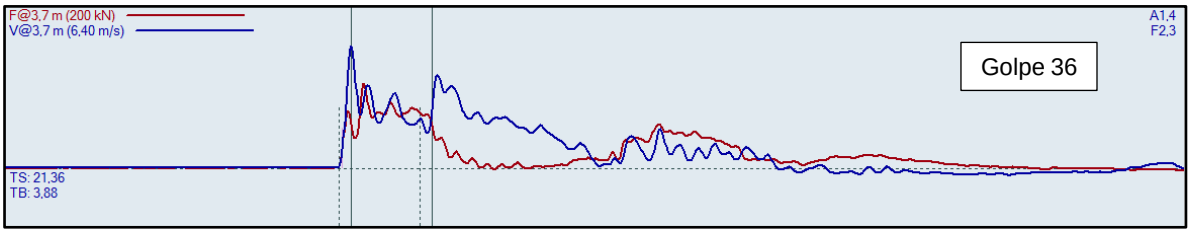

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 31
TS: 21,36
TB: 3,88

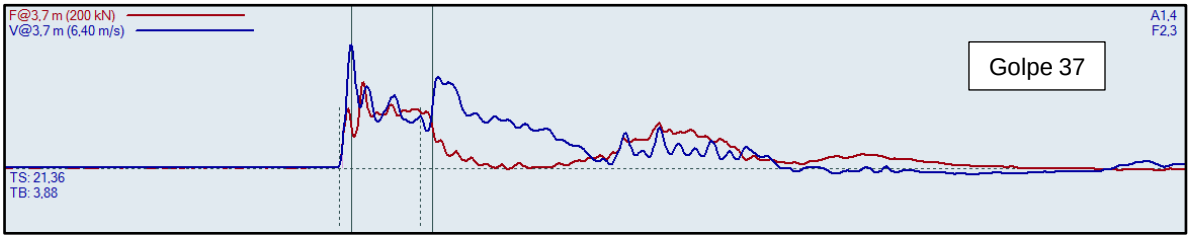

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 32
TS: 21,36
TB: 3,88

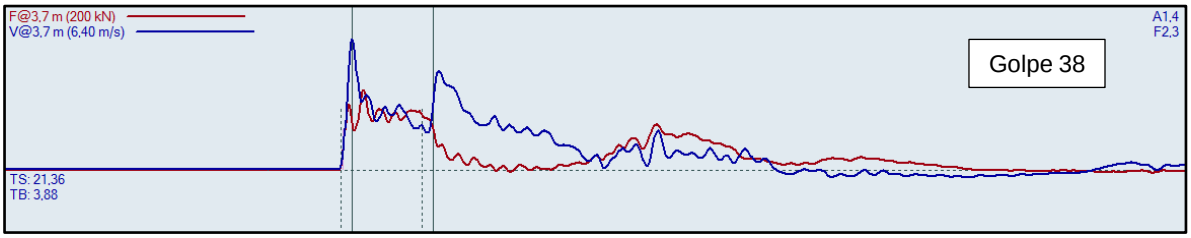

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 33
TS: 21,36
TB: 3,88

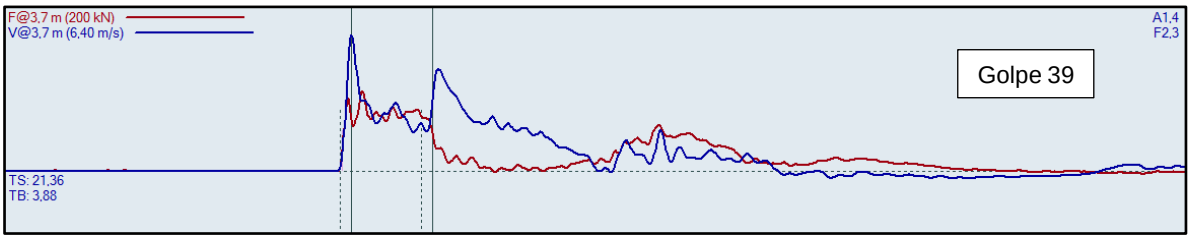

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 34
TS: 21,36
TB: 3,88

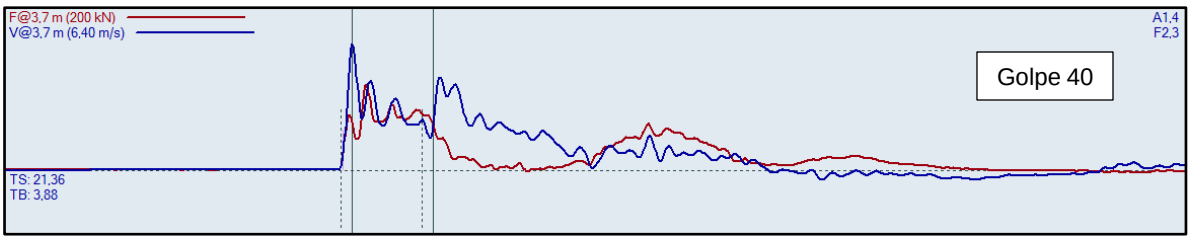

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 35
TS: 21,36
TB: 3,88

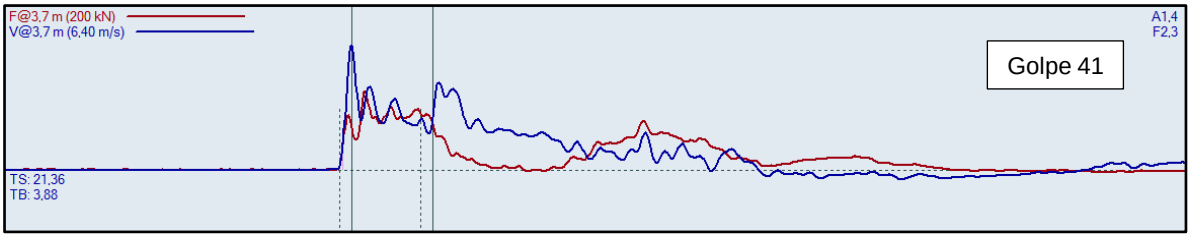

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 36
TS: 21,36
TB: 3,88


F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 37
TS: 21,36
TB: 3,88

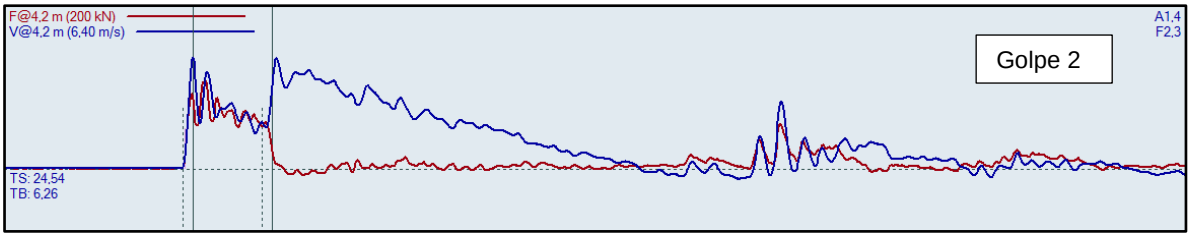

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 38
TS: 21,36
TB: 3,88

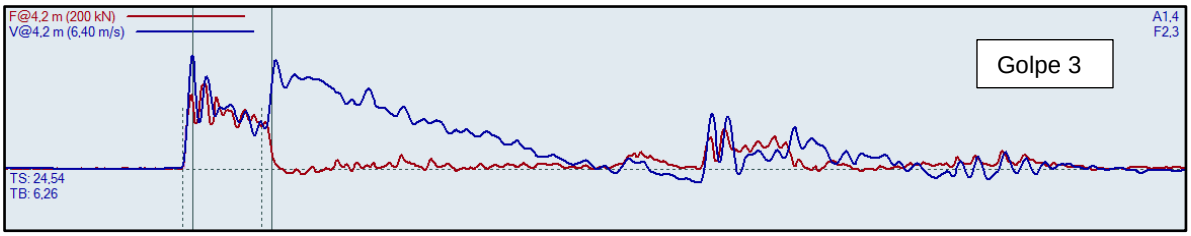

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 39
TS: 21,36
TB: 3,88

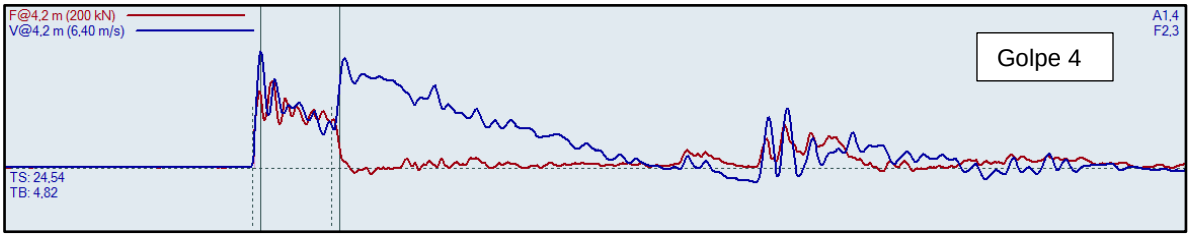

F@3,7 m (200 kN)
V@3,7 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 40
TS: 21,36
TB: 3,88

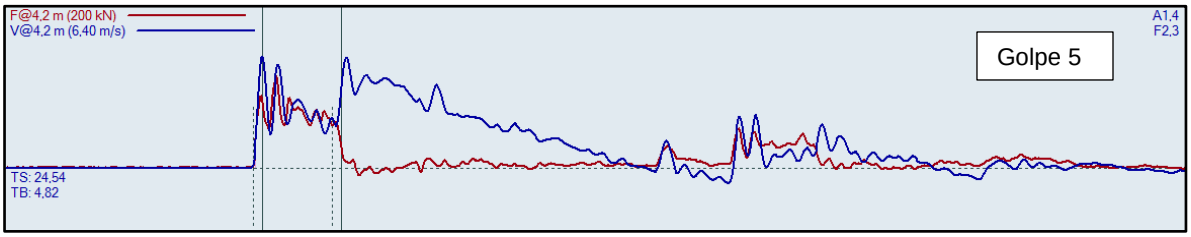


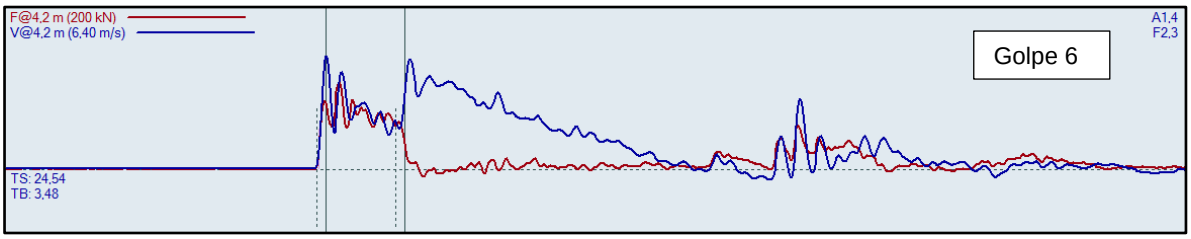
Profundidad 3.00 – 3.45

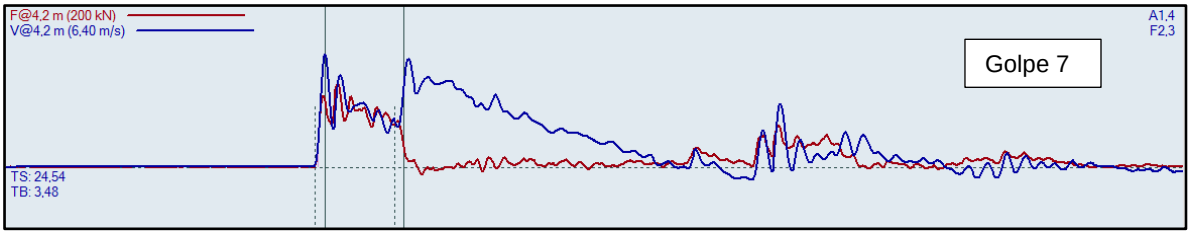


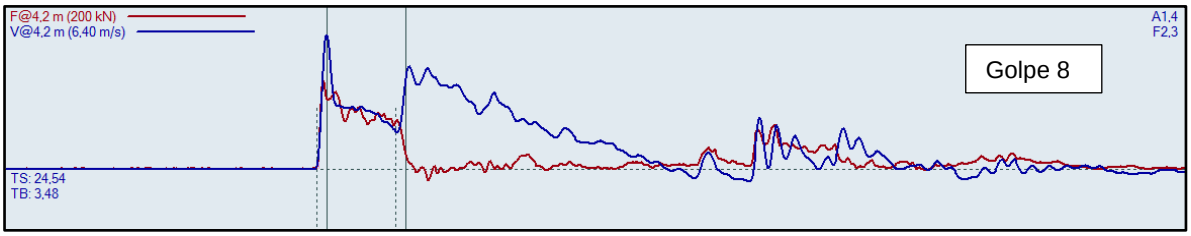


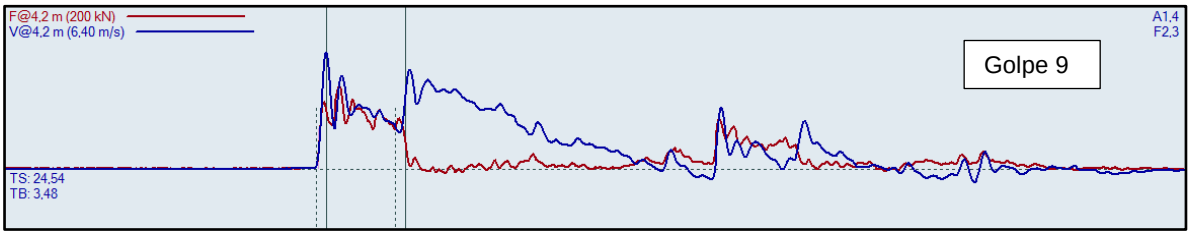


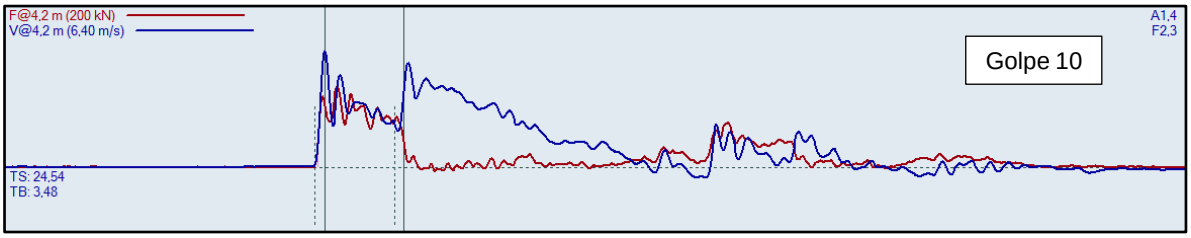


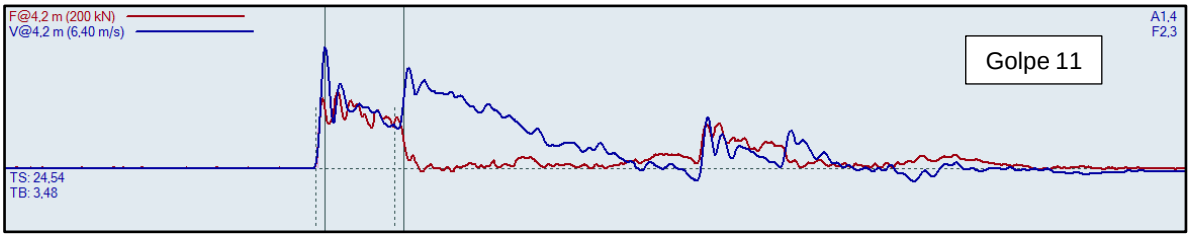


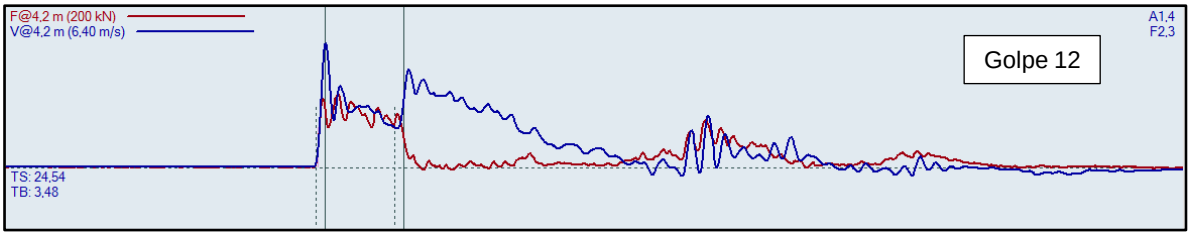

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 7
TS: 24,54
TB: 3,48

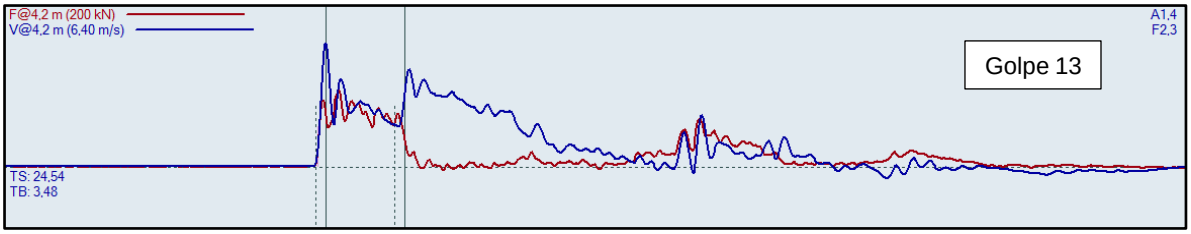

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 8
TS: 24,54
TB: 3,48

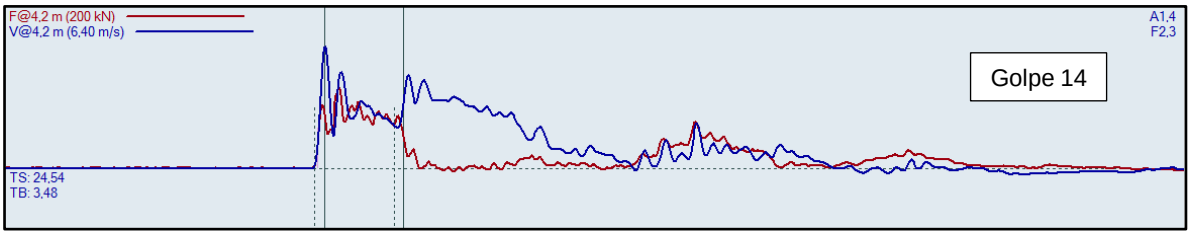

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 9
TS: 24,54
TB: 3,48

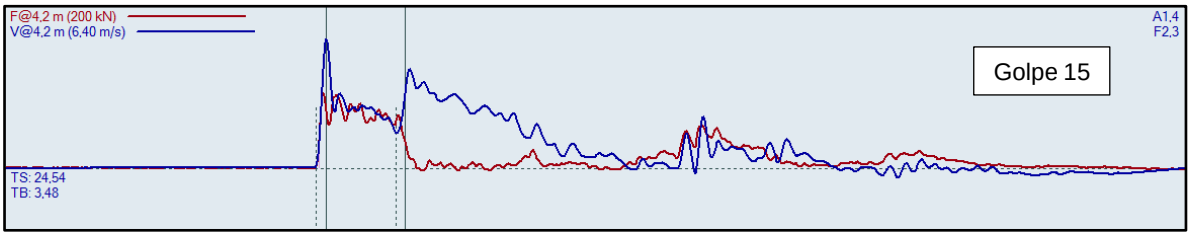

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 10
TS: 24,54
TB: 3,48

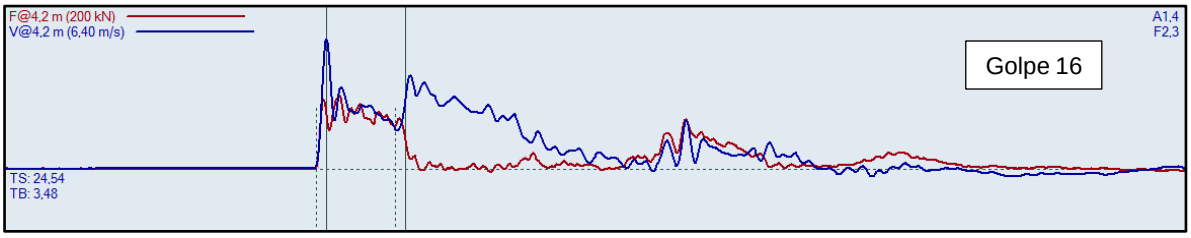

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 11
TS: 24,54
TB: 3,48

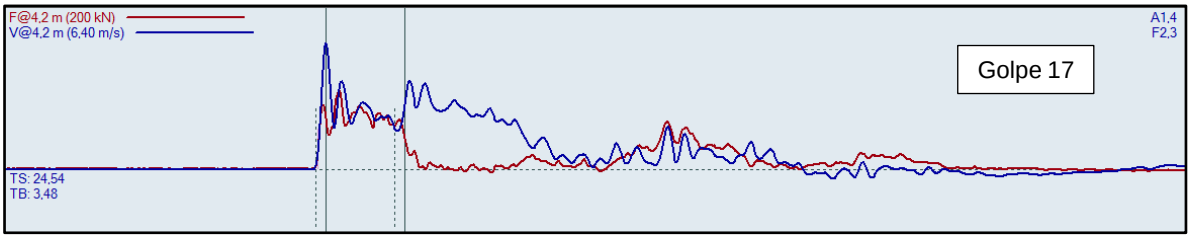

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 12
TS: 24,54
TB: 3,48

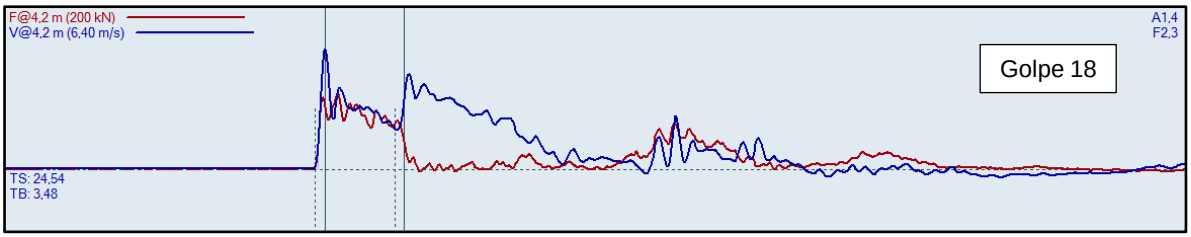

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 13
TS: 24,54
TB: 3,48

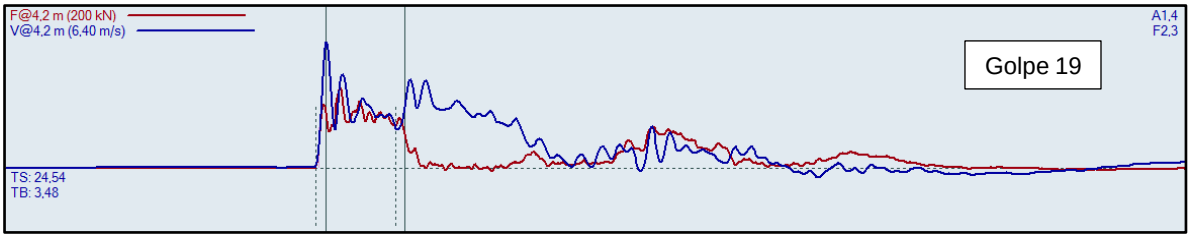

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 14
TS: 24,54
TB: 3,48

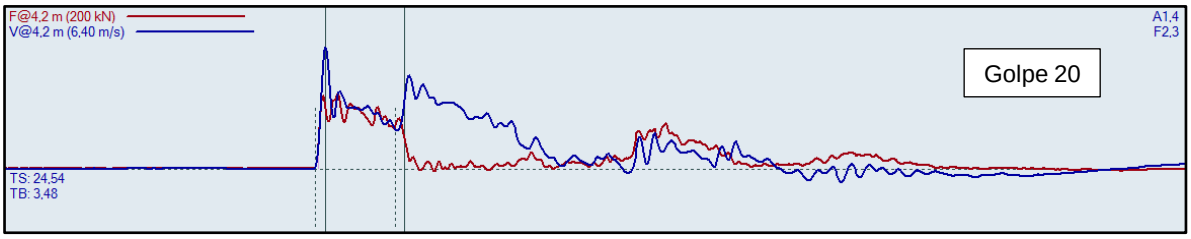

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 15
TS: 24,54
TB: 3,48

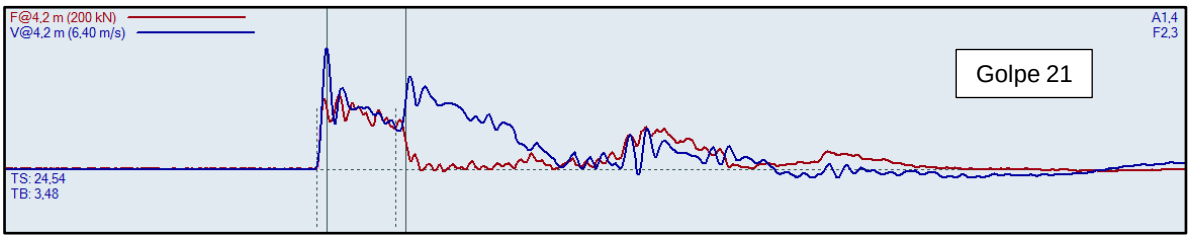

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 16
TS: 24,54
TB: 3,48

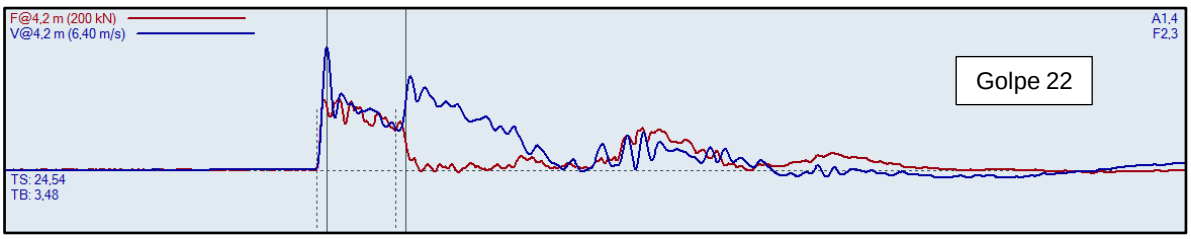

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 17
TS: 24,54
TB: 3,48

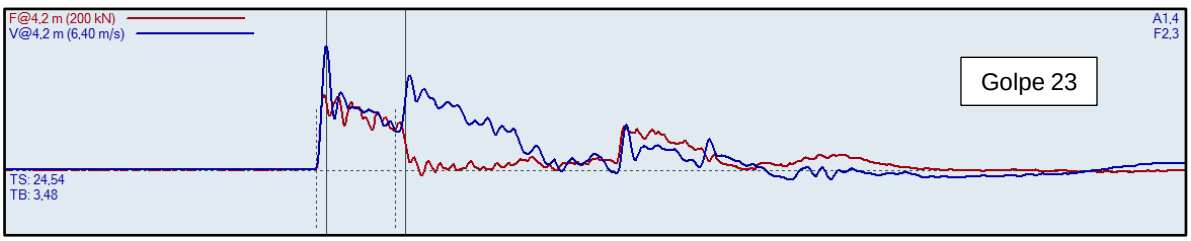

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 18
TS: 24,54
TB: 3,48

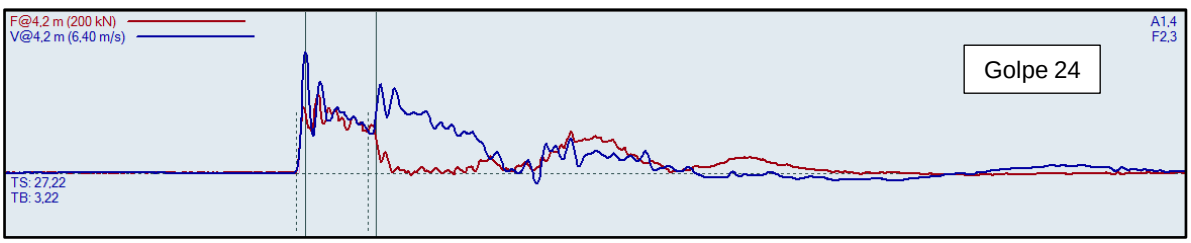

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 19
TS: 24,54
TB: 3,48

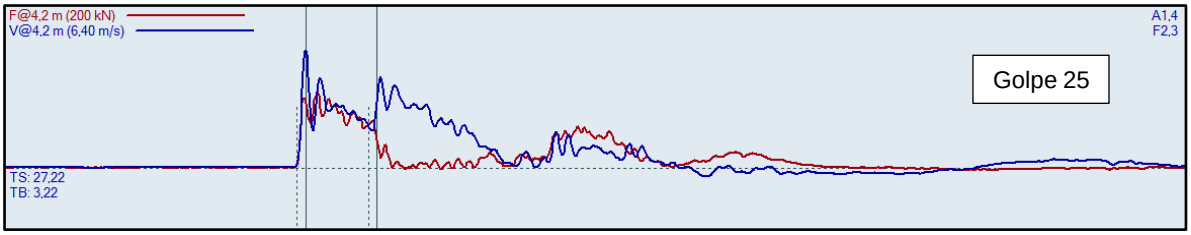

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 20
TS: 24,54
TB: 3,48

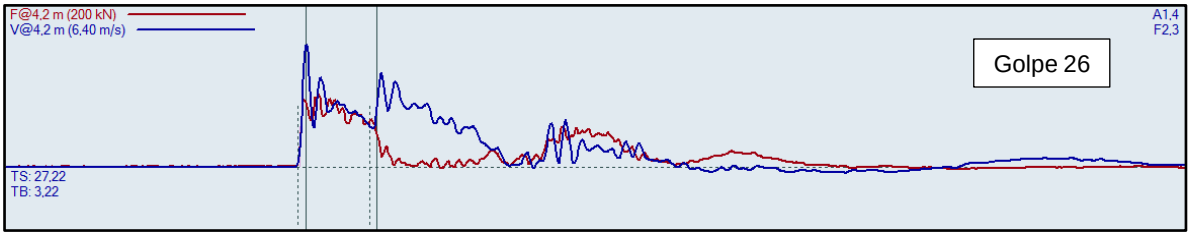

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 21
TS: 24,54
TB: 3,48

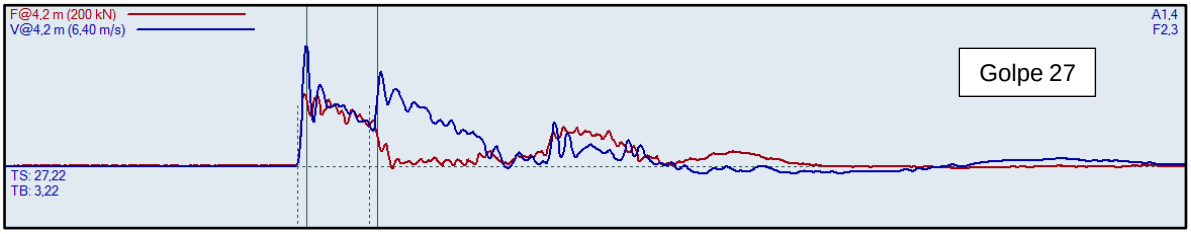

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 22
TS: 24,54
TB: 3,48

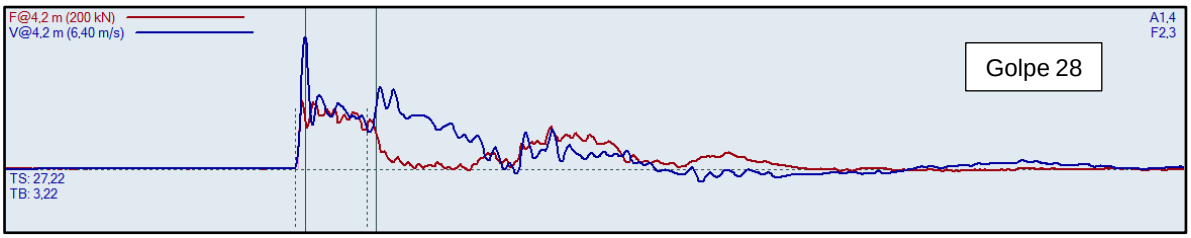

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 23
TS: 24,54
TB: 3,48

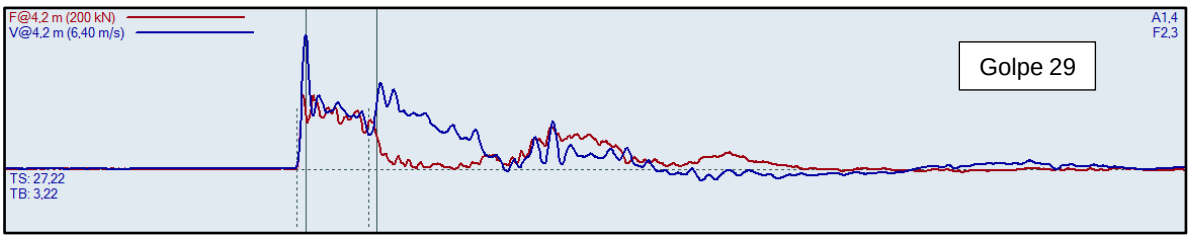

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 24
TS: 27,22
TB: 3,22

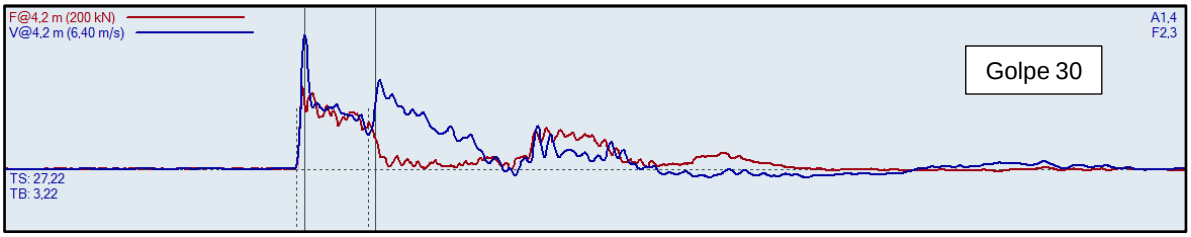

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 25
TS: 27,22
TB: 3,22

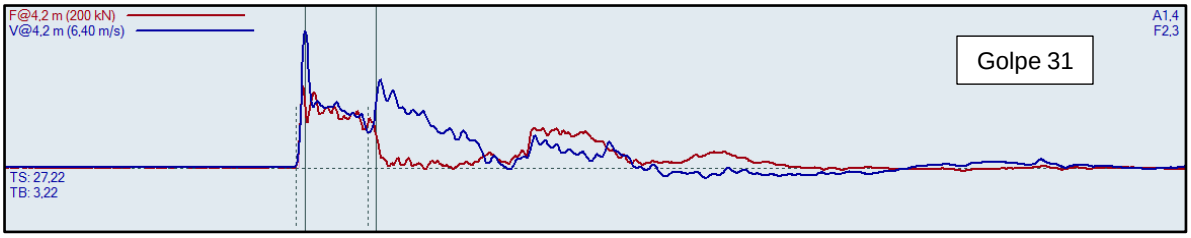

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 26
TS: 27,22
TB: 3,22

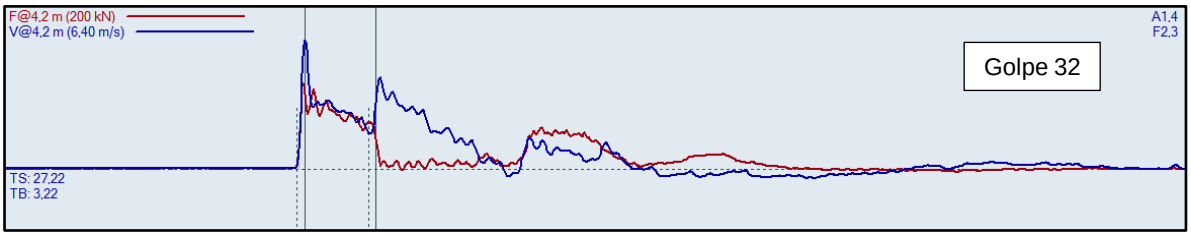

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 27
TS: 27,22
TB: 3,22

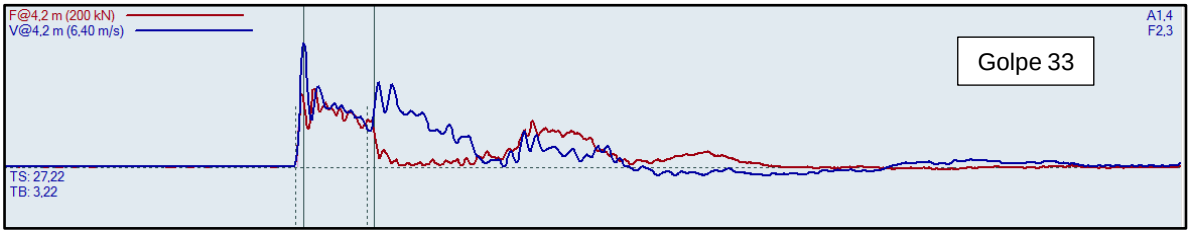

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 28
TS: 27,22
TB: 3,22

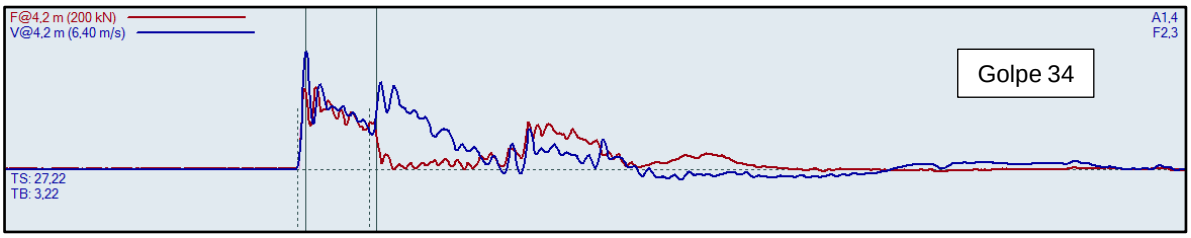

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 29
TS: 27,22
TB: 3,22

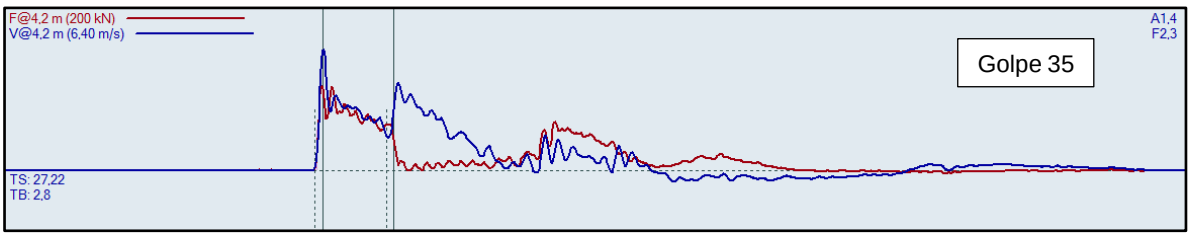

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 30
TS: 27,22
TB: 3,22

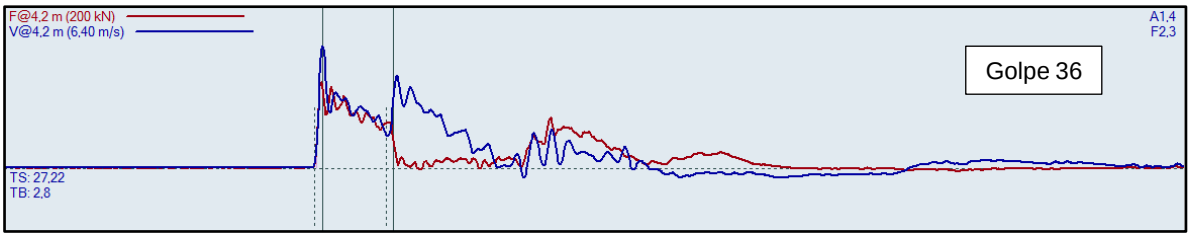

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 31
TS: 27,22
TB: 3,22

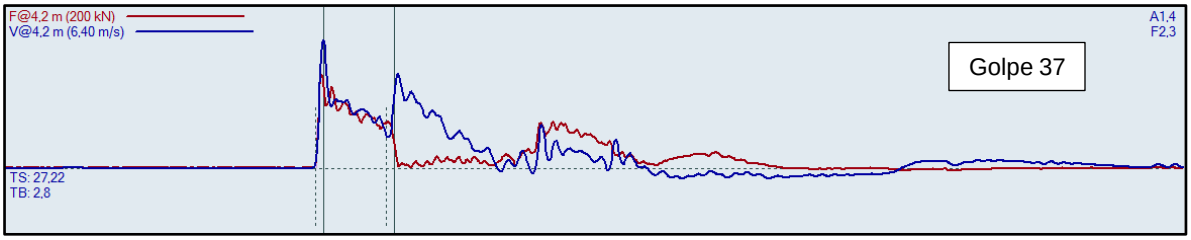

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 32
TS: 27,22
TB: 3,22

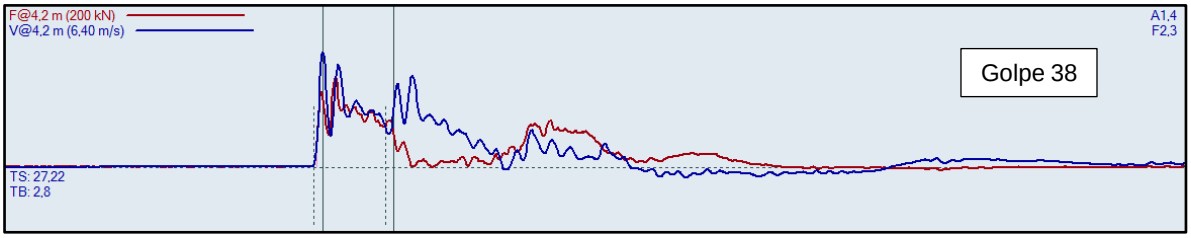

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 33
TS: 27,22
TB: 3,22

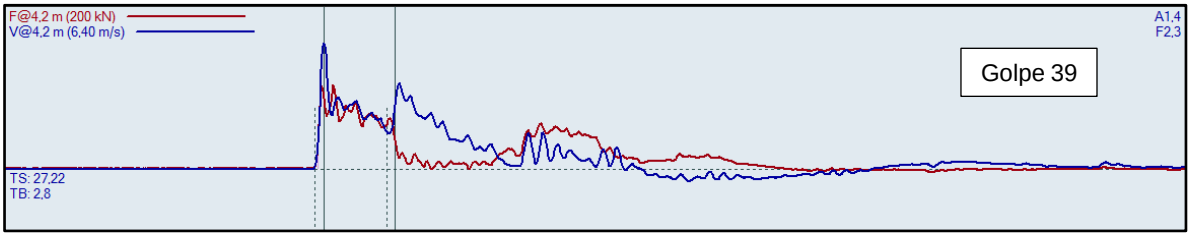

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 34
TS: 27,22
TB: 3,22


F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 35
TS: 27,22
TB: 2,8

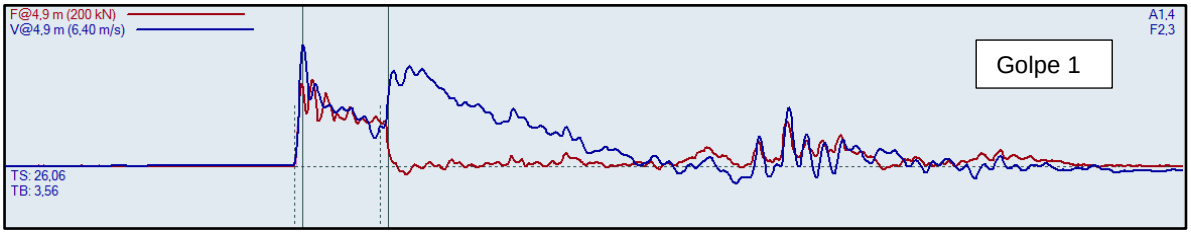

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 36
TS: 27,22
TB: 2,8

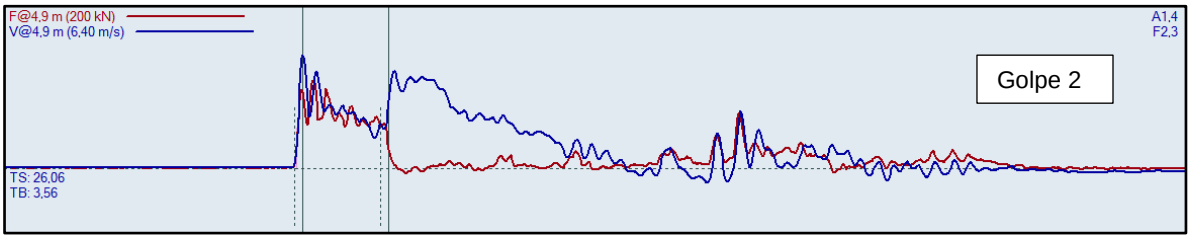


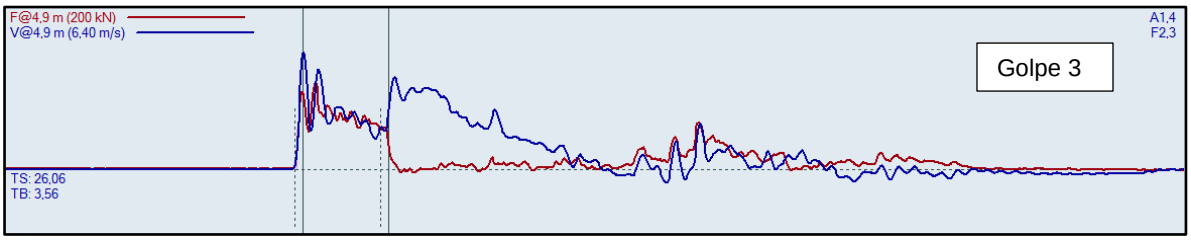


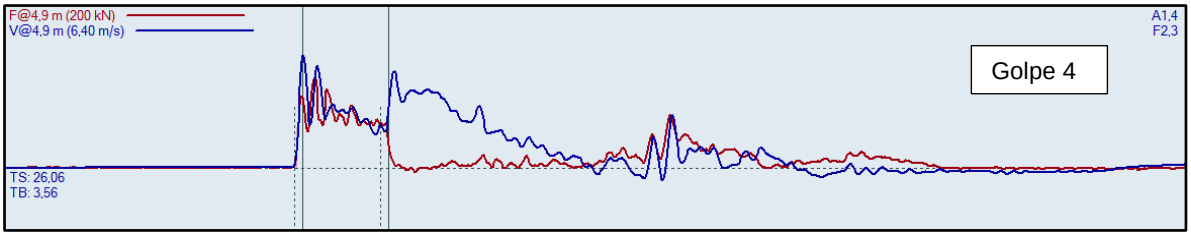


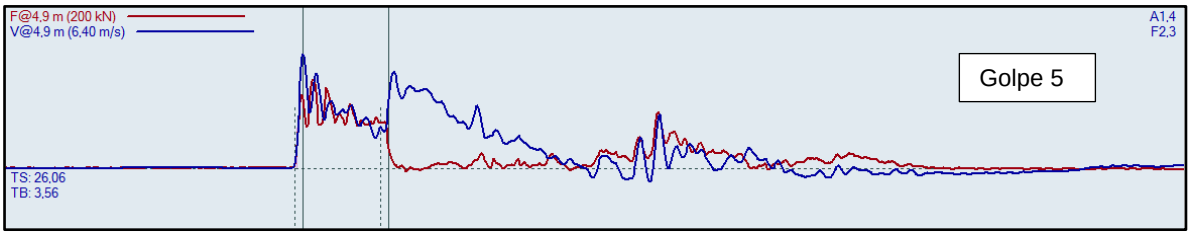
Profundidad 3.55 – 4.00

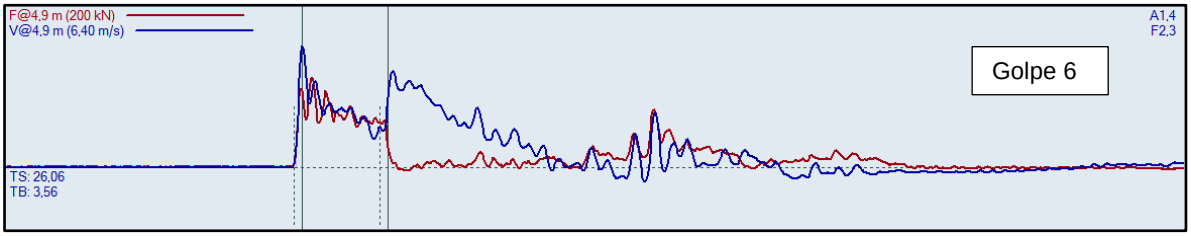


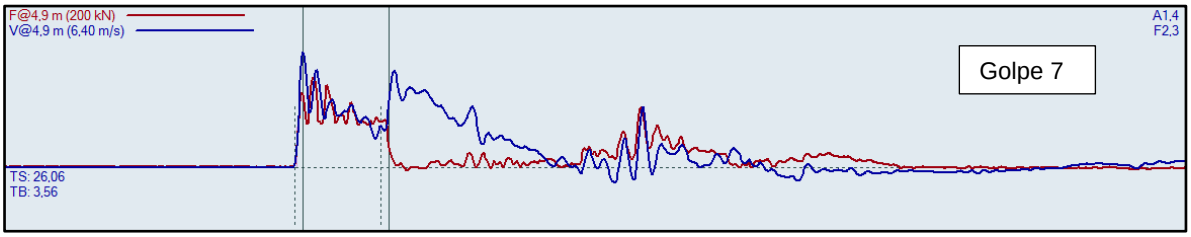


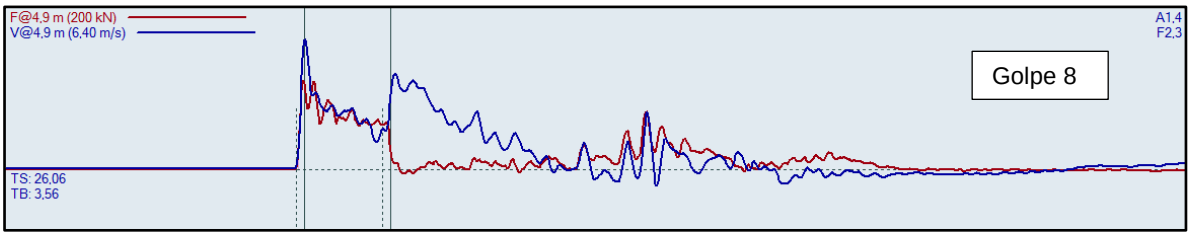


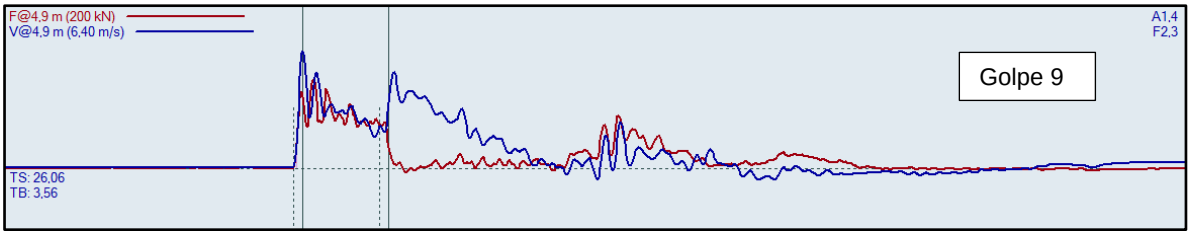

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 4
TS: 26,06
TB: 3,56

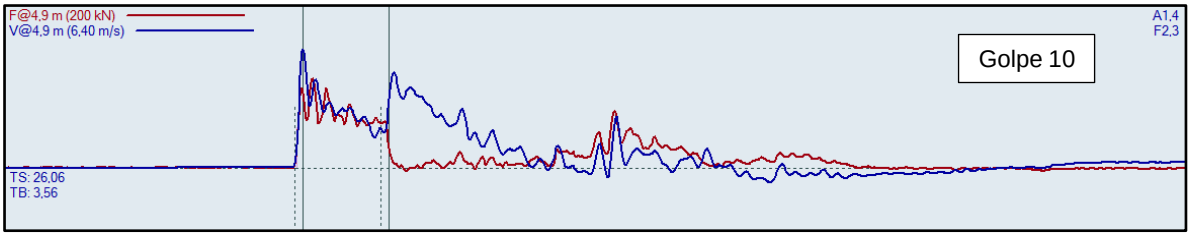

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 5
TS: 26,06
TB: 3,56

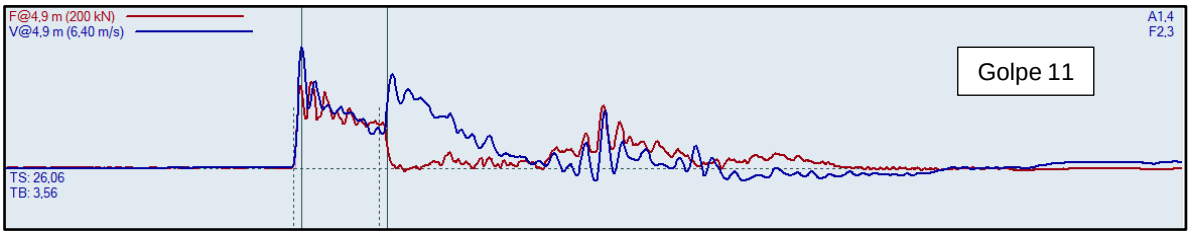

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 6
TS: 26,06
TB: 3,56

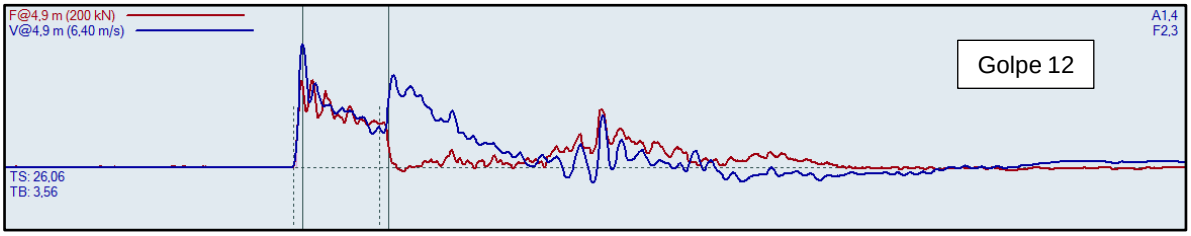

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 7
TS: 26,06
TB: 3,56

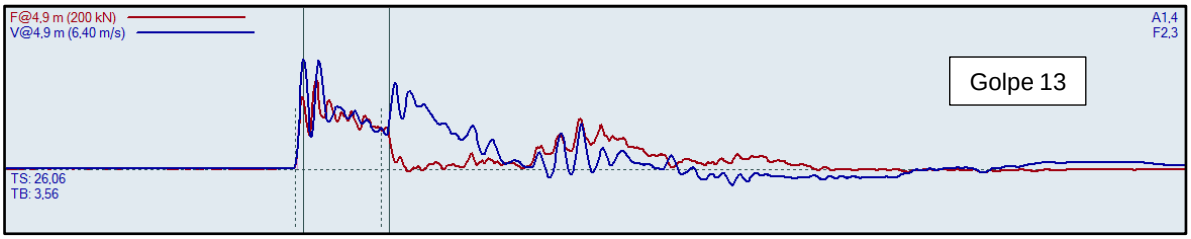

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 8
TS: 26,06
TB: 3,56

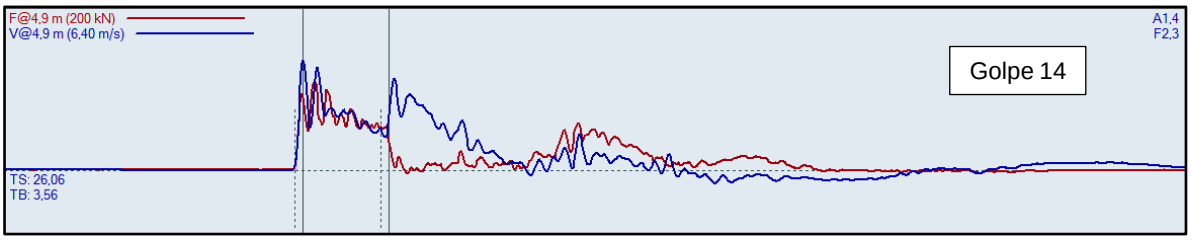

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 9
TS: 26,06
TB: 3,56

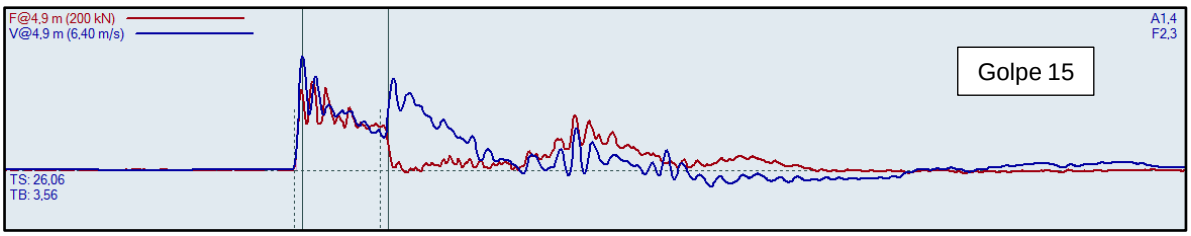

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 10
TS: 26,06
TB: 3,56

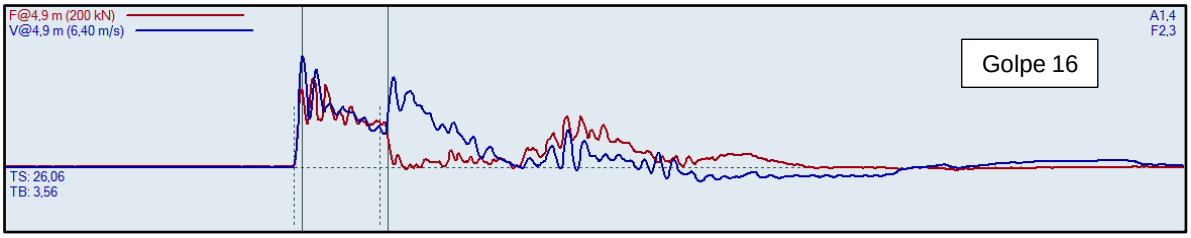

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 11
TS: 26,06
TB: 3,56

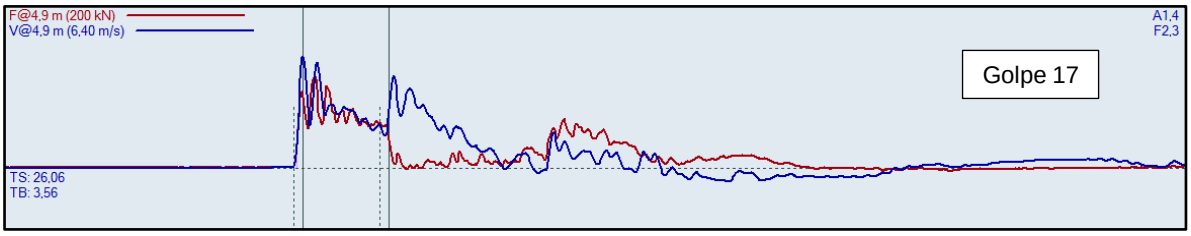

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 12
TS: 26,06
TB: 3,56

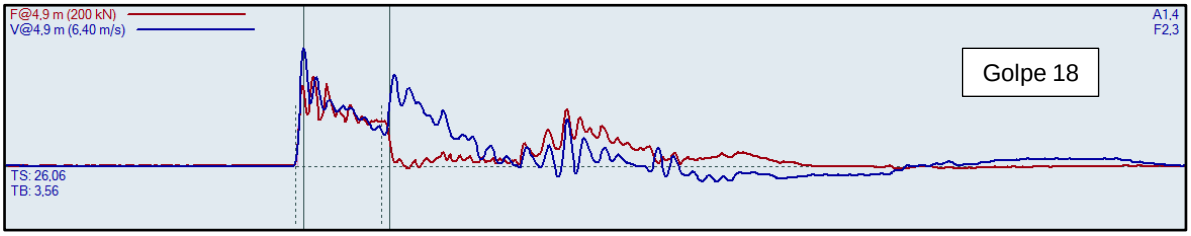

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 13
TS: 26,06
TB: 3,56

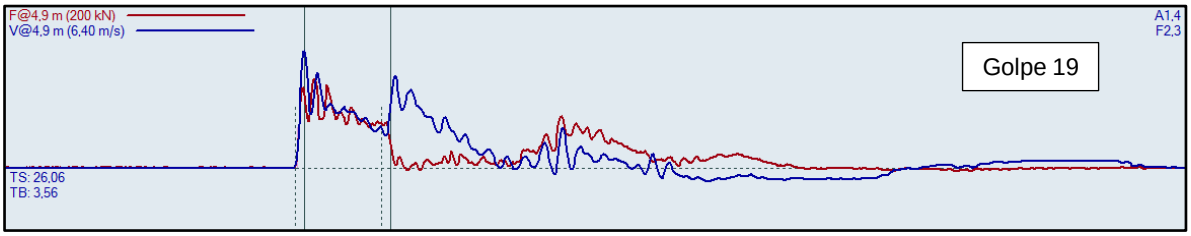

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 14
TS: 26,06
TB: 3,56

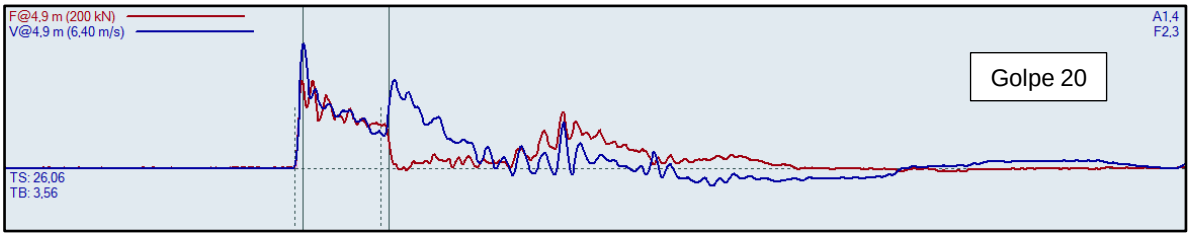

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 15
TS: 26,06
TB: 3,56

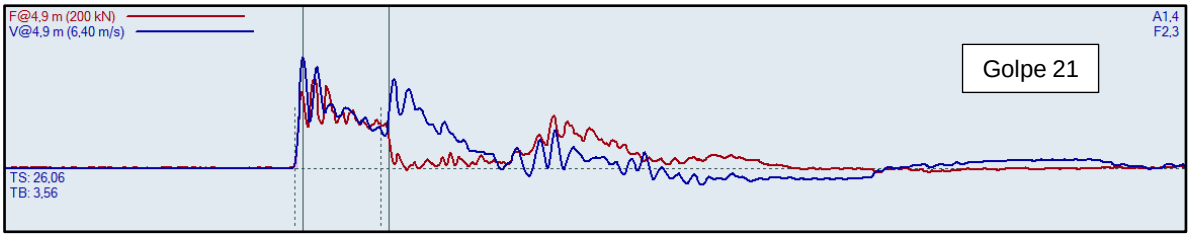

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 16
TS: 26,06
TB: 3,56

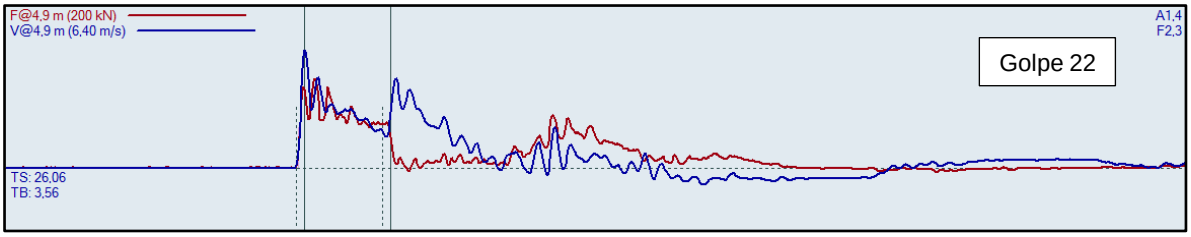

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 17
TS: 26,06
TB: 3,56

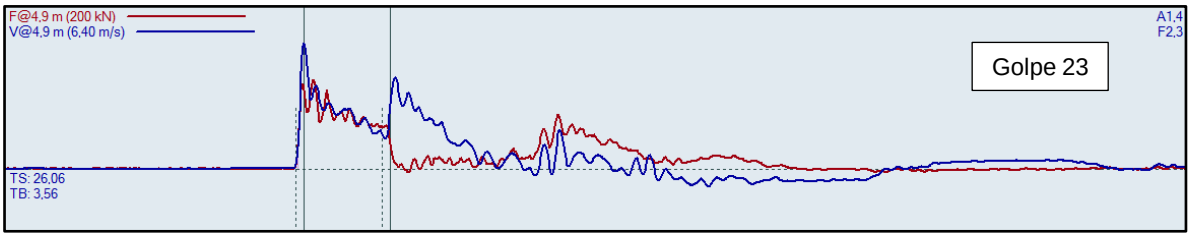

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 18
TS: 26,06
TB: 3,56

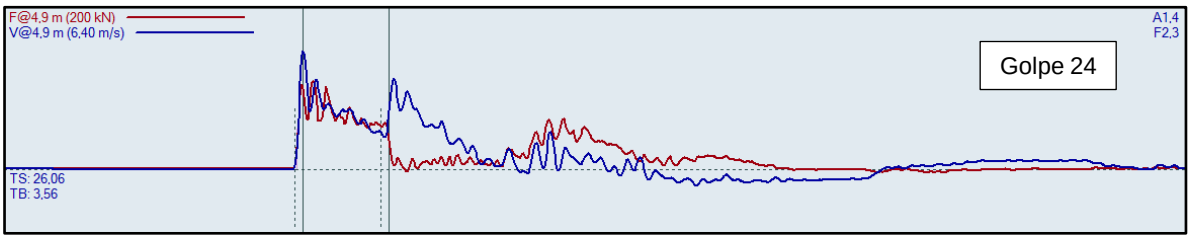

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 19
TS: 26,06
TB: 3,56

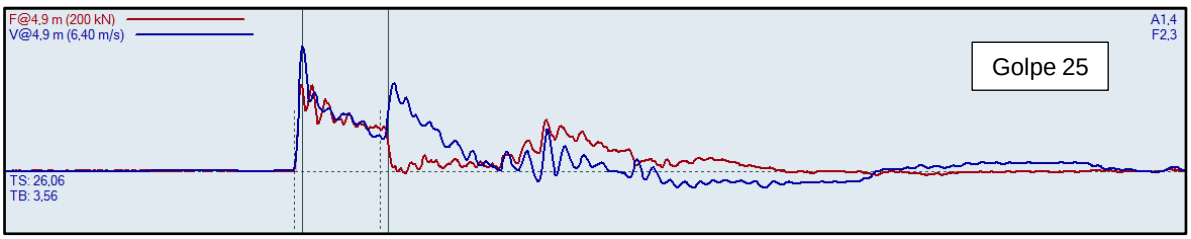

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 20
TS: 26,06
TB: 3,56

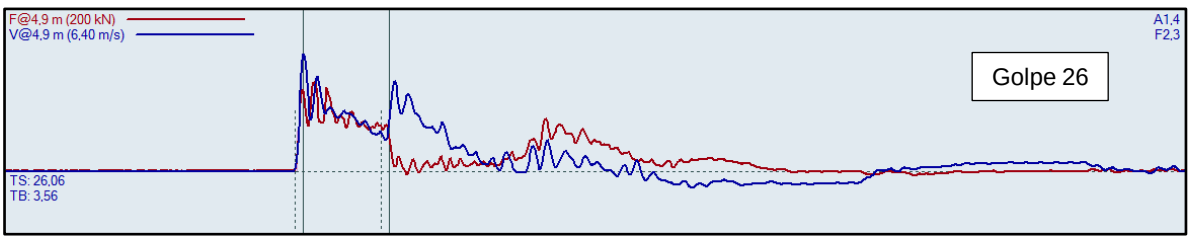

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 21
TS: 26,06
TB: 3,56

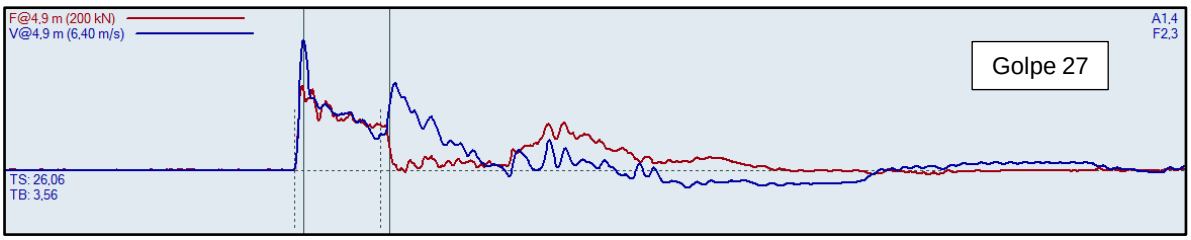

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 22
TS: 26,06
TB: 3,56

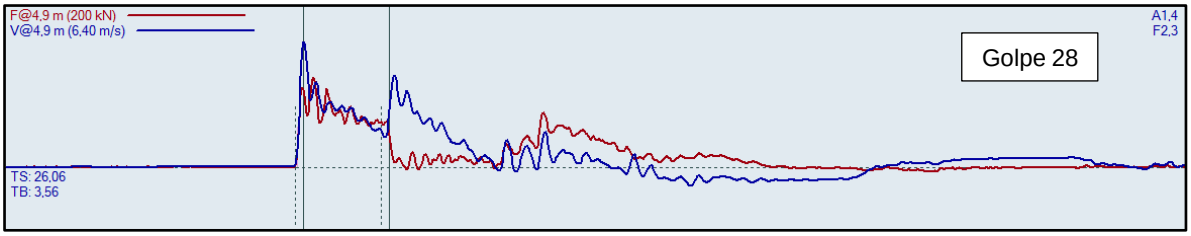

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 23
TS: 26,06
TB: 3,56

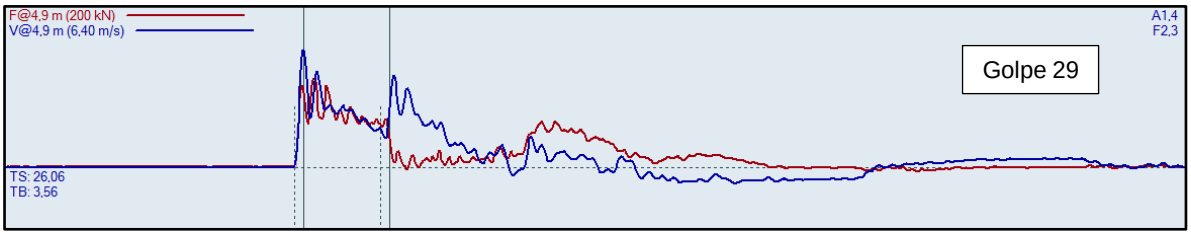

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 24
TS: 26,06
TB: 3,56

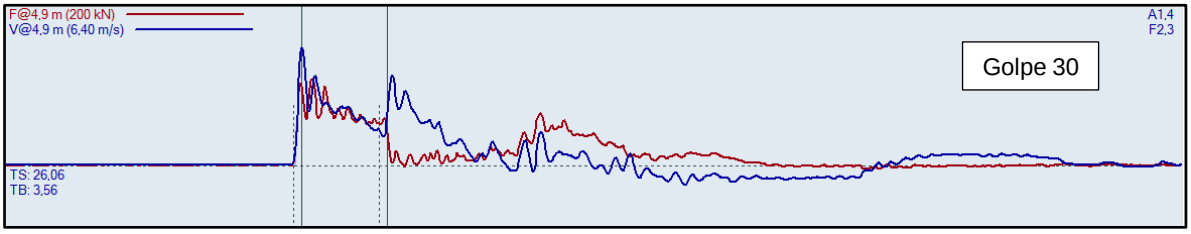

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 25
TS: 26,06
TB: 3,56

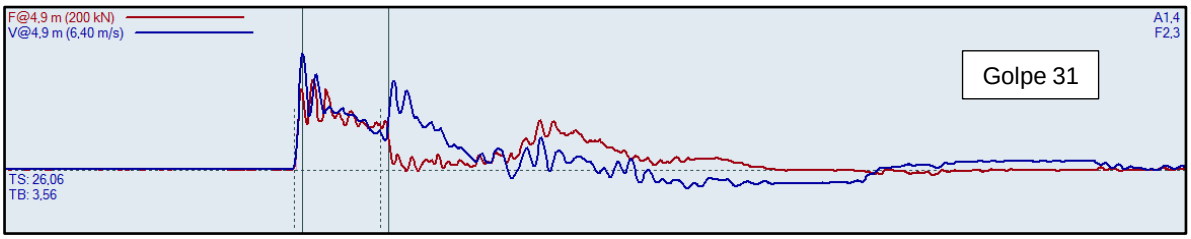

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 26
TS: 26,06
TB: 3,56

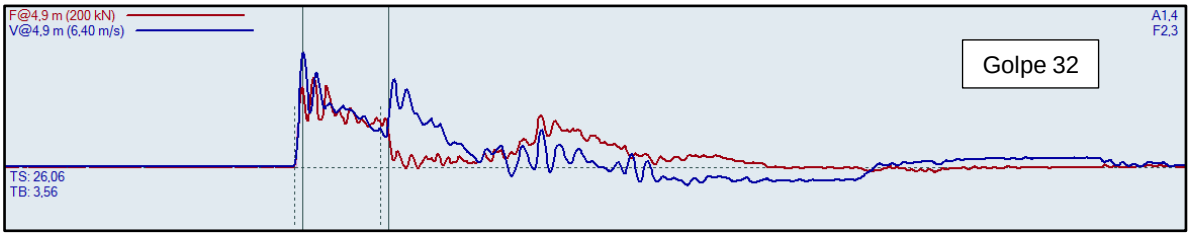

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 27
TS: 26,06
TB: 3,56

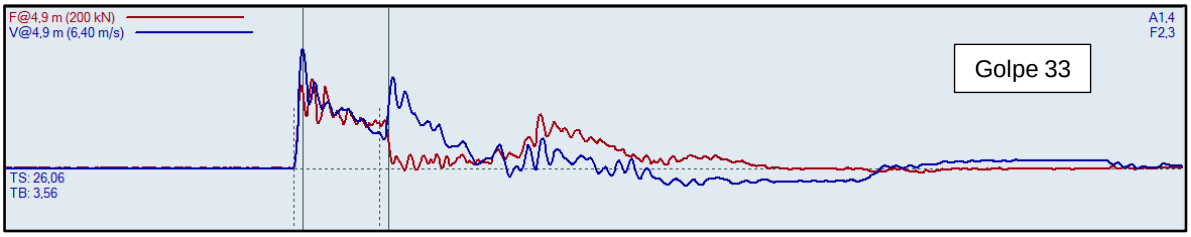

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 28
TS: 26,06
TB: 3,56

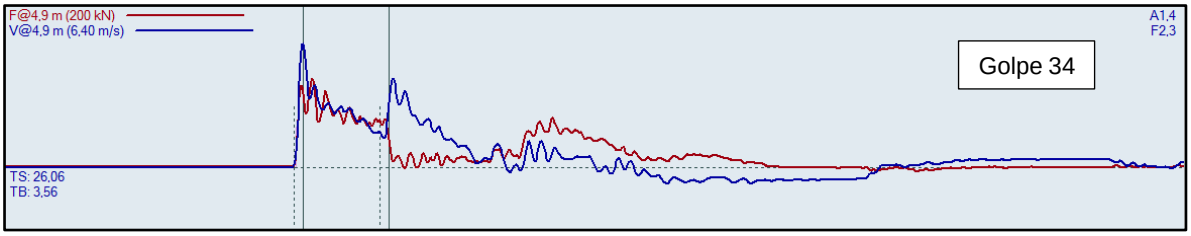

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 29
TS: 26,06
TB: 3,56

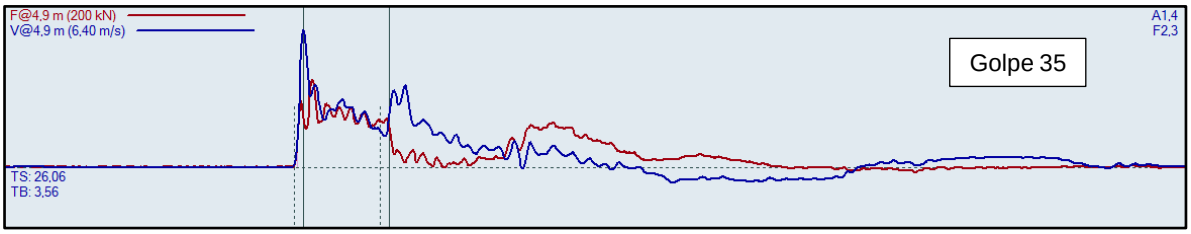

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 30
TS: 26,06
TB: 3,56

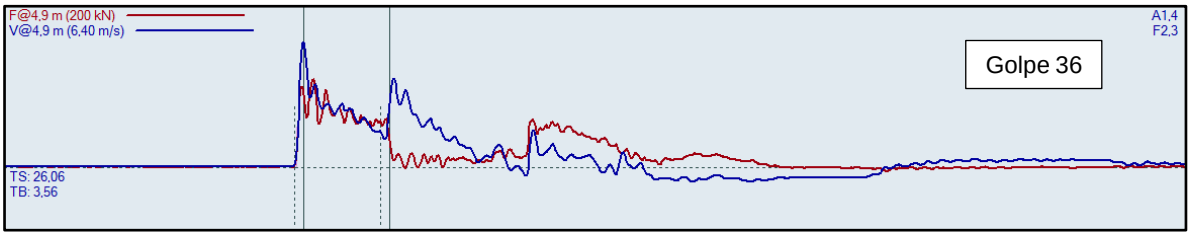

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 31
TS: 26,06
TB: 3,56

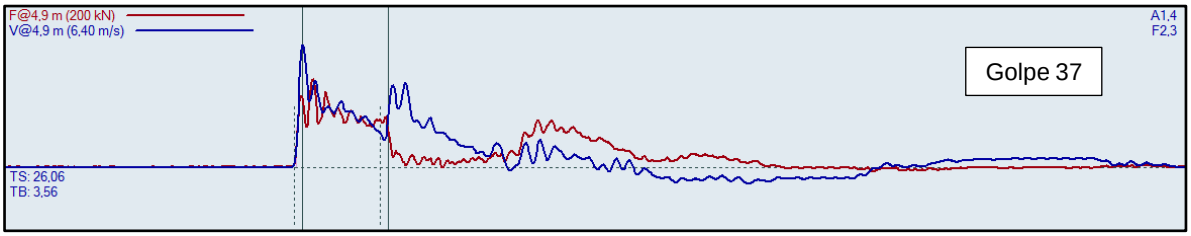

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 32
TS: 26,06
TB: 3,56

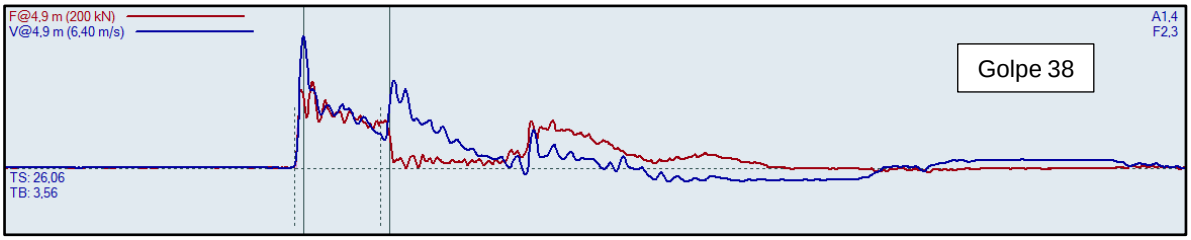

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 33
TS: 26,06
TB: 3,56

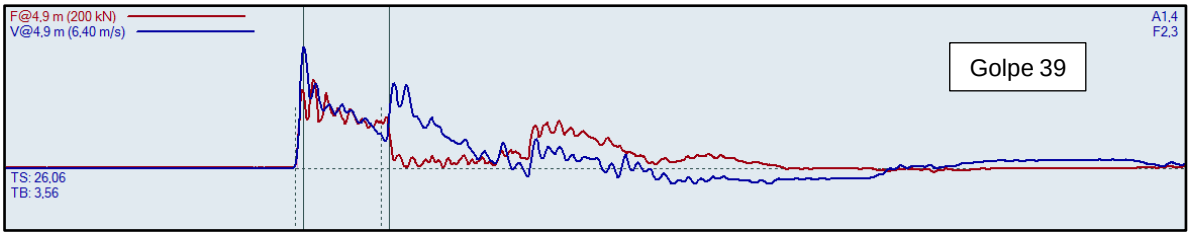

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 34
TS: 26,06
TB: 3,56

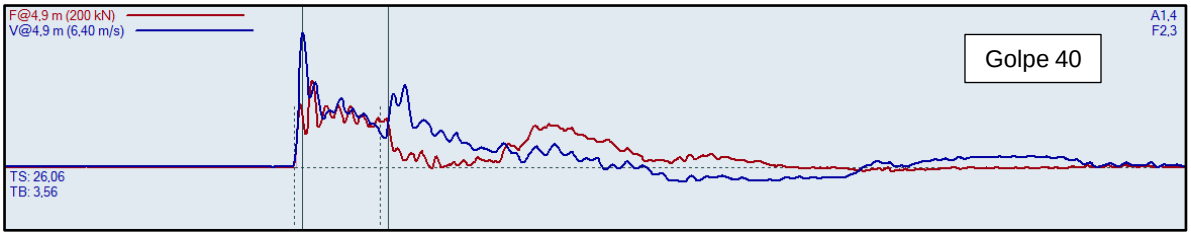

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 35
TS: 26,06
TB: 3,56

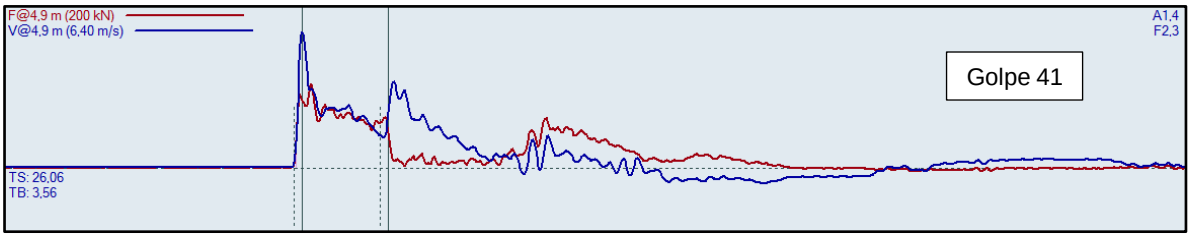

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 36
TS: 26,06
TB: 3,56

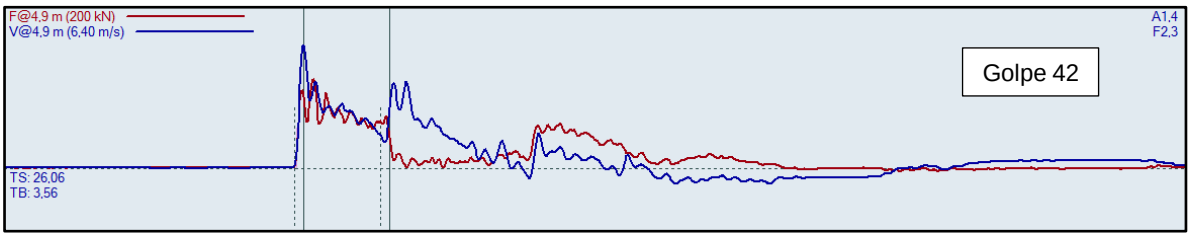

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 37
TS: 26,06
TB: 3,56

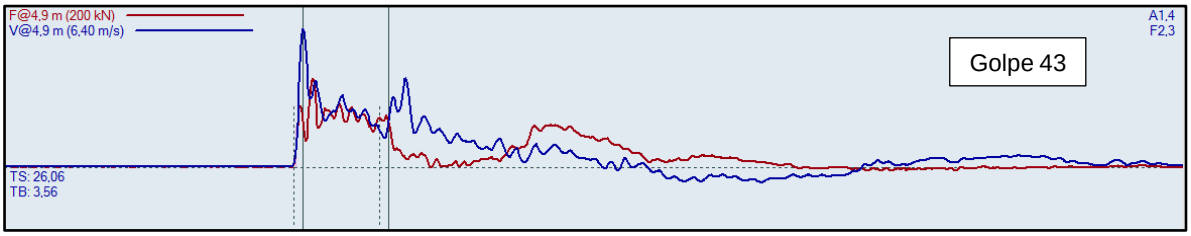

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 38
TS: 26,06
TB: 3,56

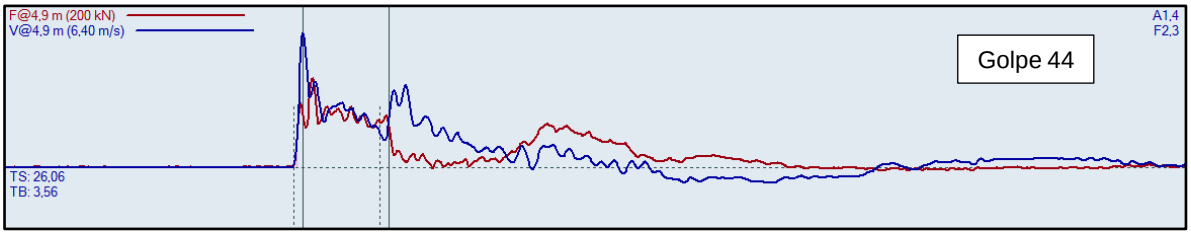

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 39
TS: 26,06
TB: 3,56

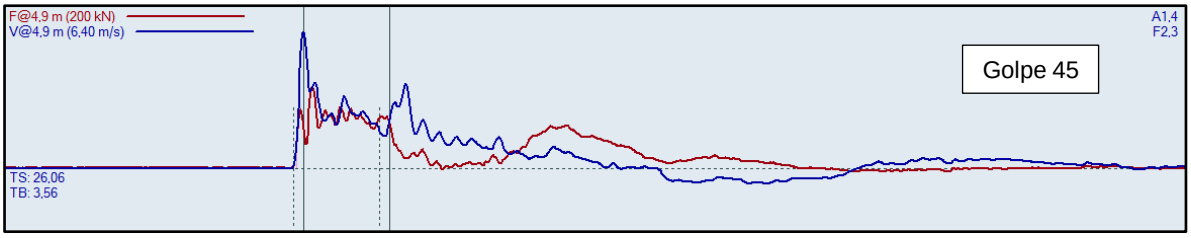

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 40
TS: 26,06
TB: 3,56

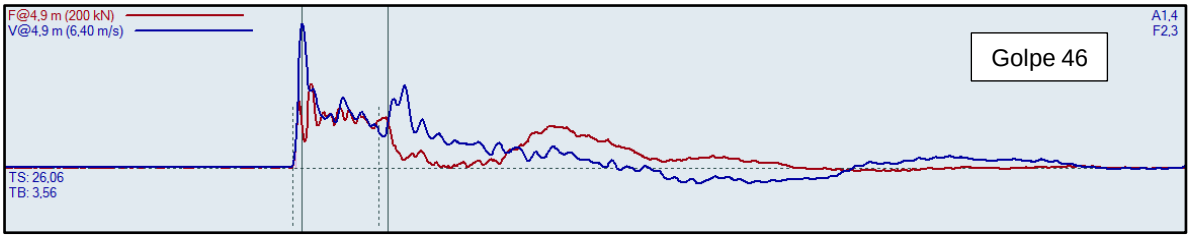

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 41
TS: 26,06
TB: 3,56

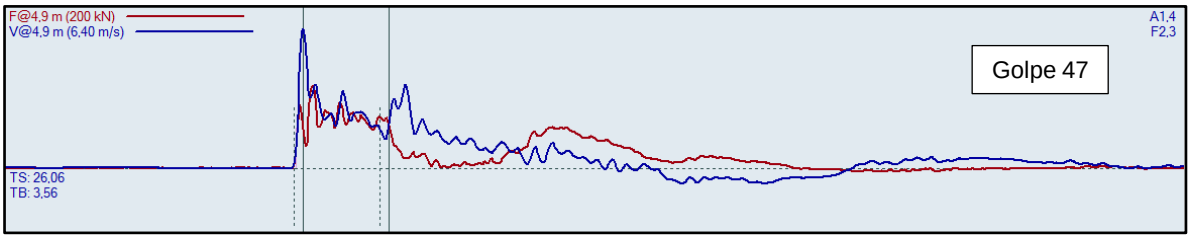

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 42
TS: 26,06
TB: 3,56

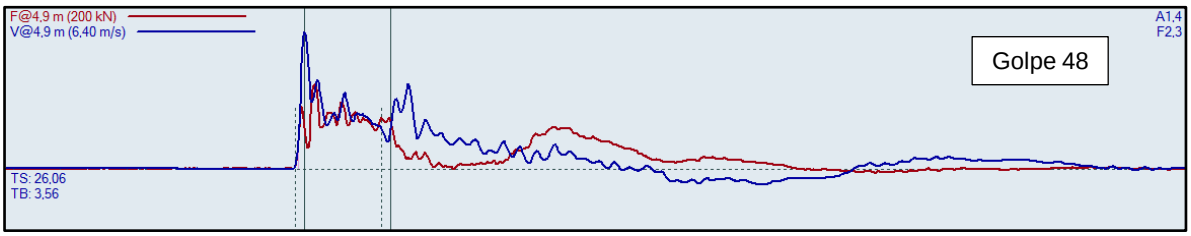

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 43
TS: 26,06
TB: 3,56

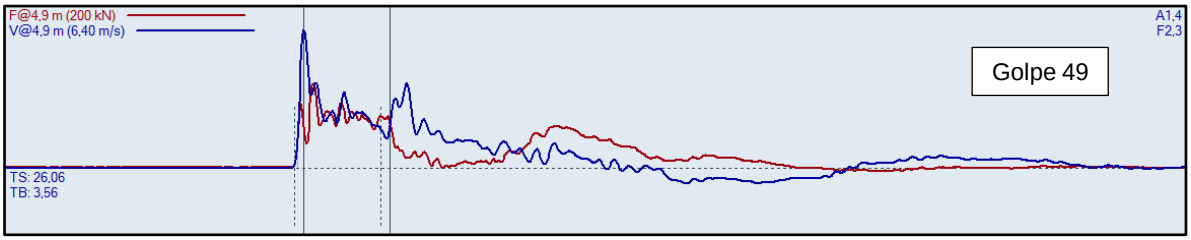

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 44
TS: 26,06
TB: 3,56

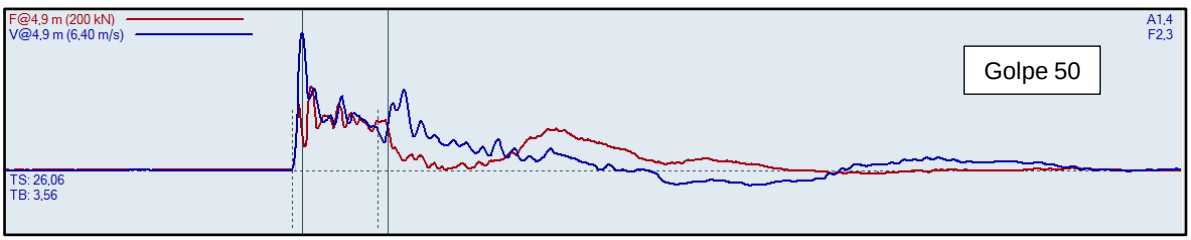

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 45
TS: 26,06
TB: 3,56

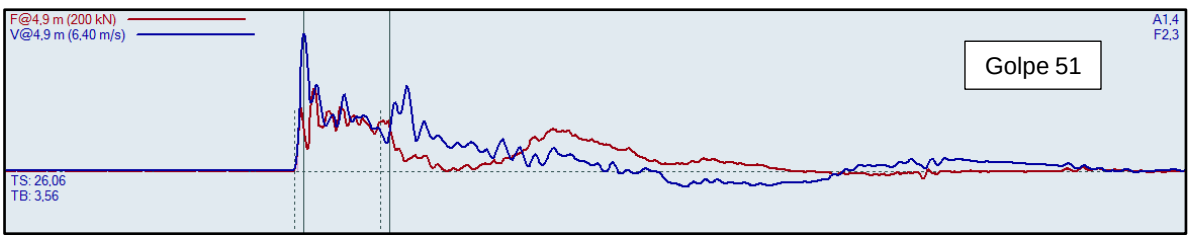

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 46
TS: 26,06
TB: 3,56

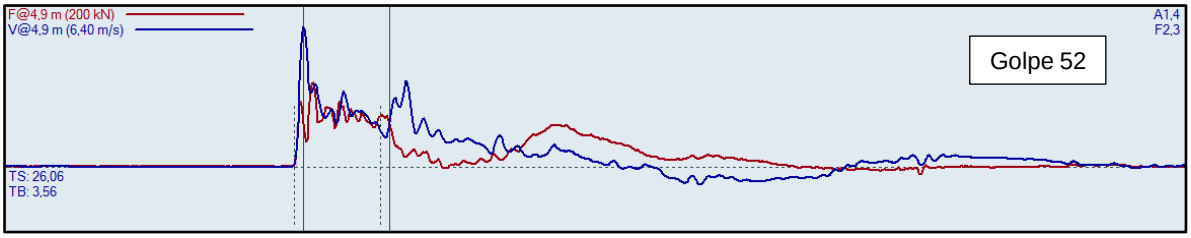

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 47
TS: 26,06
TB: 3,56

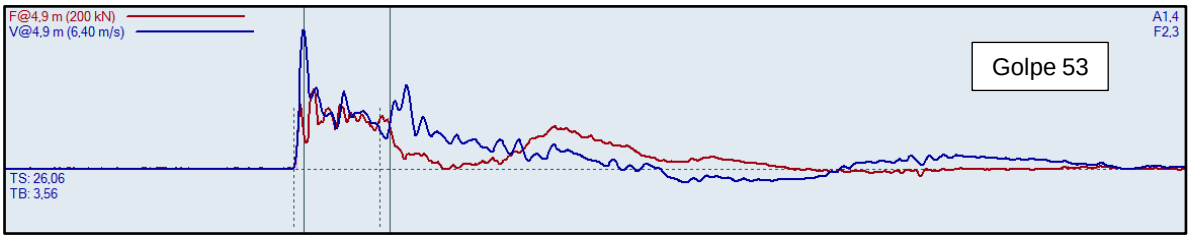

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 48
TS: 26,06
TB: 3,56

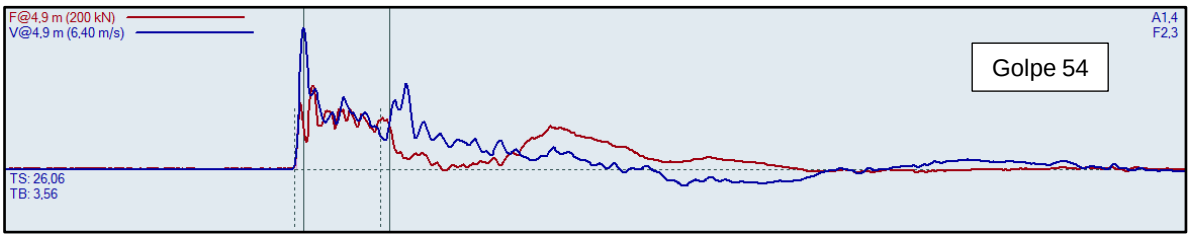

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 49
TS: 26,06
TB: 3,56

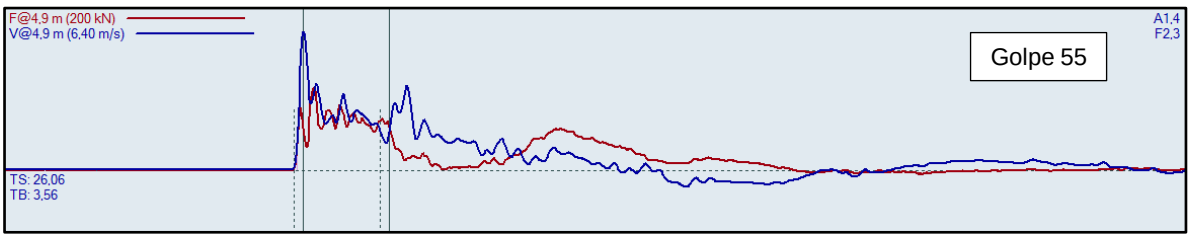

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 50
TS: 26,06
TB: 3,56

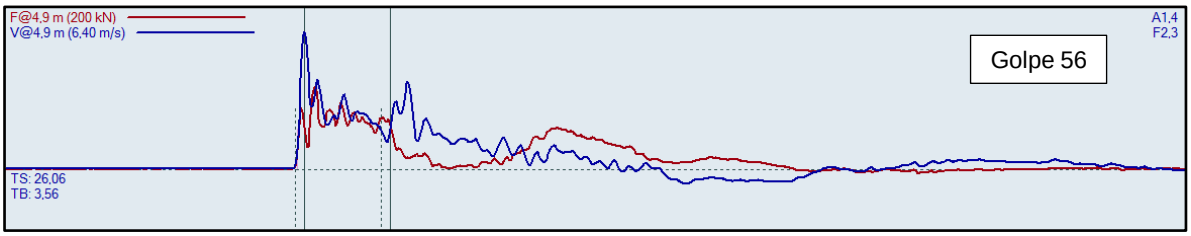

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 51
TS: 26,06
TB: 3,56

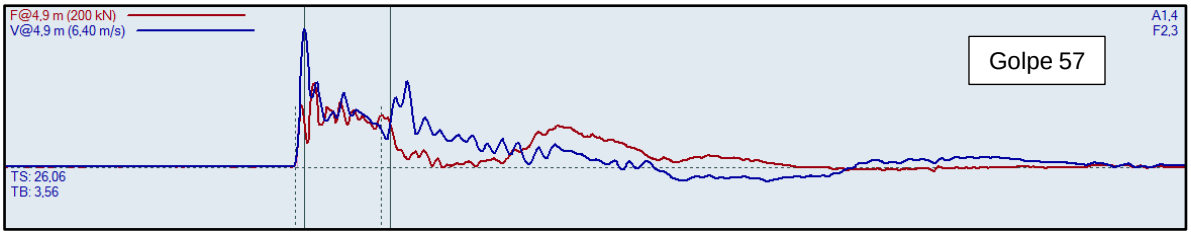

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 52
TS: 26,06
TB: 3,56

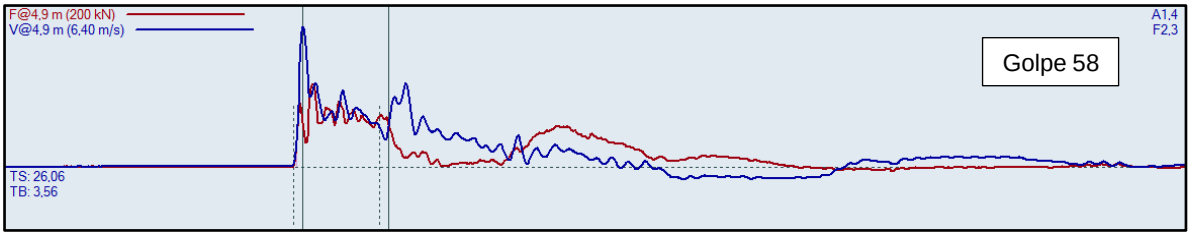

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 53
TS: 26,06
TB: 3,56

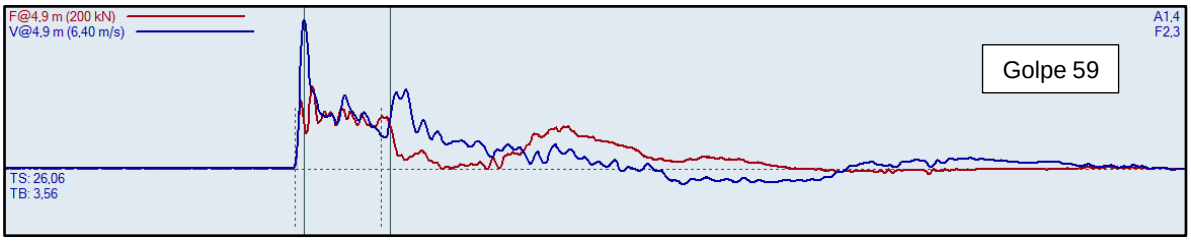

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 54
TS: 26,06
TB: 3,56


F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 55
TS: 26,06
TB: 3,56


F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 56
TS: 26,06
TB: 3,56

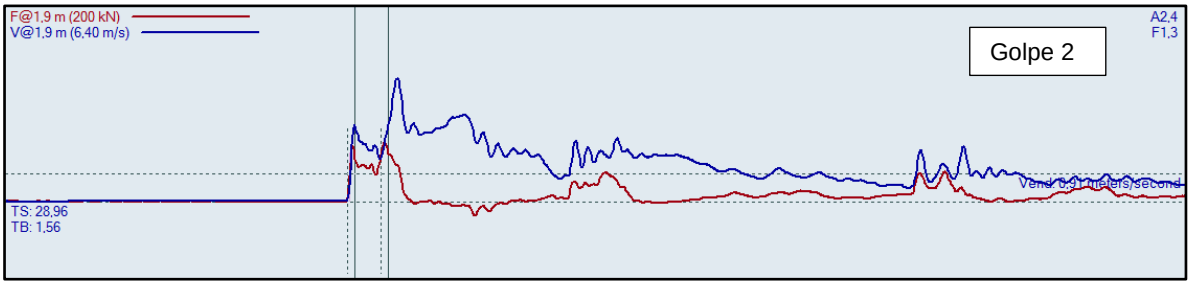

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 57
TS: 26,06
TB: 3,56

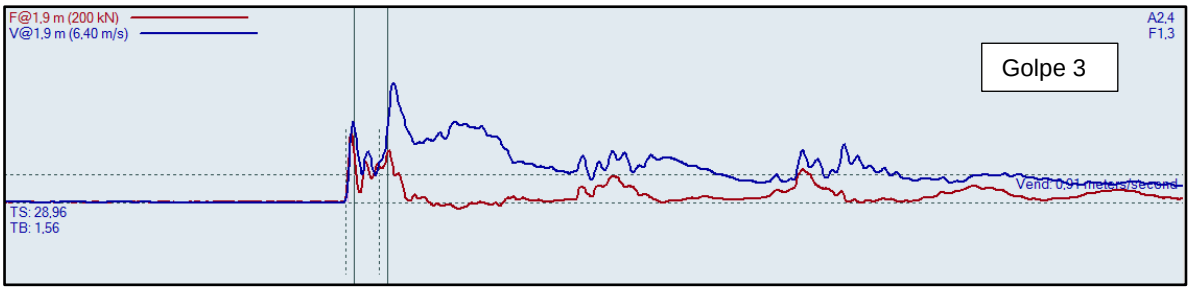

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 58
TS: 26,06
TB: 3,56

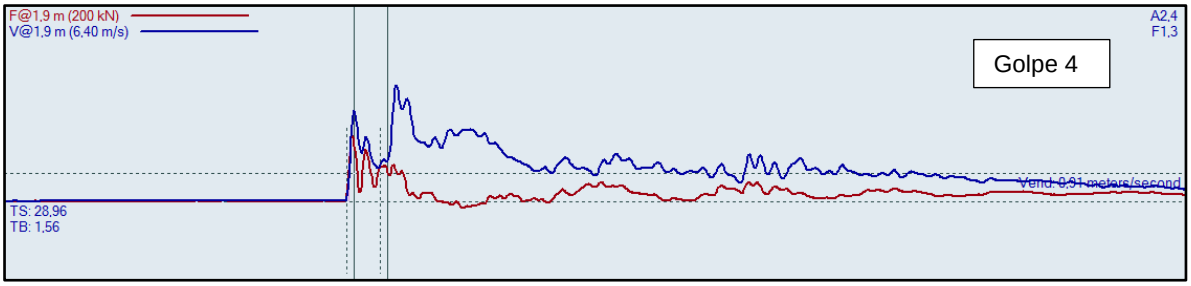

F@4,9 m (200 kN)
V@4,9 m (6,40 m/s)
A1,4
F2,3
Golpe 59
TS: 26,06
TB: 3,56

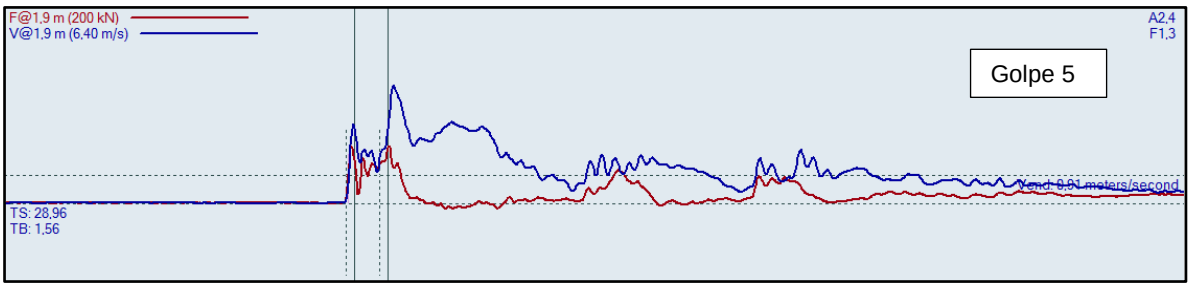
Gráficas de fuerza y velocidad de calibración Equipo Manual

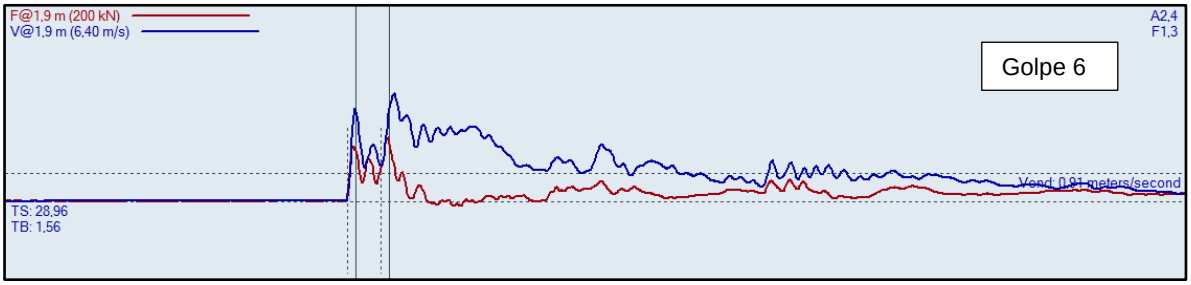
Profundidad 1.00 – 1.45

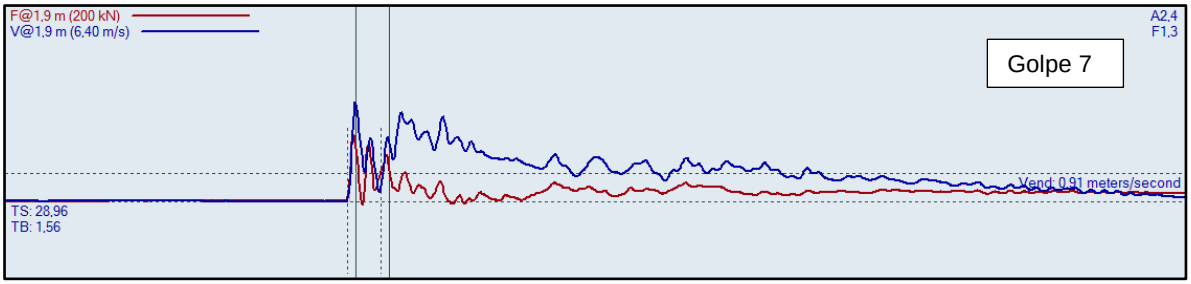


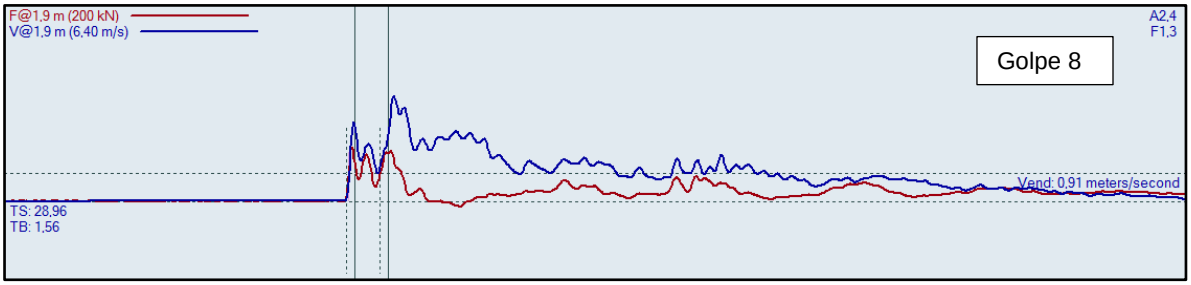


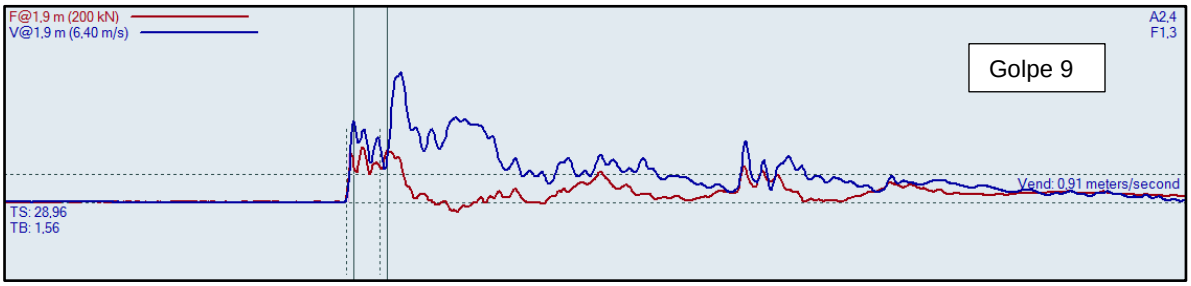


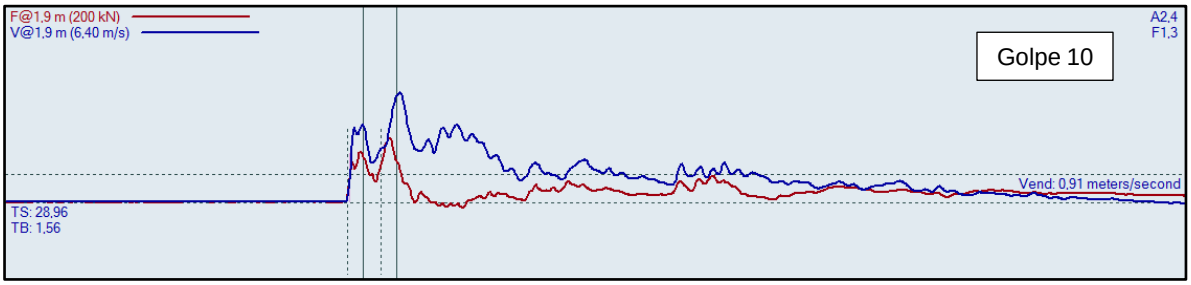


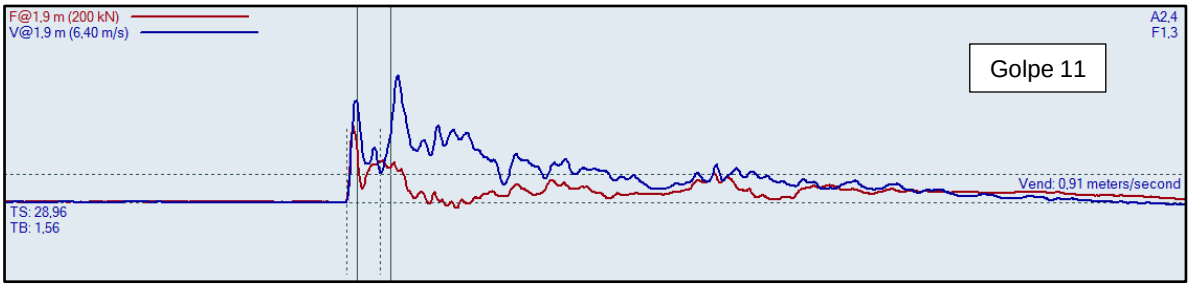


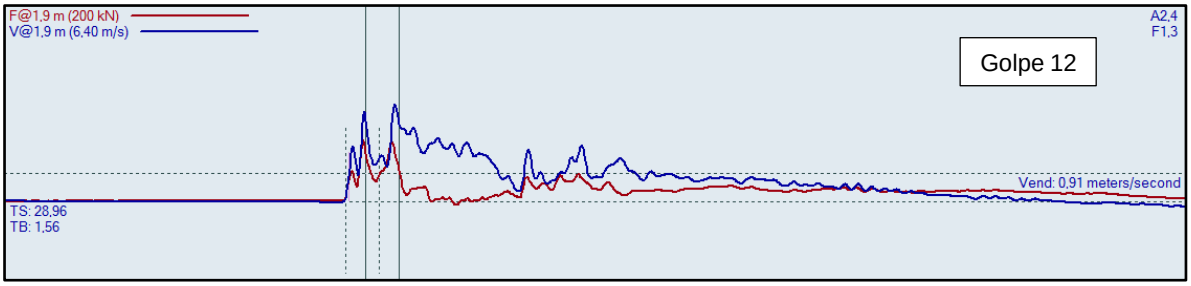

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 7
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

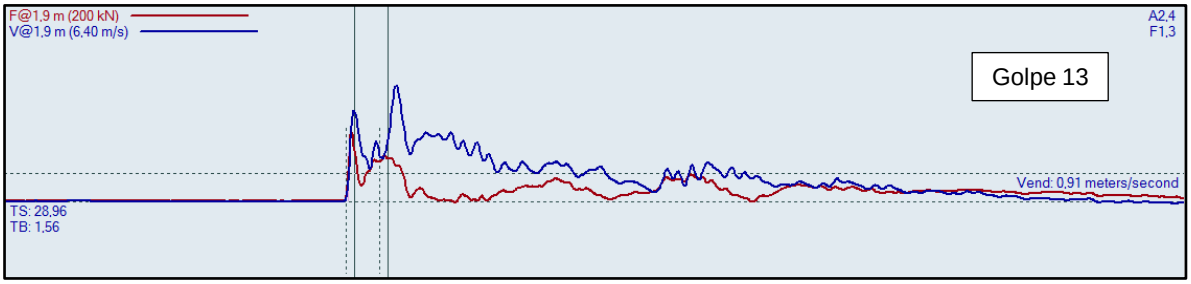

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 8
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

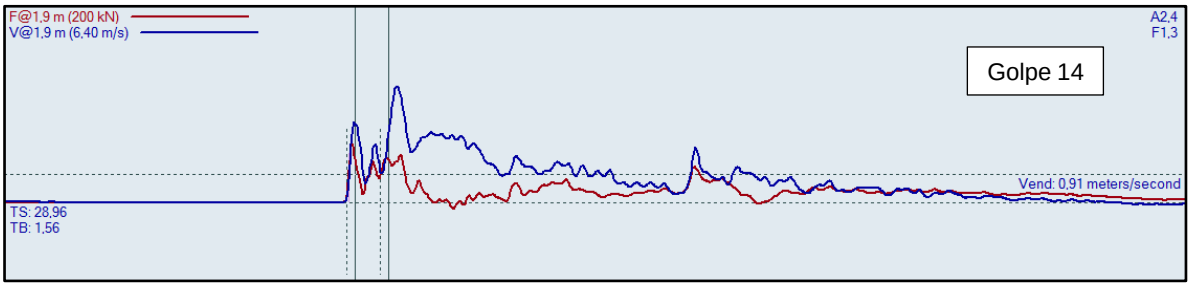

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 9
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

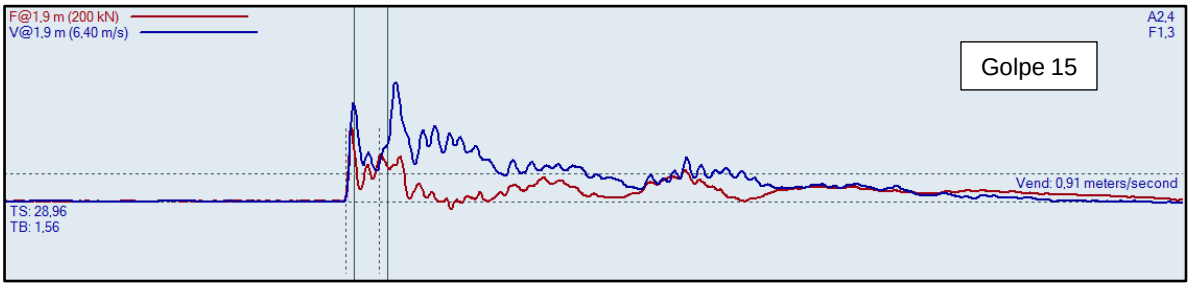

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 10
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

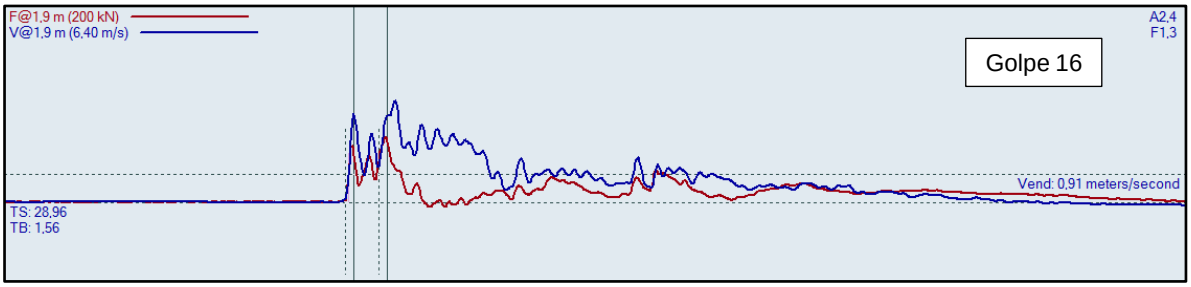

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 11
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

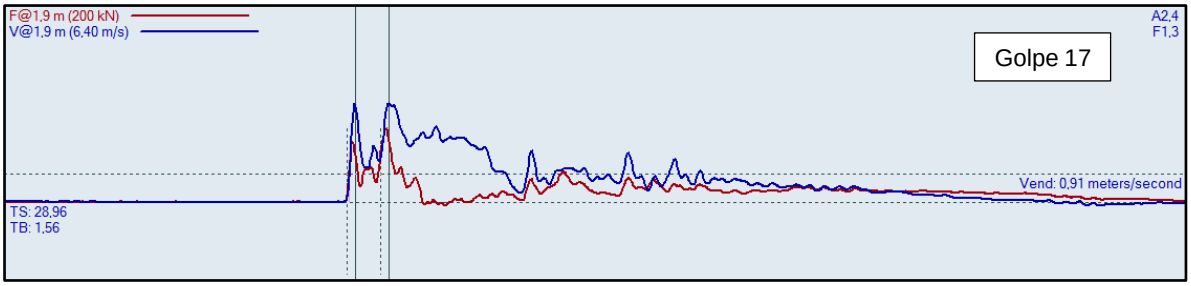

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 12
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

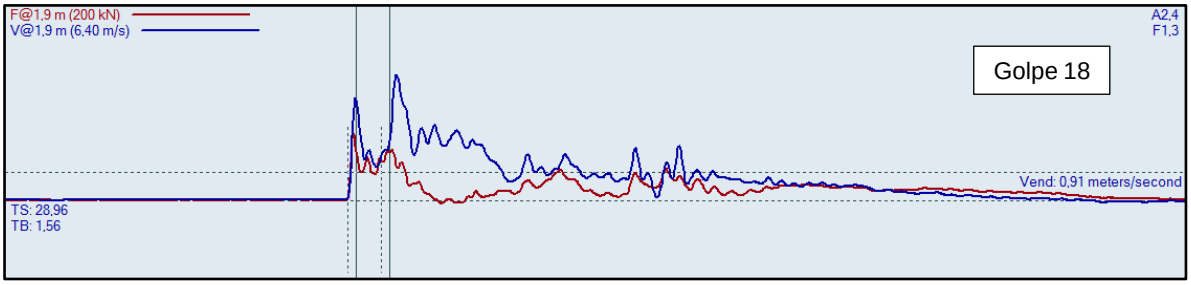

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 13
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

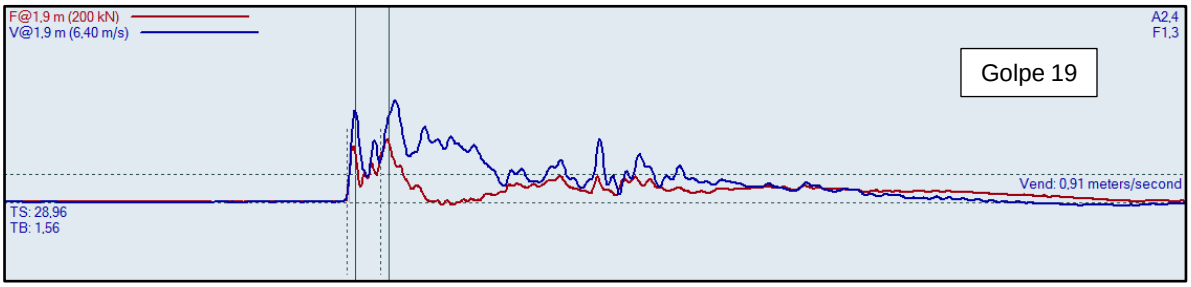

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 14
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

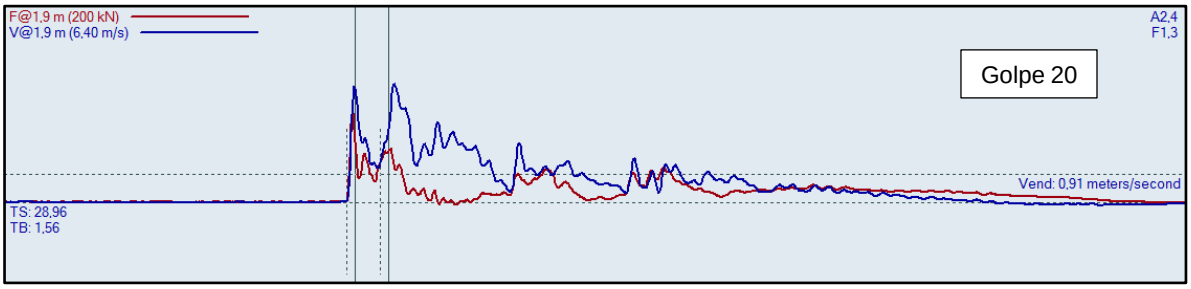

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 15
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

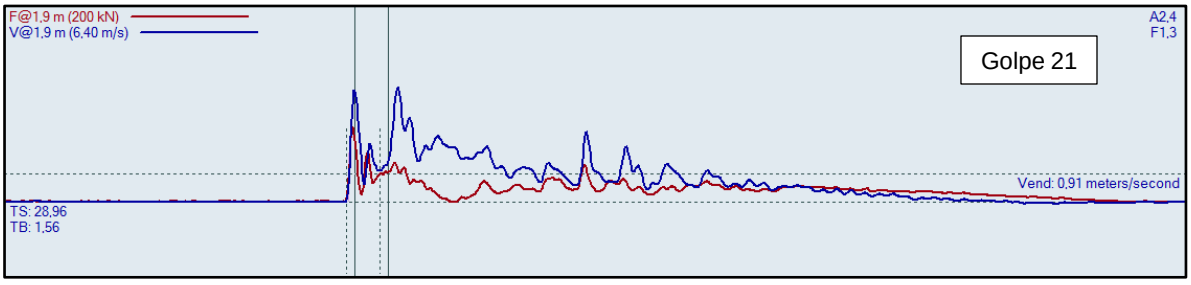

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 16
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

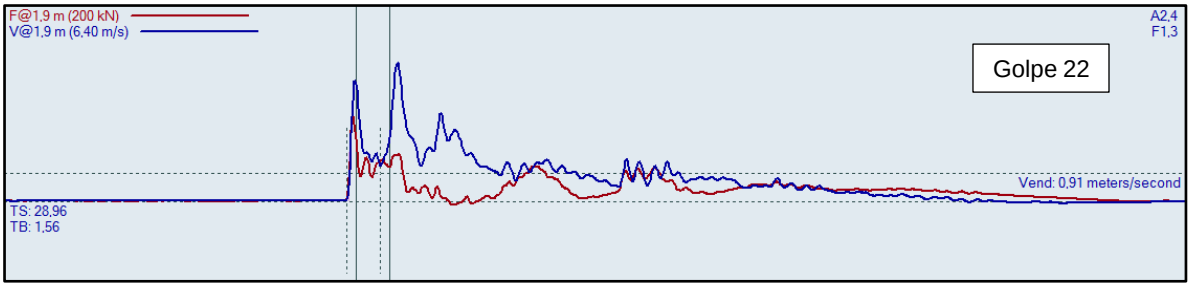

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 17
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

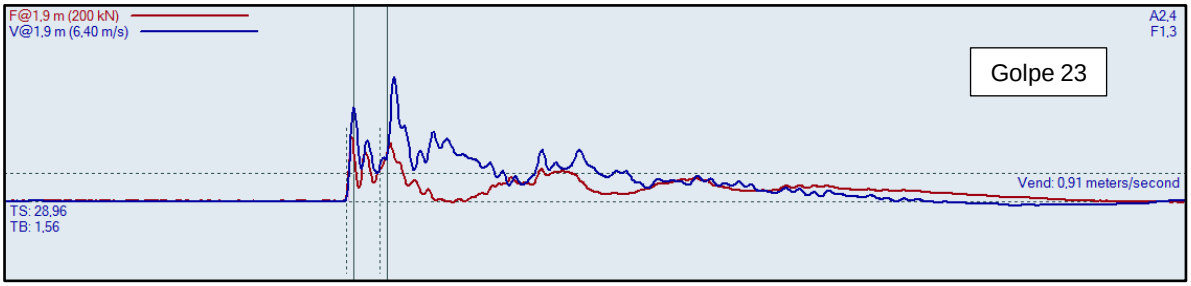

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 18
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

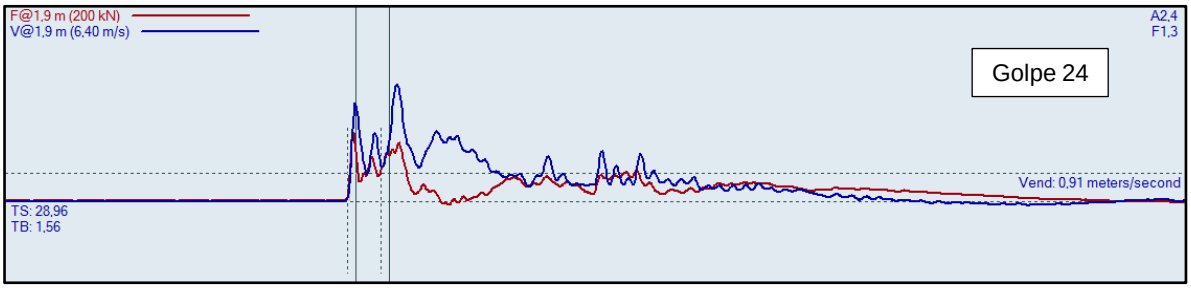

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 19
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

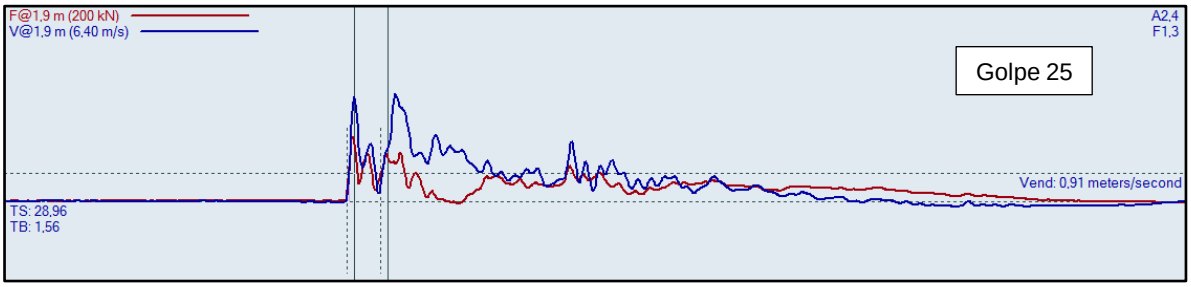

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 20
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

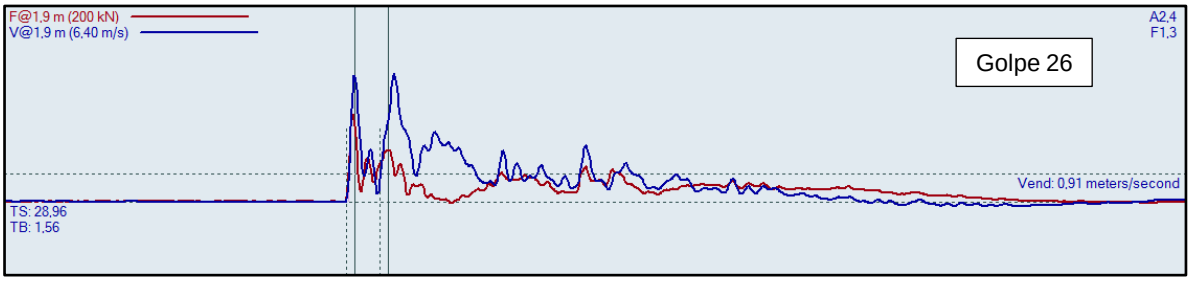

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 21
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

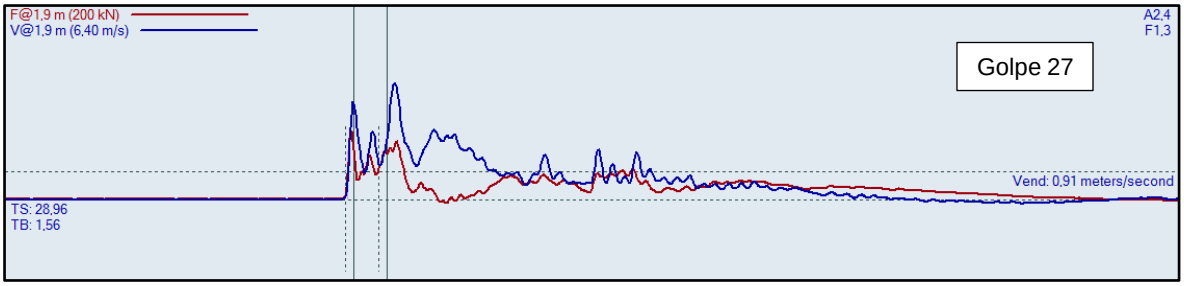

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 22
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

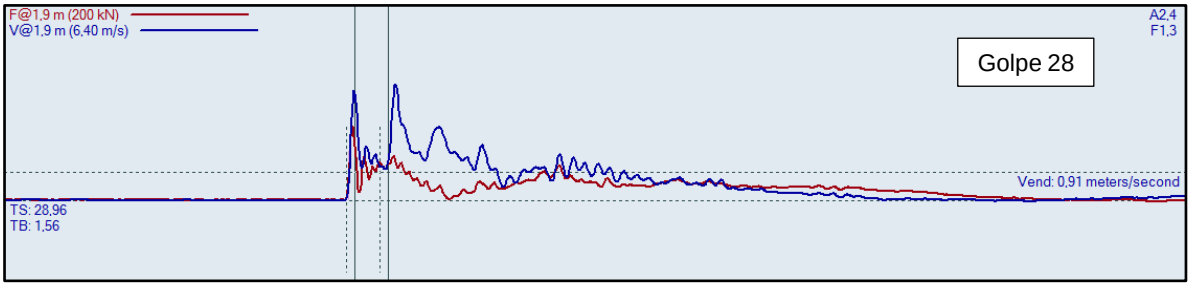

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 23
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

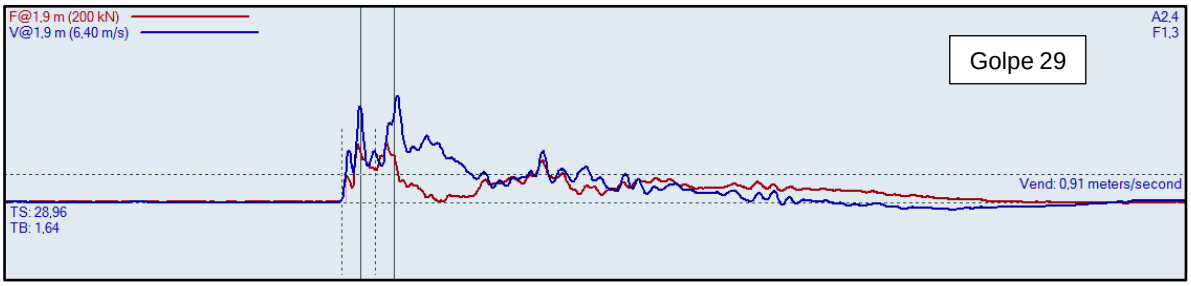

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 24
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

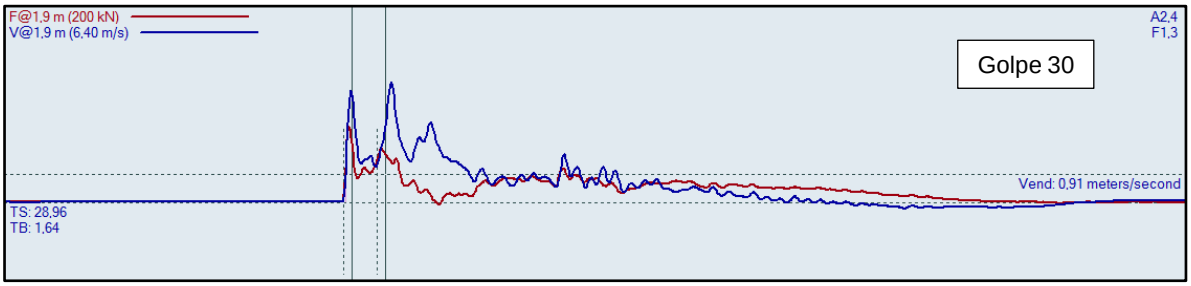

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 25
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

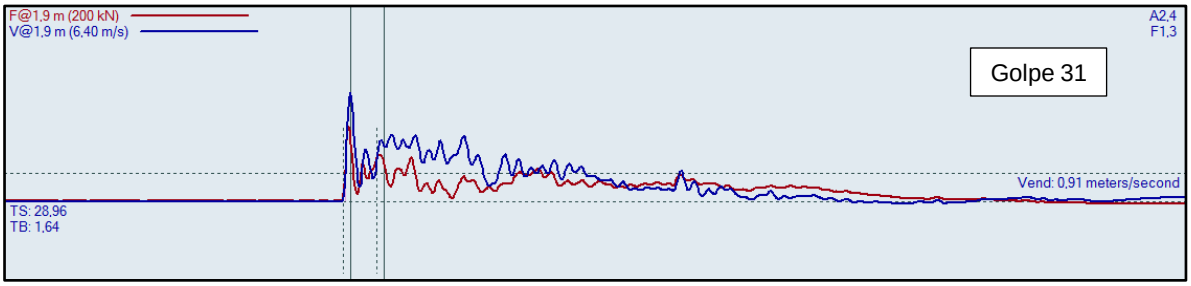

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 26
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

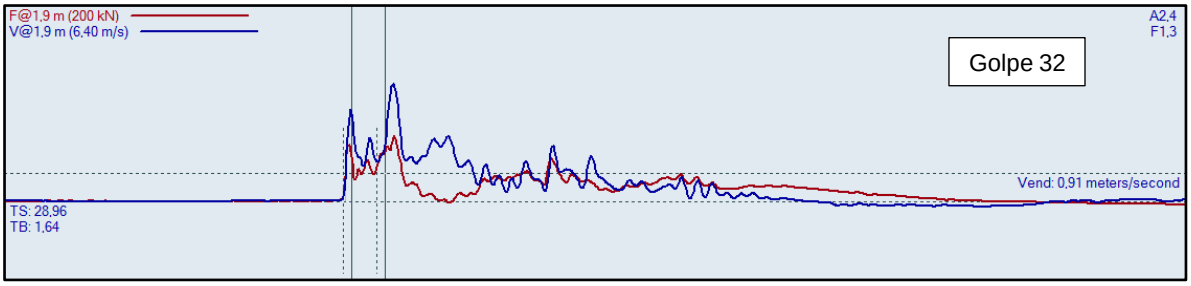

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 27
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

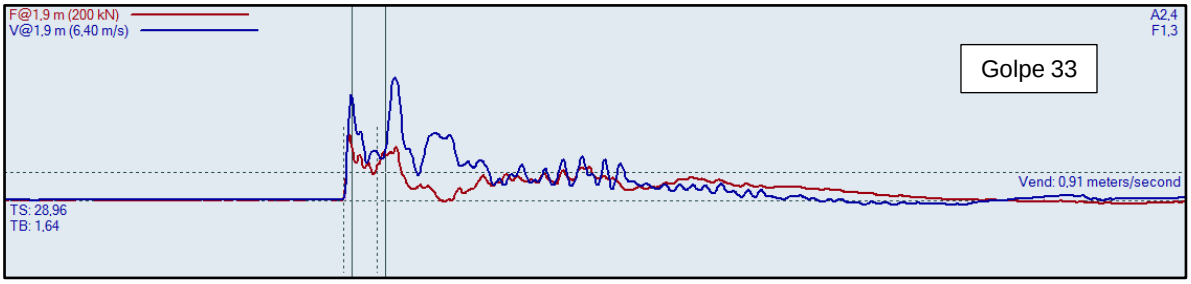

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 28
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,56

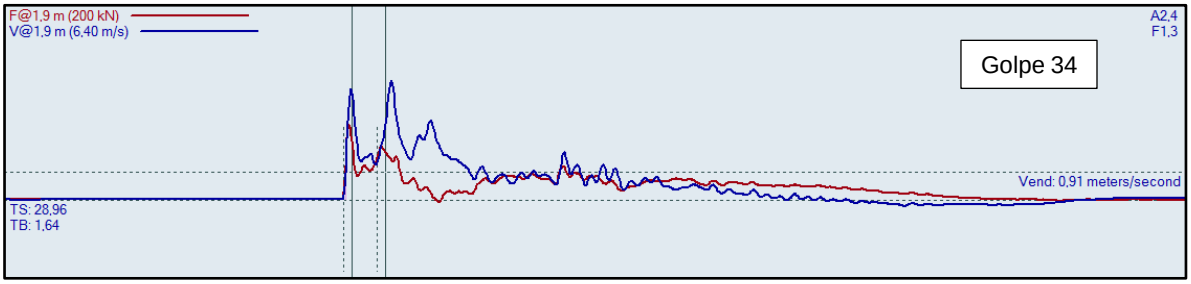

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 29
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,64

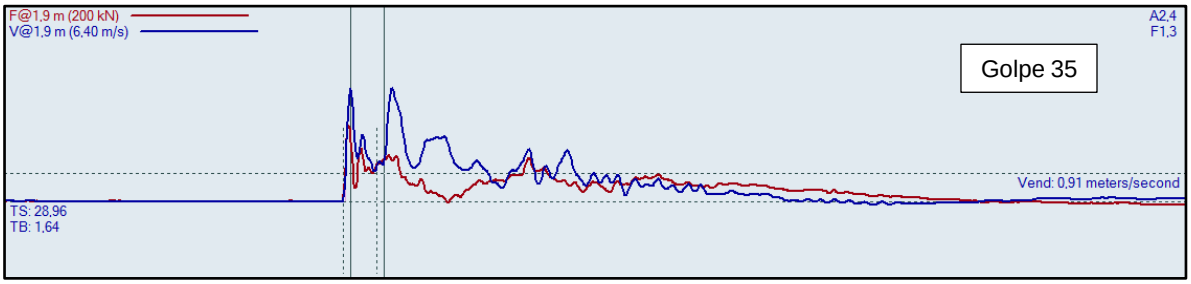

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 30
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,64

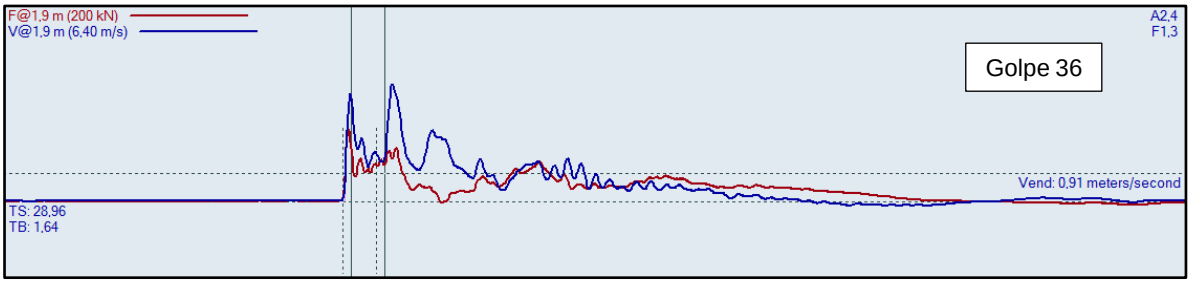

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 31
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,64

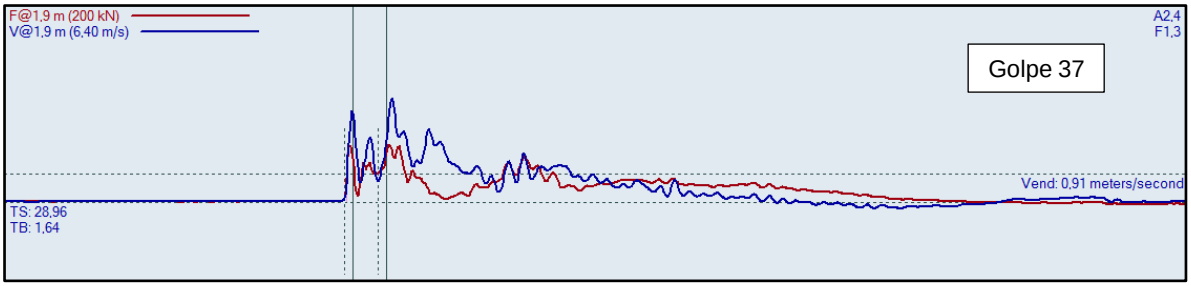

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 32
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,64

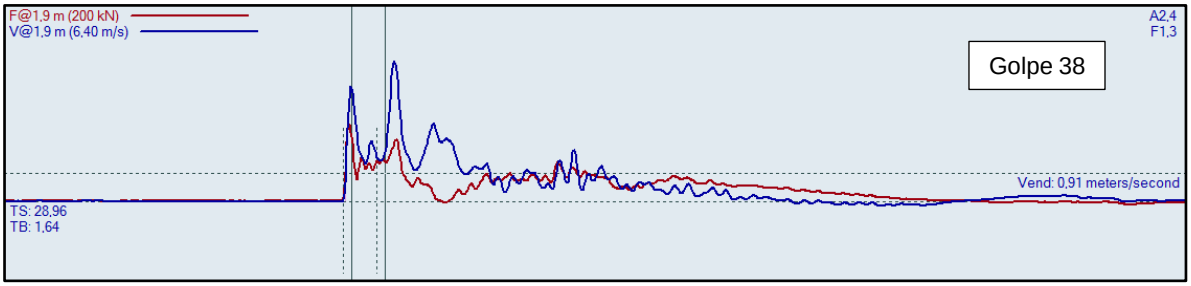

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 33
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,64

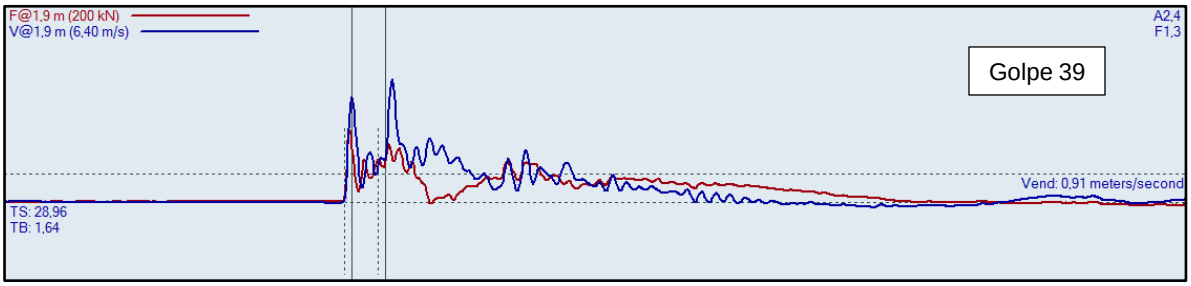

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 34
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,64

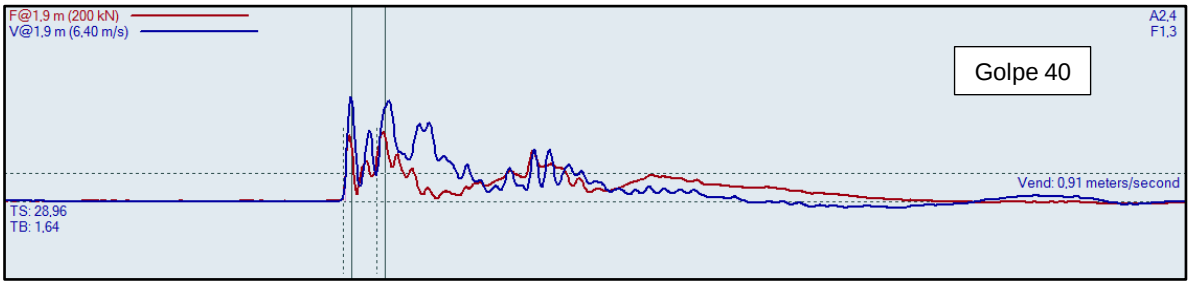

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 35
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,64

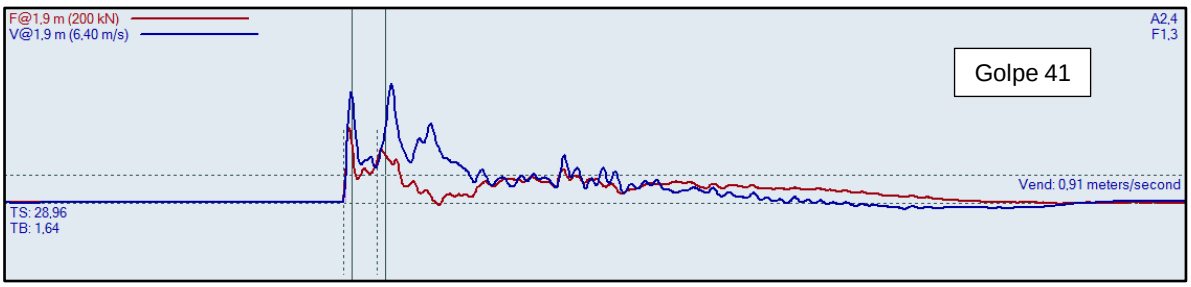

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 36
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,64


F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 37
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,64

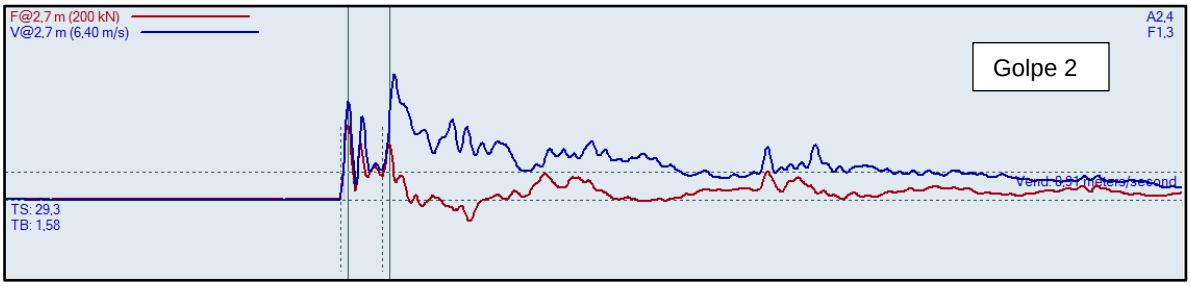

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 38
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,64

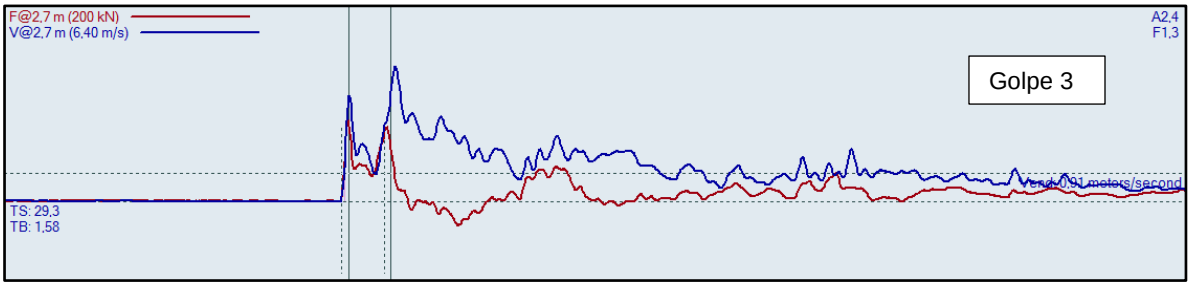

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 39
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,64

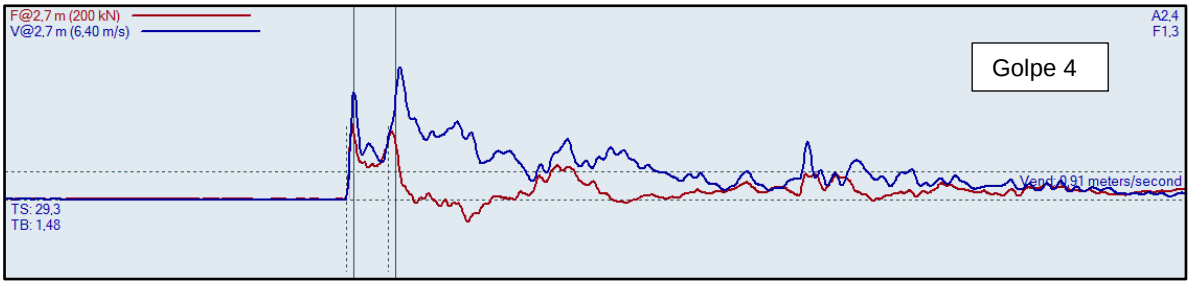

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 40
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,64

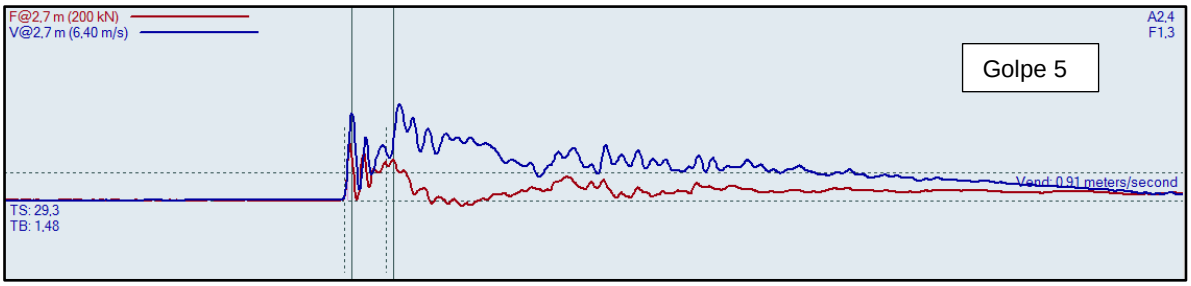

F@1,9 m (200 kN)
V@1,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 41
Vend: 0,91 meters/second
TS: 28,96
TB: 1,64

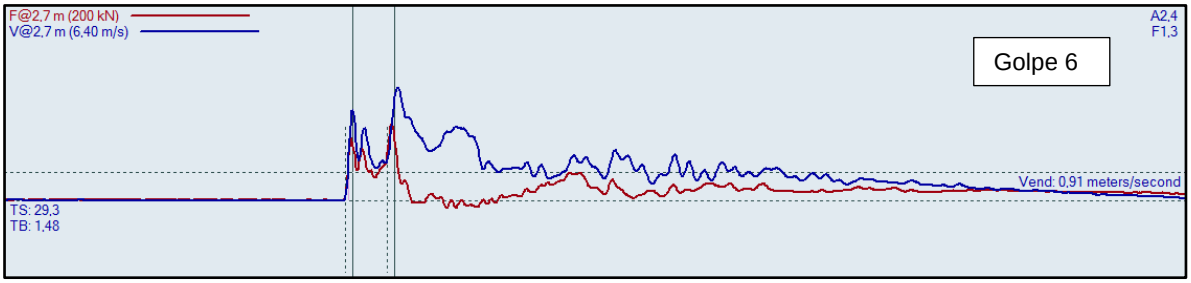
Profundidad 1.50 – 2.00

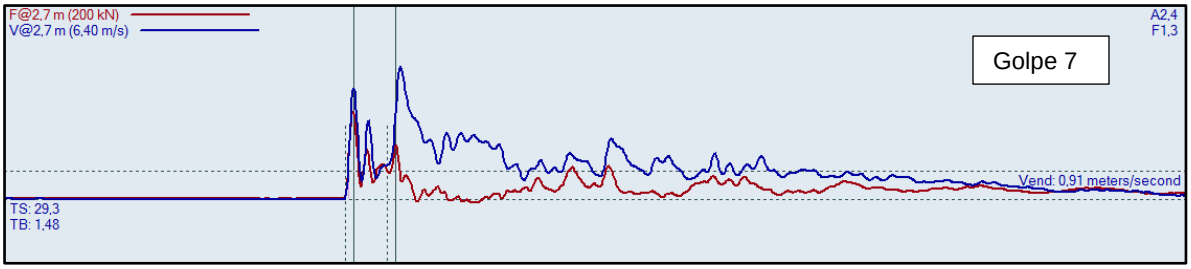


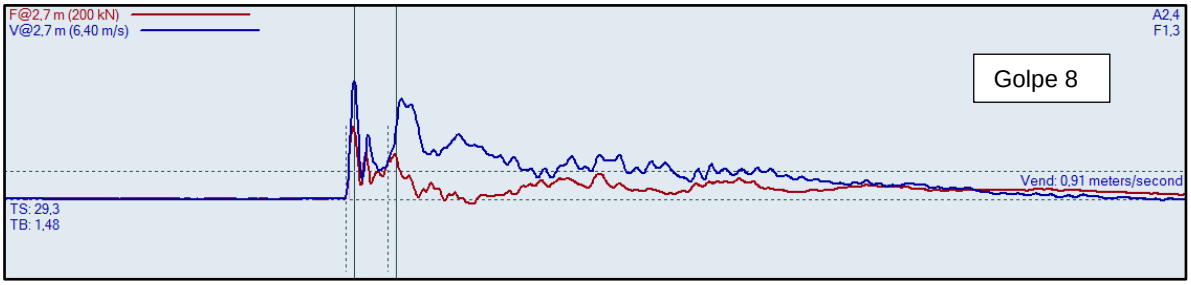


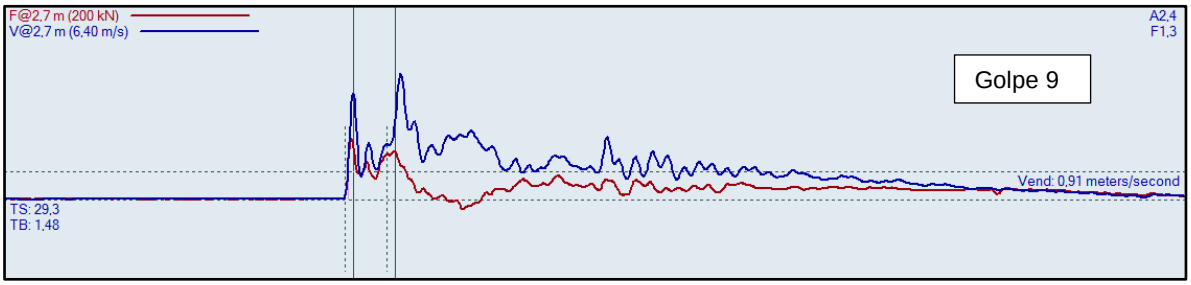


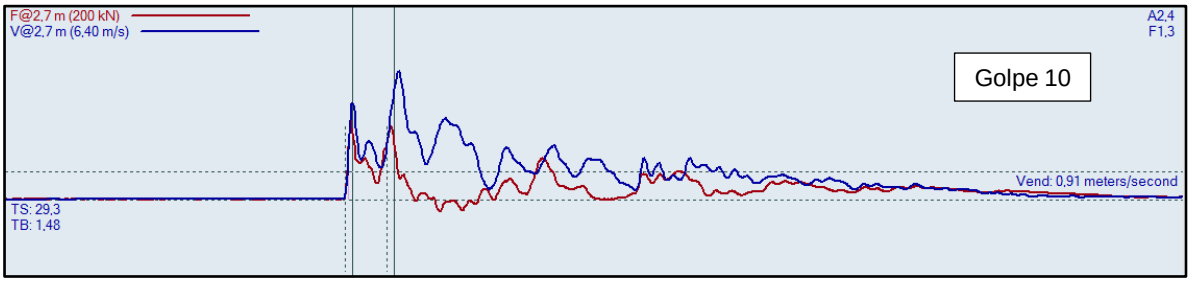


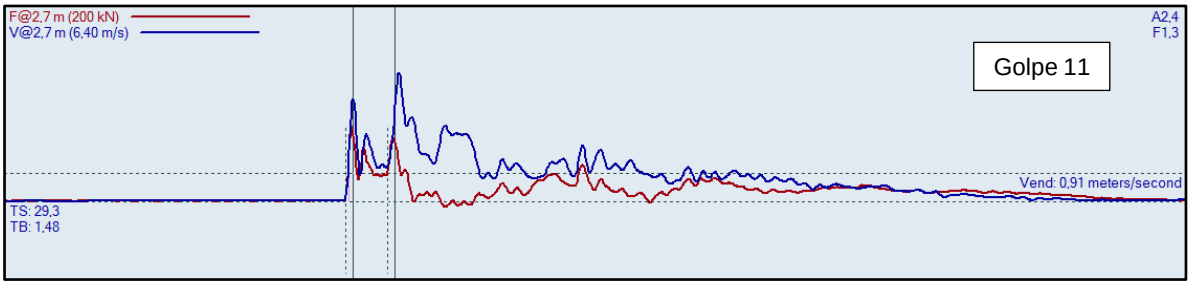


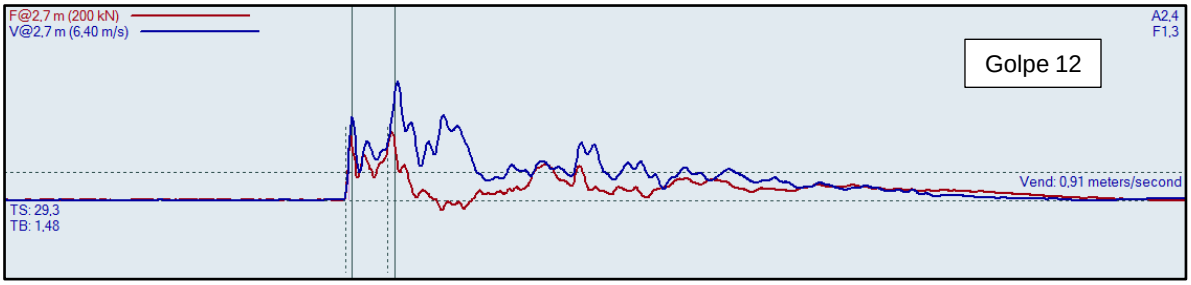

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 7
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

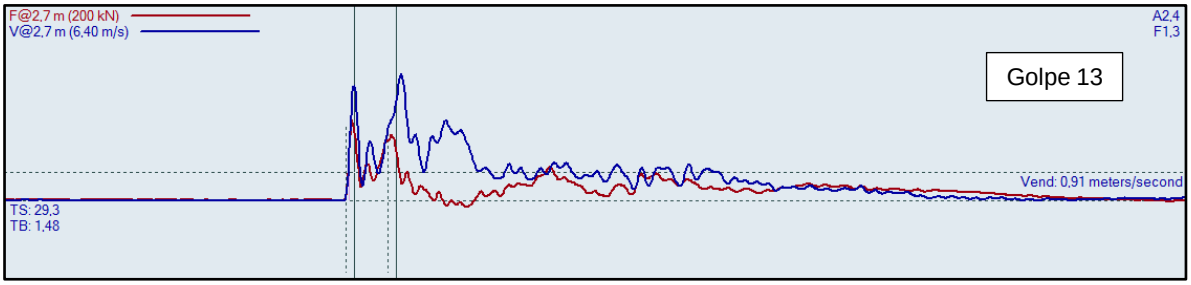

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 8
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

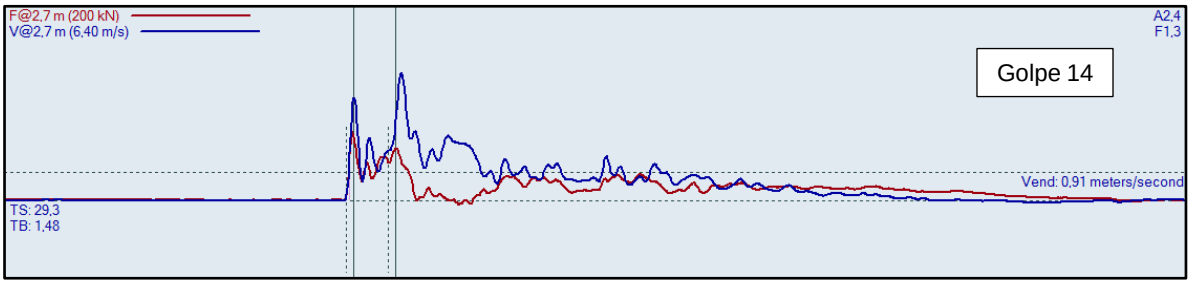

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 9
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

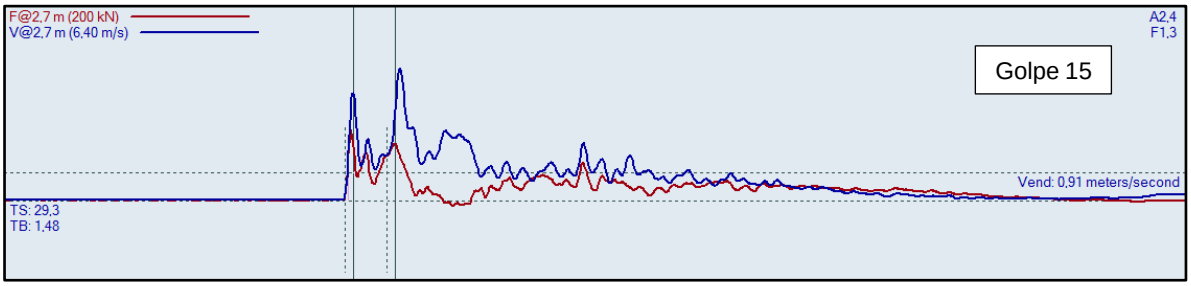

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 10
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

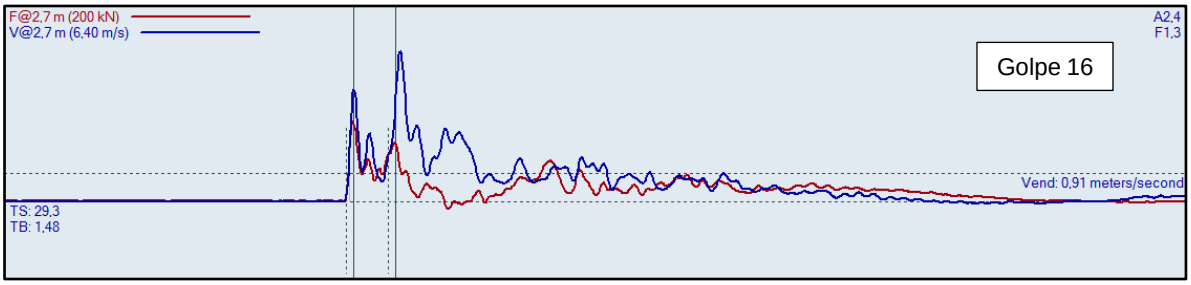

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 11
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

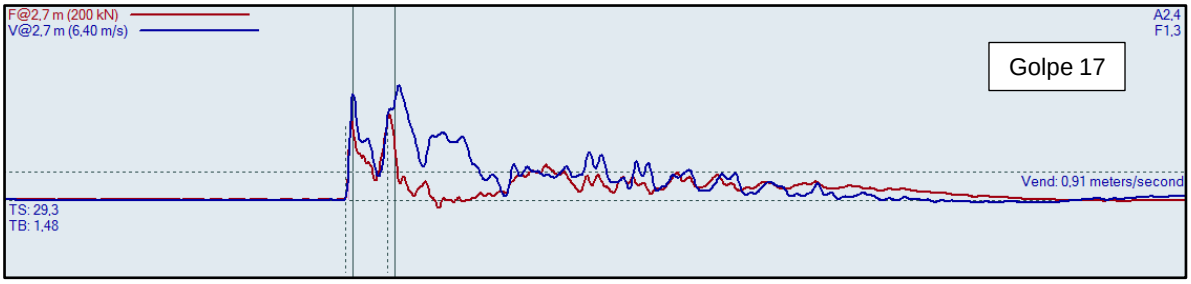

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 12
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

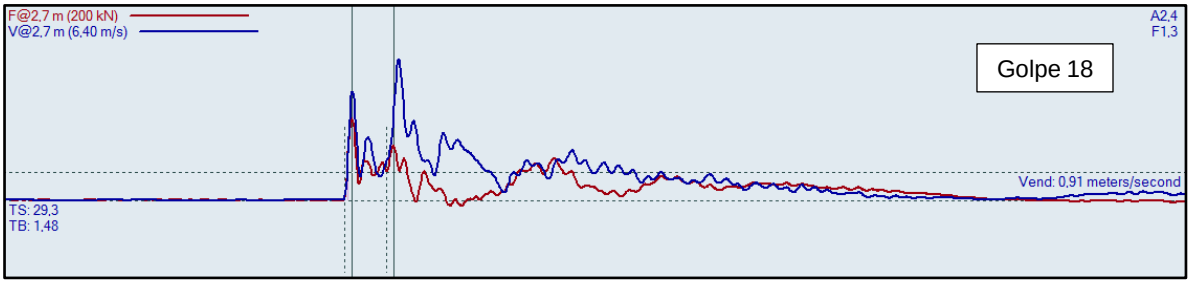

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 13
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

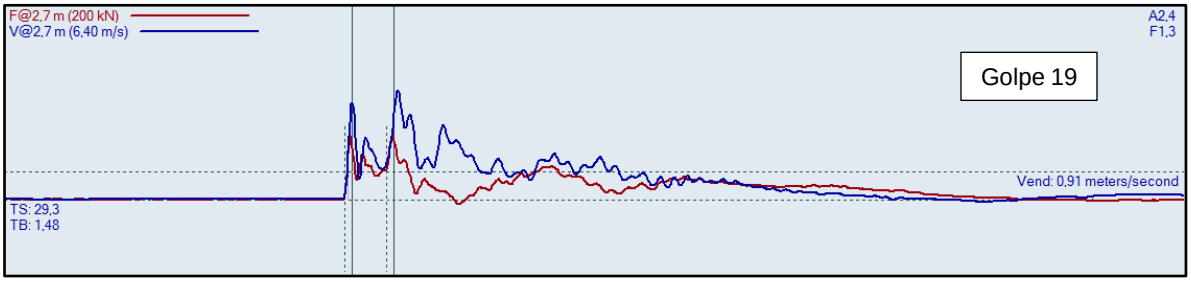

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 14
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

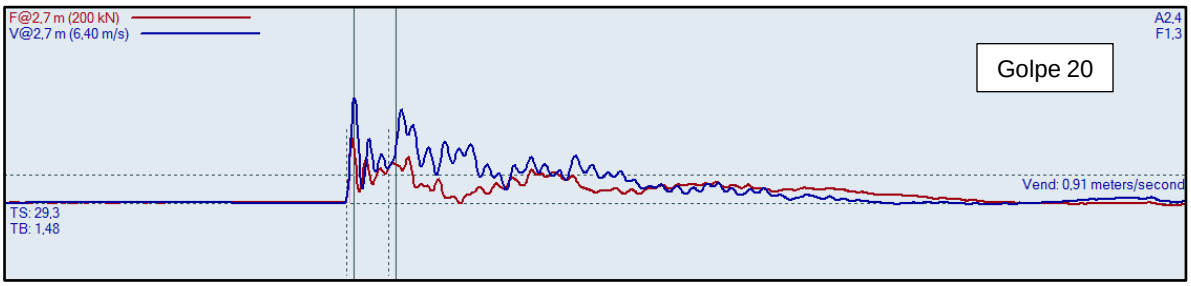

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 15
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

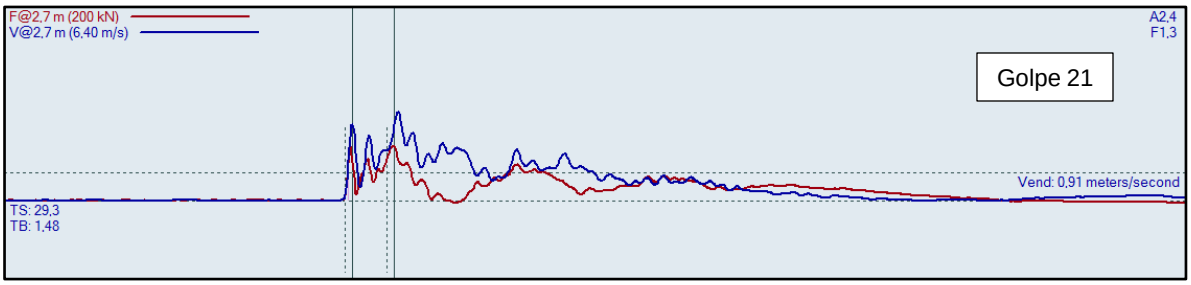

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 16
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

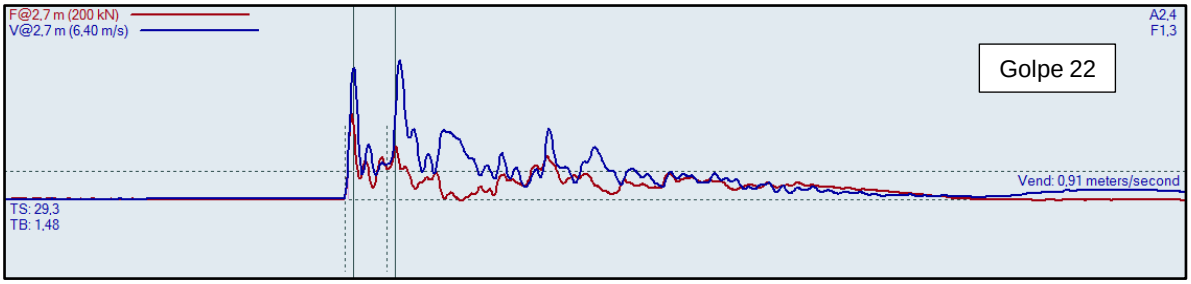

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 17
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

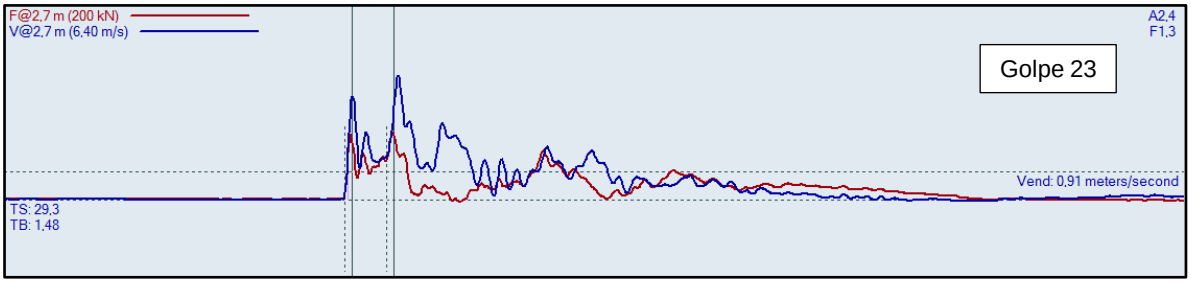

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 18
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

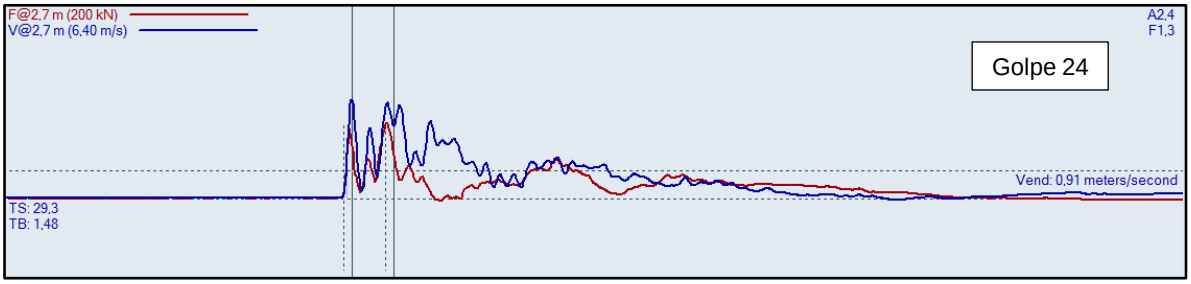

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 19
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

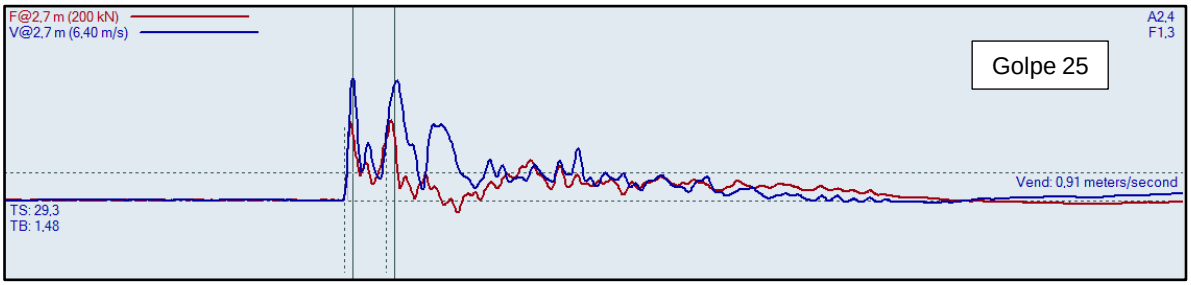

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 20
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

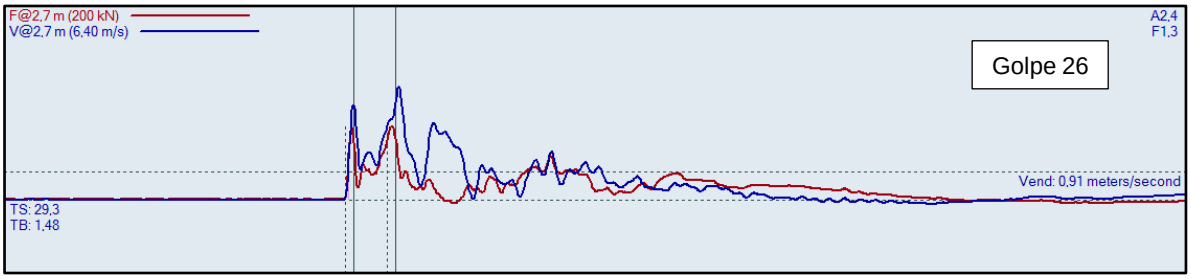

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 21
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

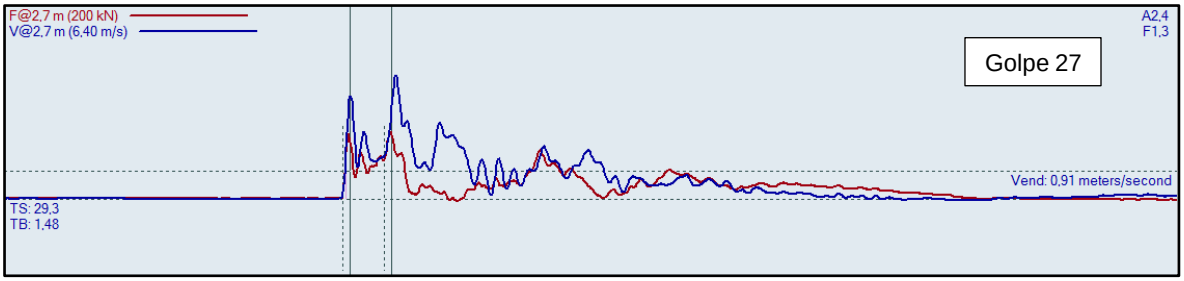

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 22
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

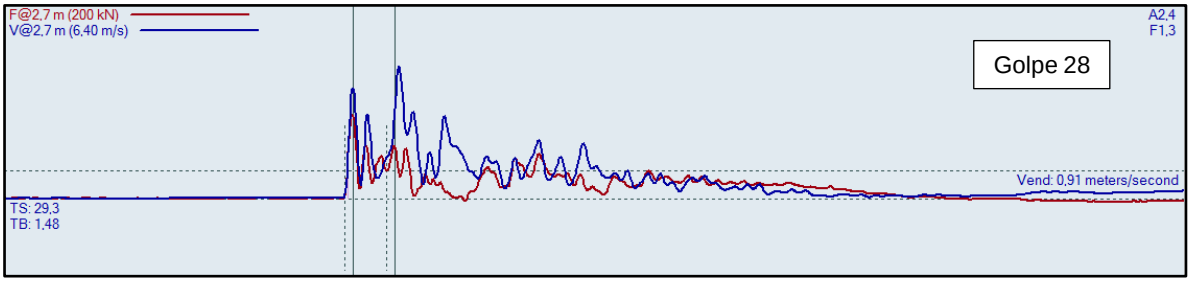

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 23
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

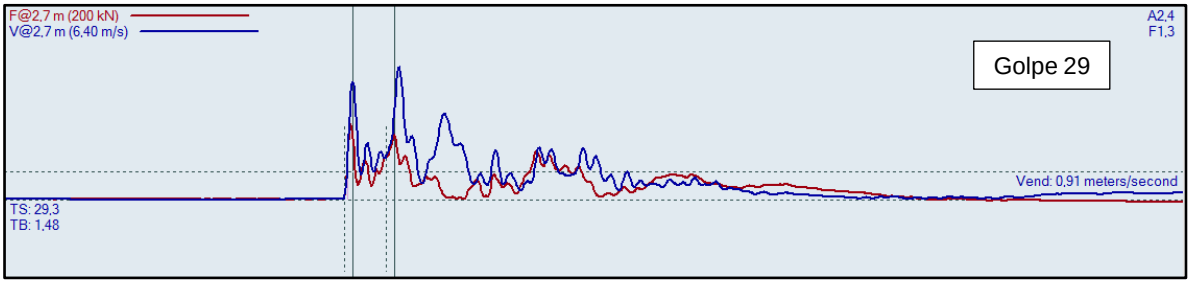

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 24
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

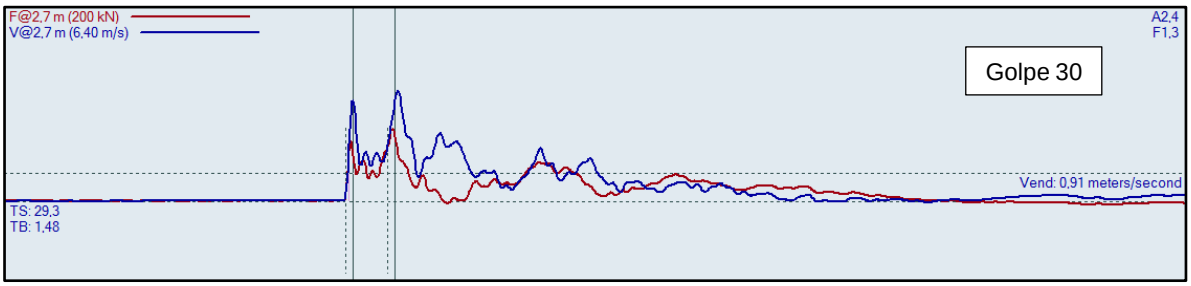

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 25
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

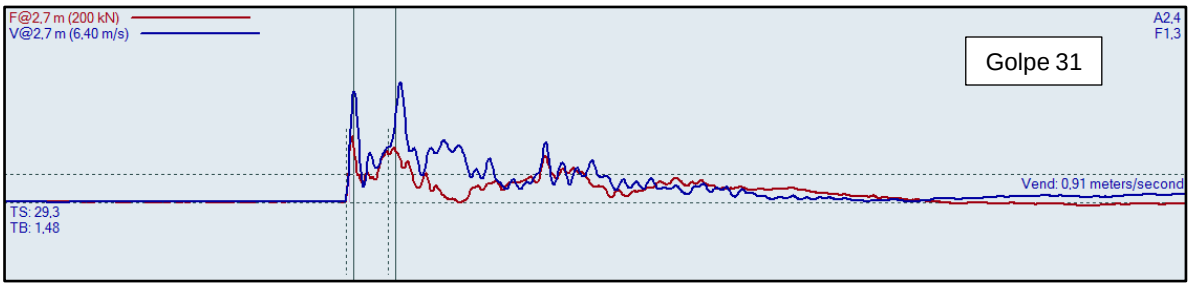

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 26
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

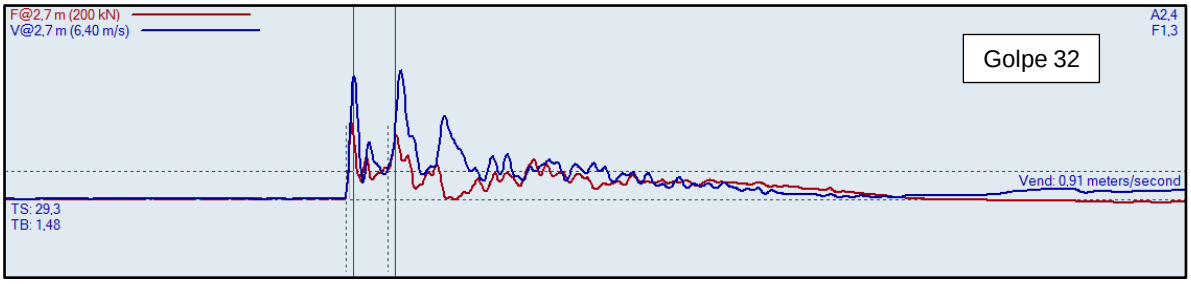

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 27
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

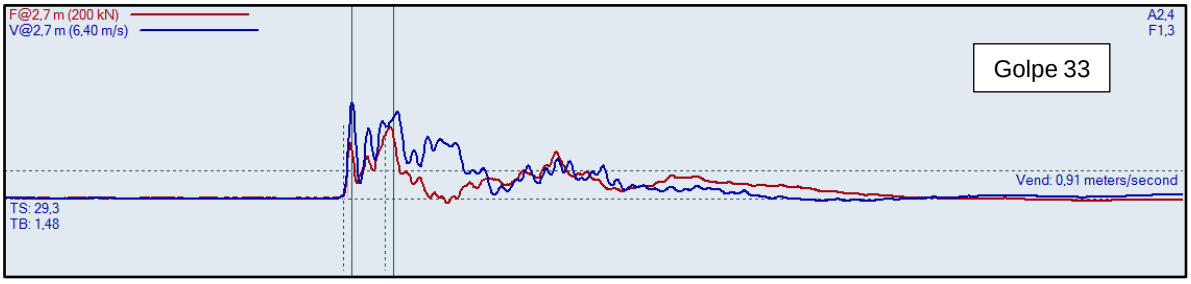

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 28
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

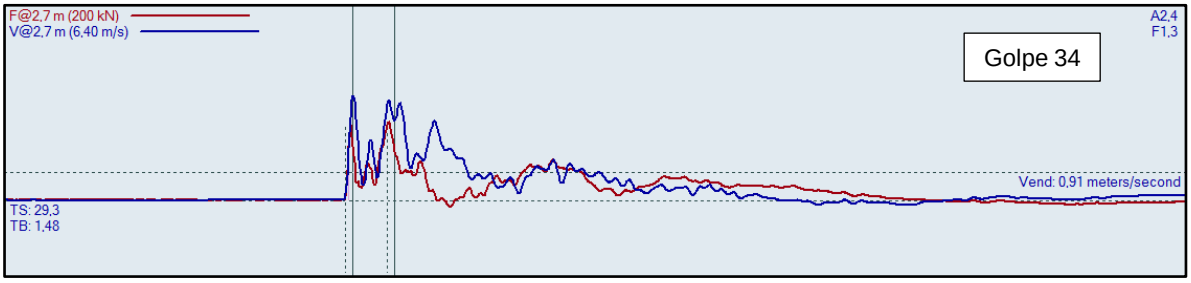

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 29
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

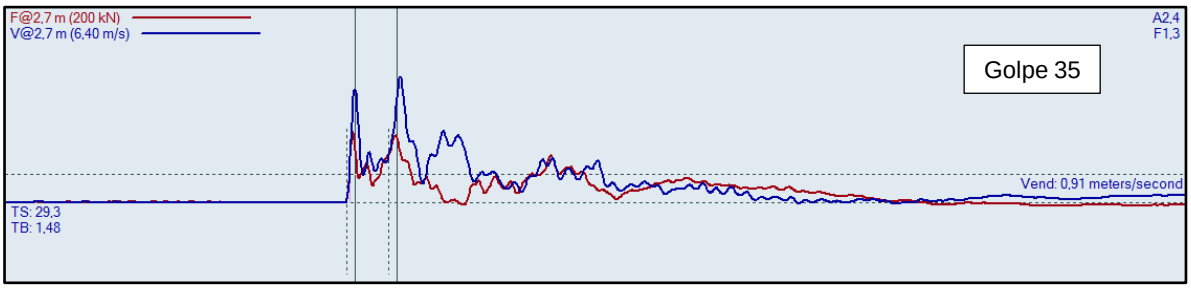

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 30
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

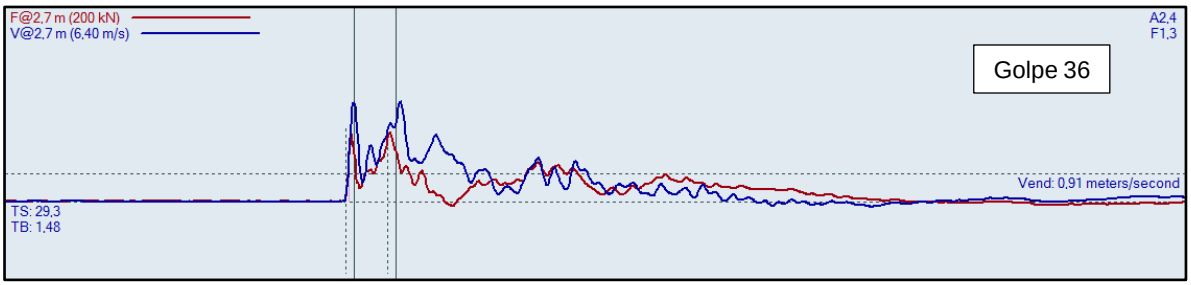

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 31
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

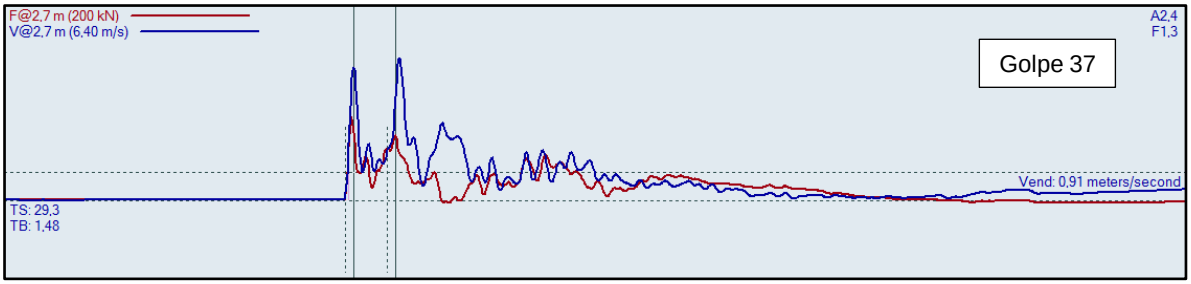

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 32
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

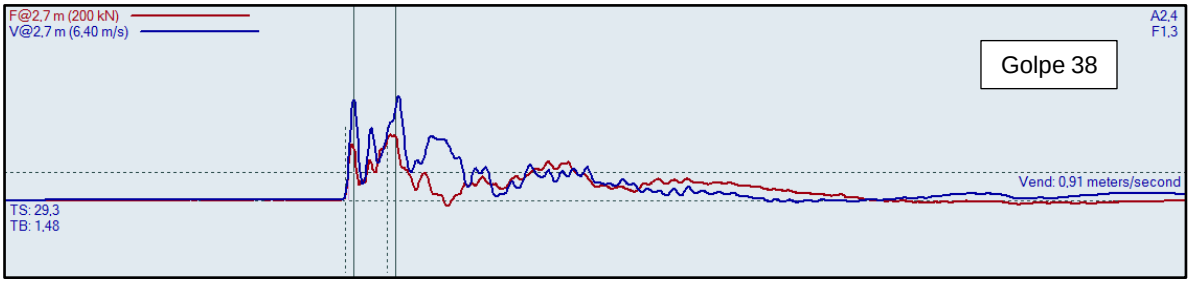

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 33
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

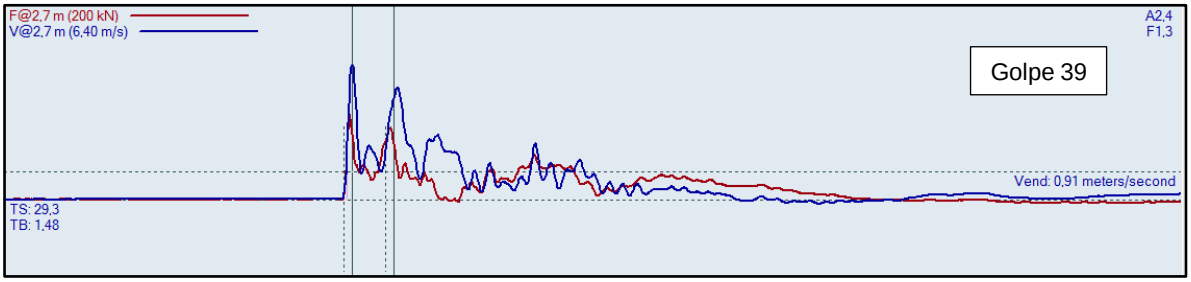

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 34
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

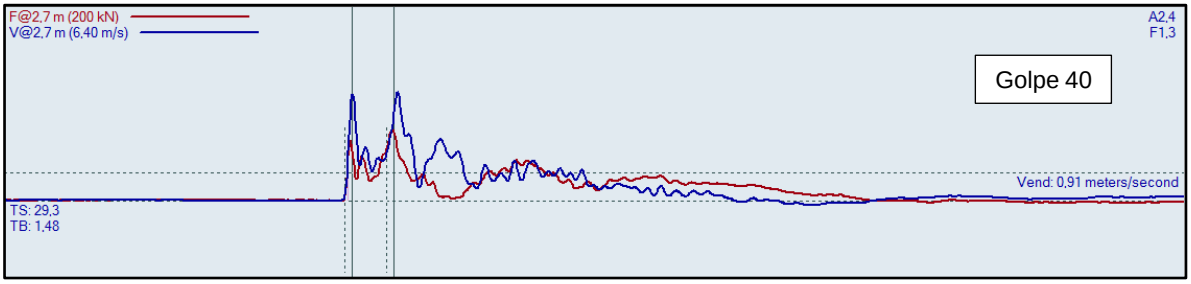

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 35
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

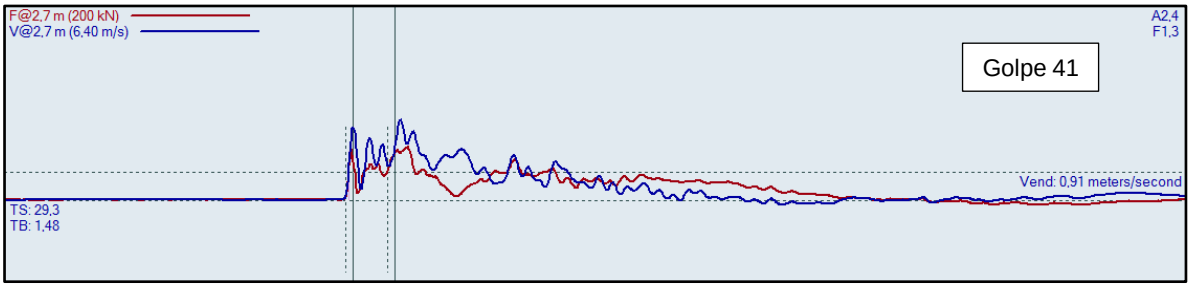

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 36
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

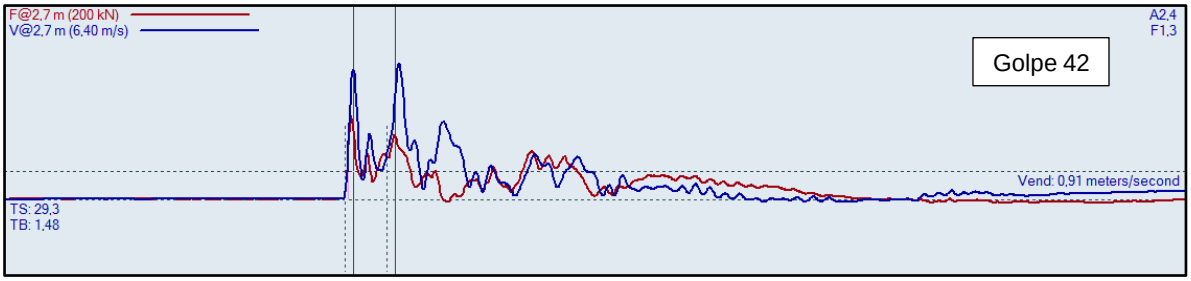

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 37
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

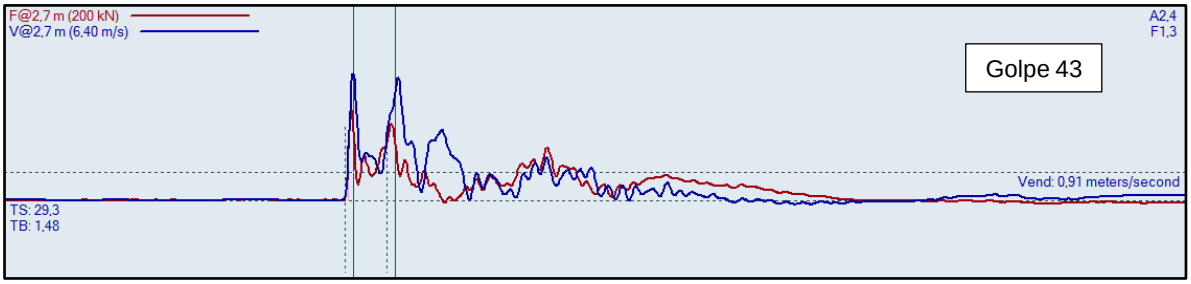

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 38
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

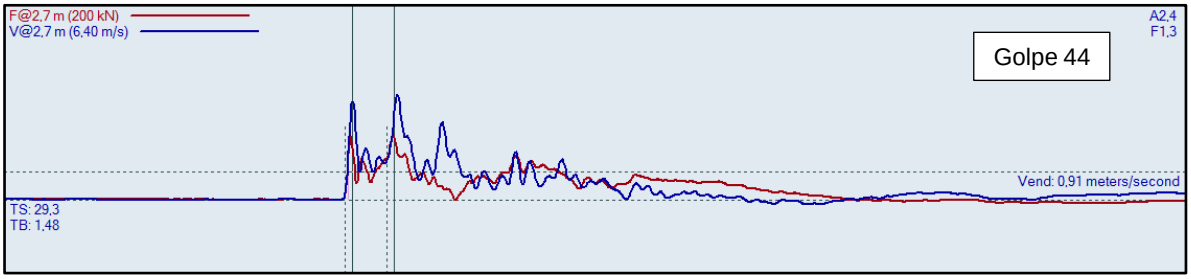

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 39
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

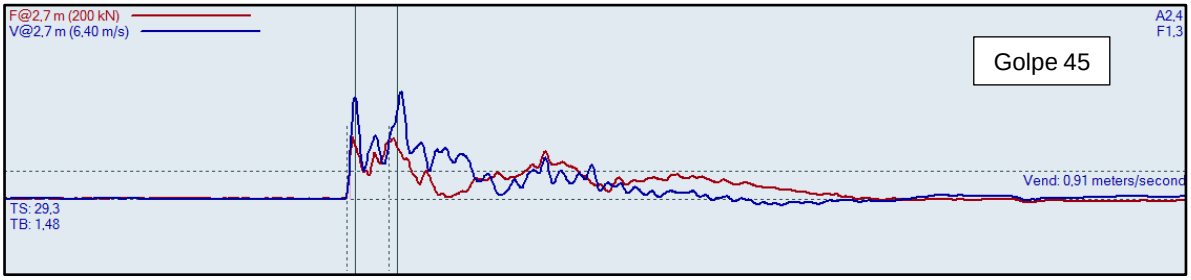

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 40
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

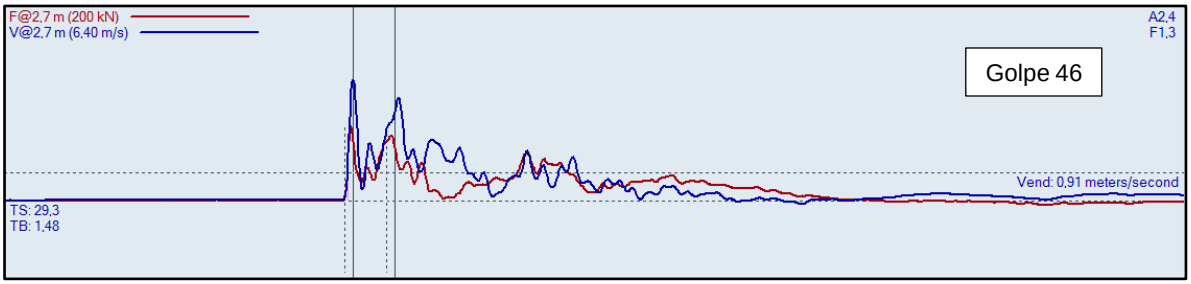

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 41
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

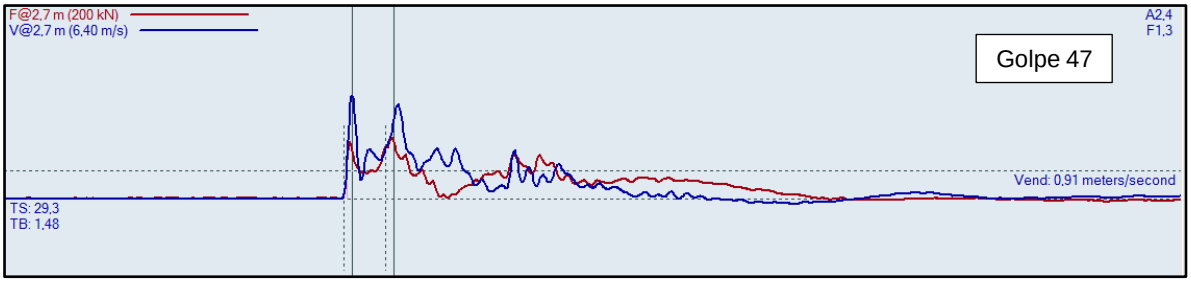

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 42
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

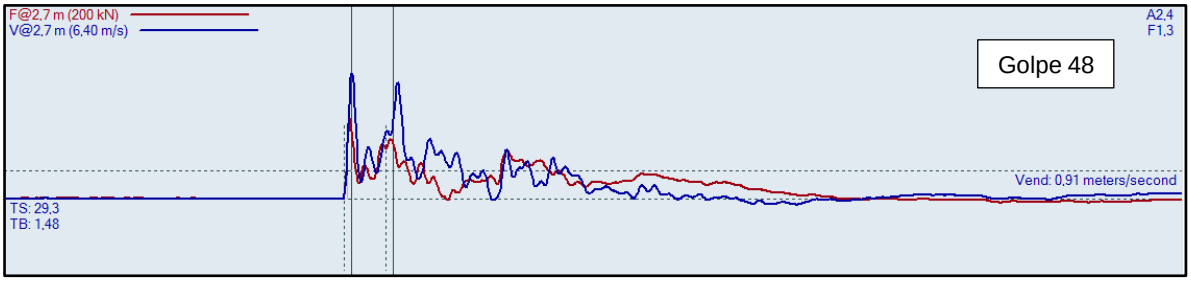

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 43
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

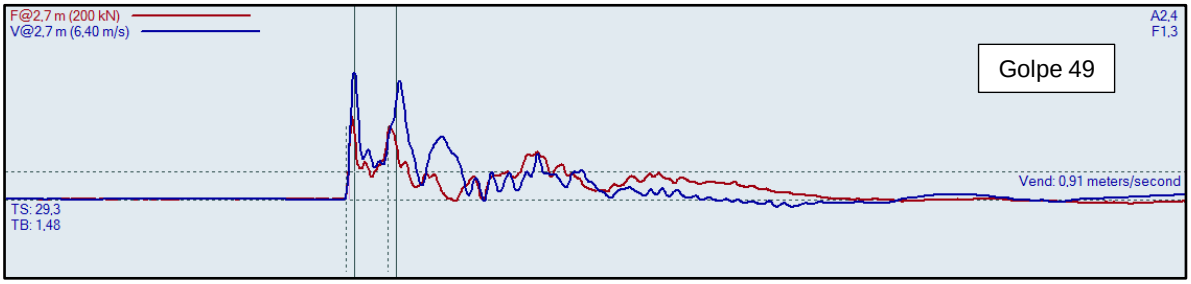

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 44
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

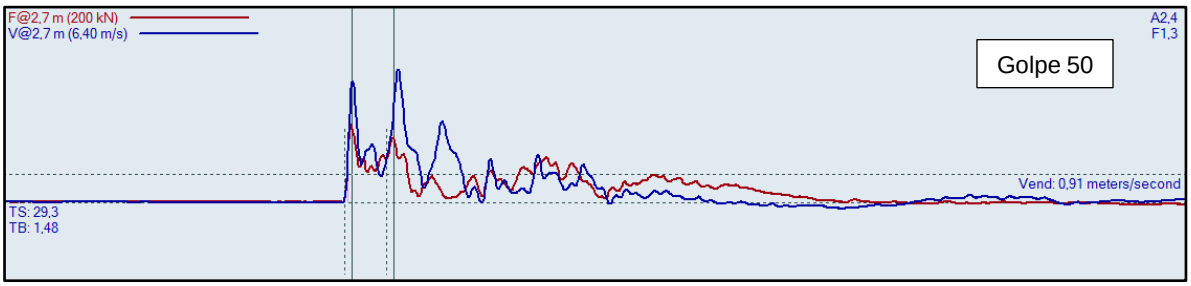

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 45
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48


F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 46
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

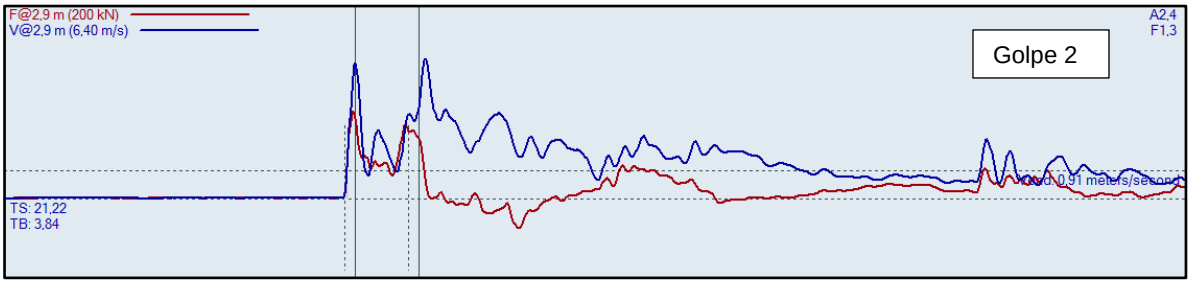

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 47
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

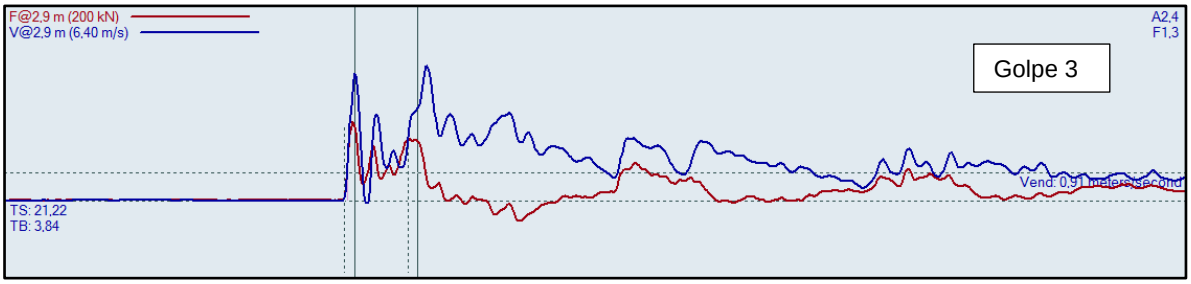

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 48
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

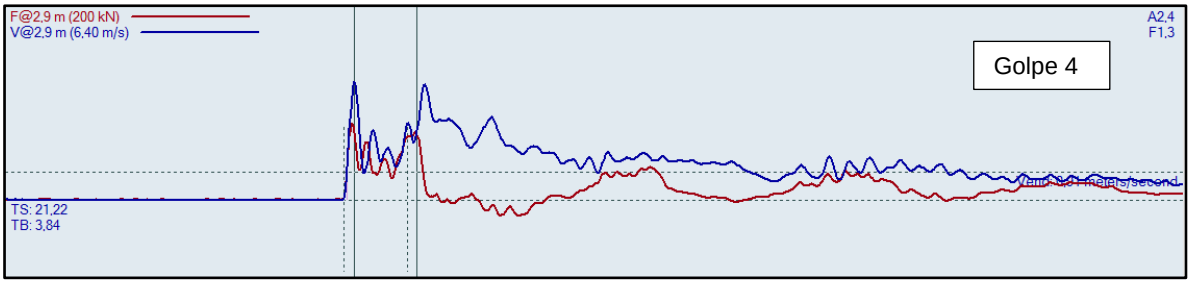

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 49
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

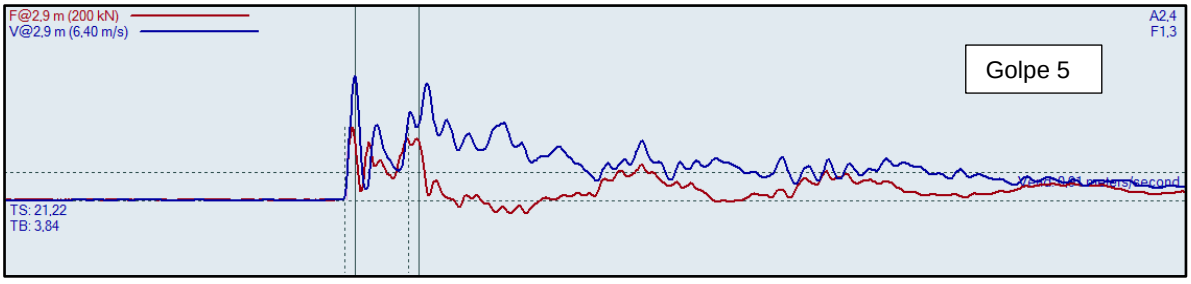

F@2,7 m (200 kN)
V@2,7 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 50
Vend: 0,91 meters/second
TS: 29,3
TB: 1,48

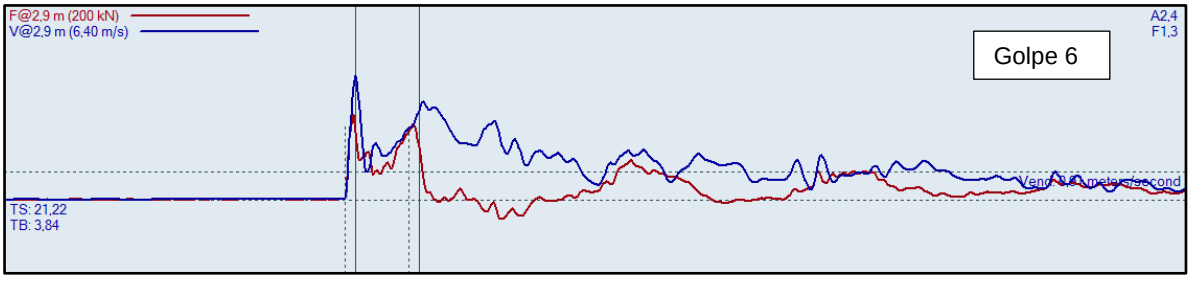
Profundidad 2.00 – 2.45

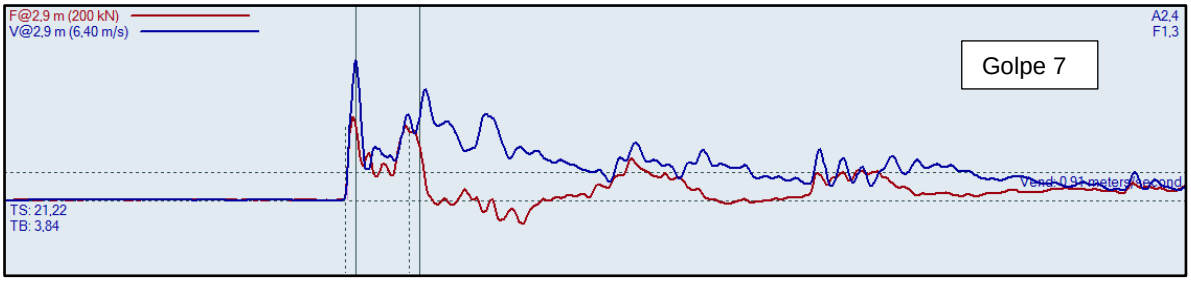


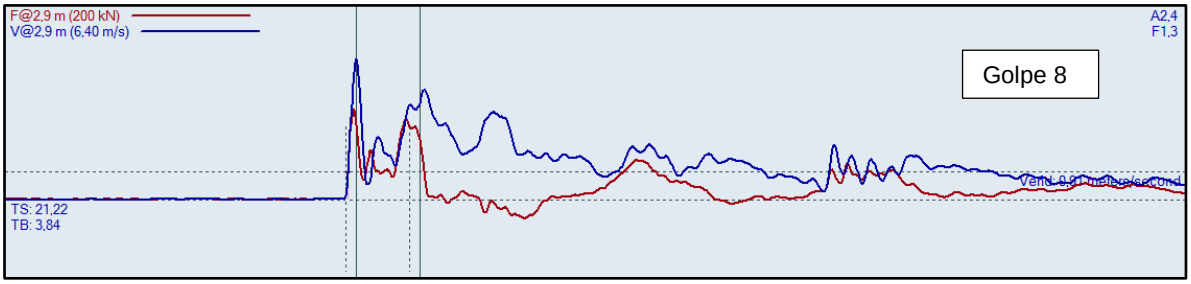


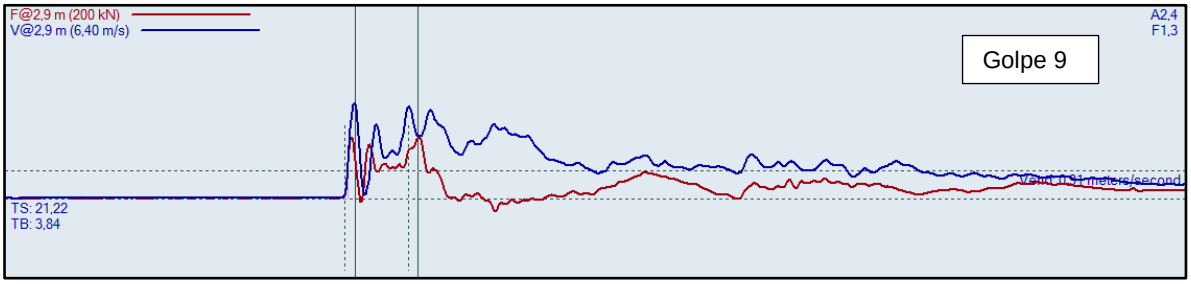


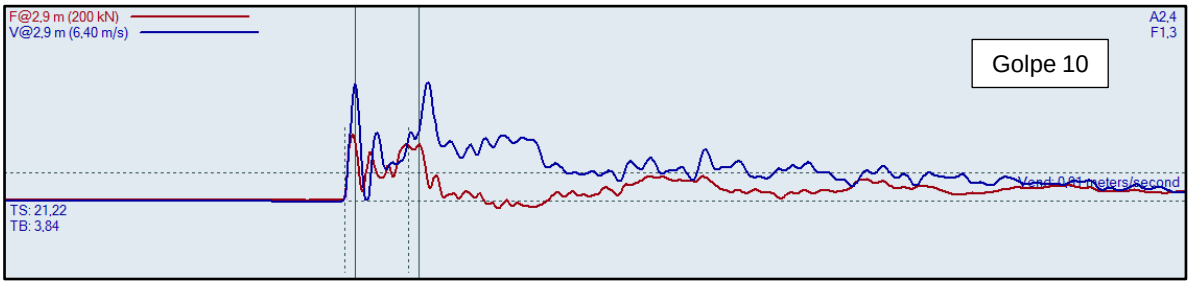


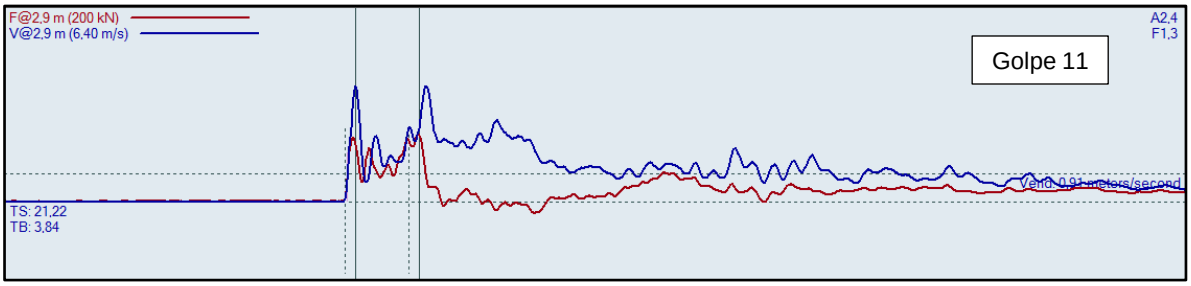


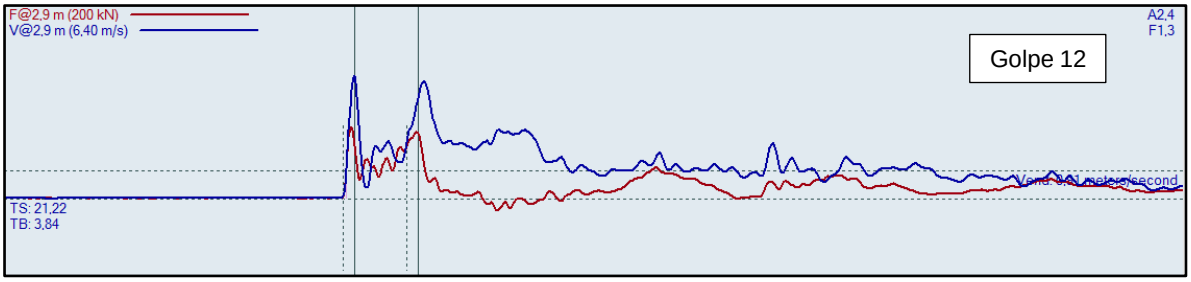

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 7
Vend 0,91 meters/second
TS: 21,22
TB: 3,84

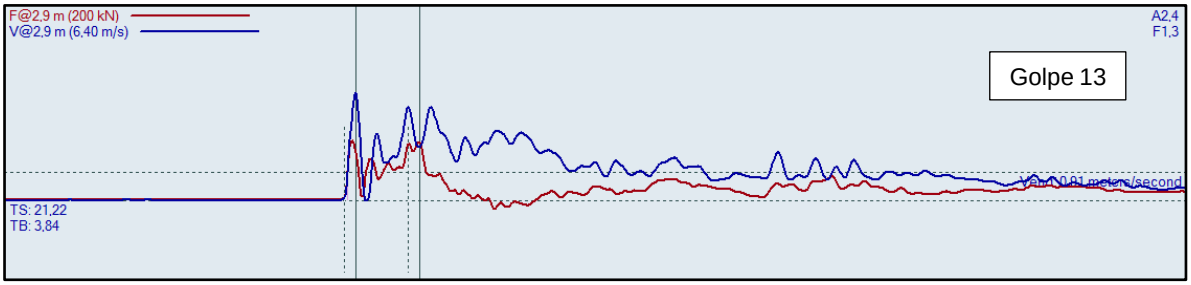

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 8
Vend 0,91 meters/second
TS: 21,22
TB: 3,84

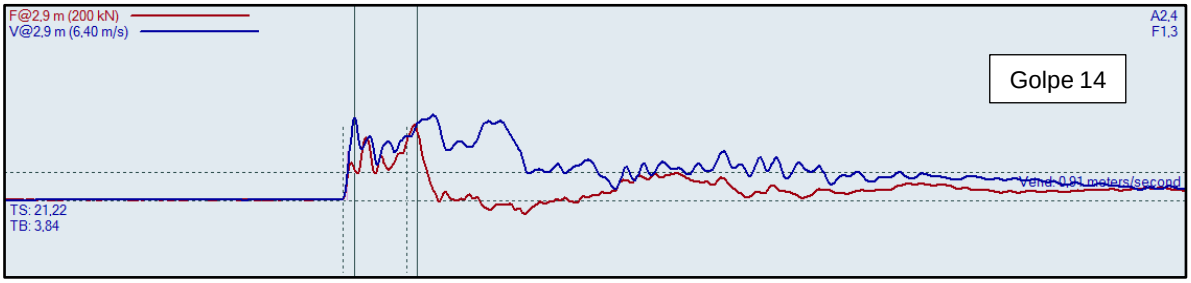

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 9
Vend 0,91 meters/second
TS: 21,22
TB: 3,84

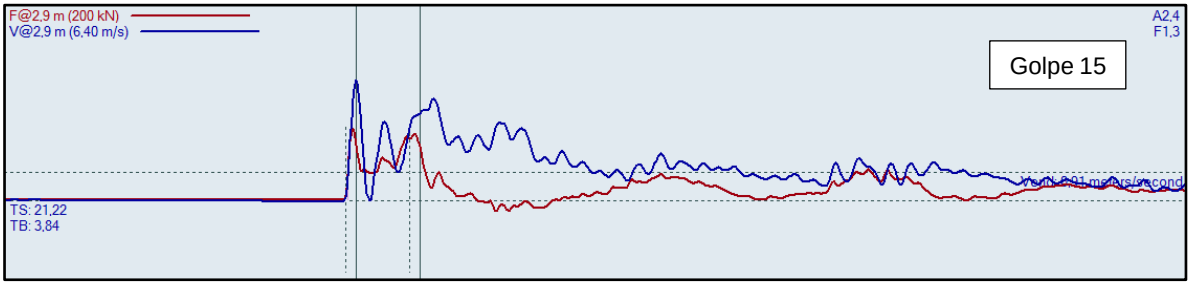

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 10
Vend 0,91 meters/second
TS: 21,22
TB: 3,84

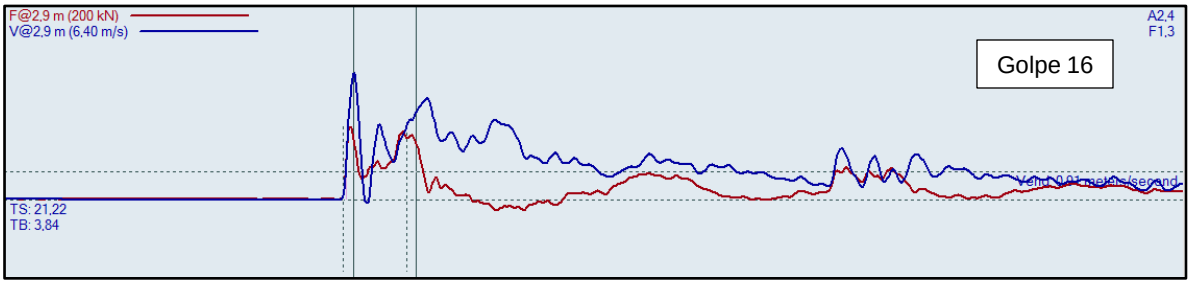

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 11
Vend 0,91 meters/second
TS: 21,22
TB: 3,84

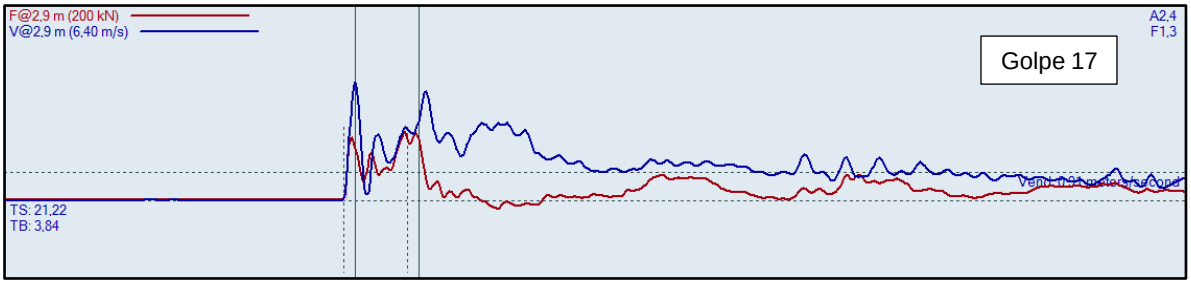

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 12
TS: 21,22
TB: 3,84

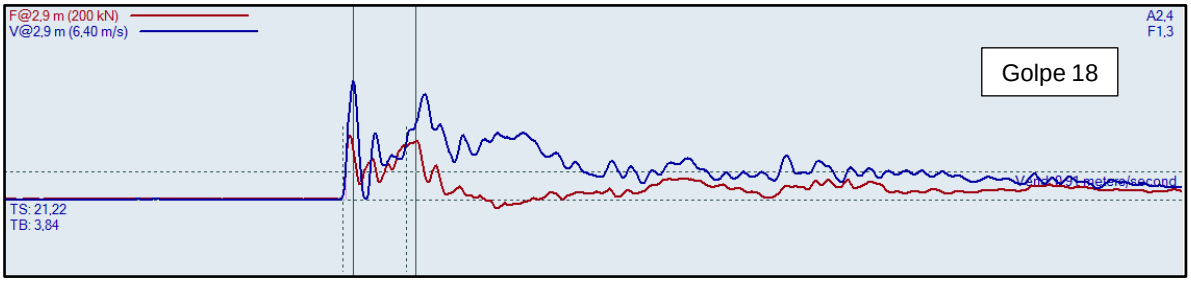

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 13
TS: 21,22
TB: 3,84

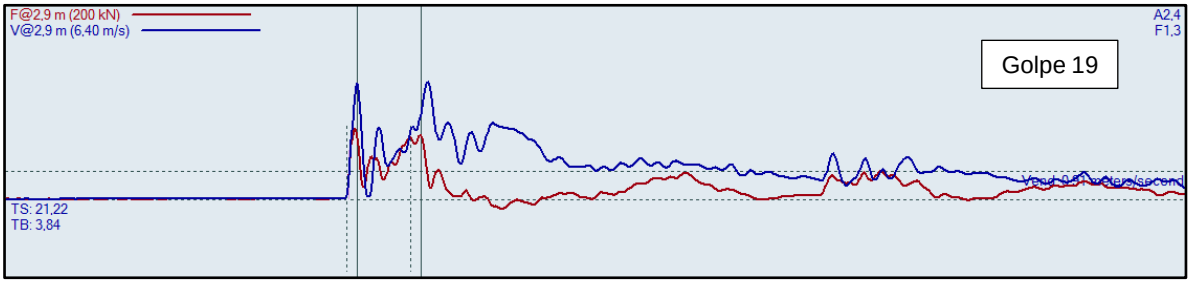

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 14
TS: 21,22
TB: 3,84

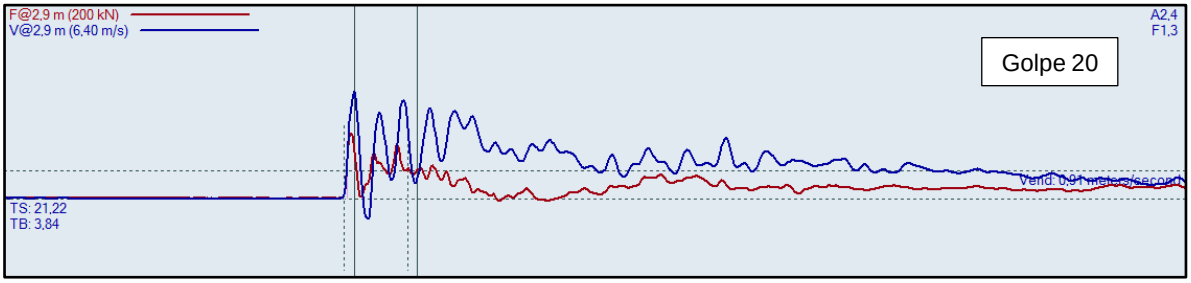

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 15
TS: 21,22
TB: 3,84

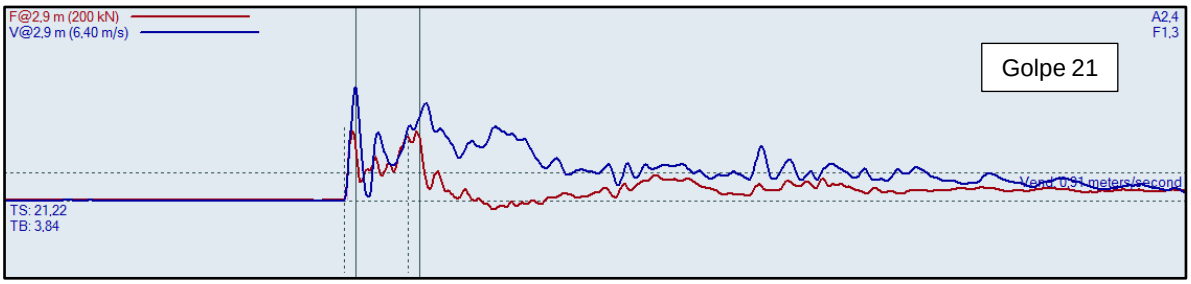

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 16
TS: 21,22
TB: 3,84

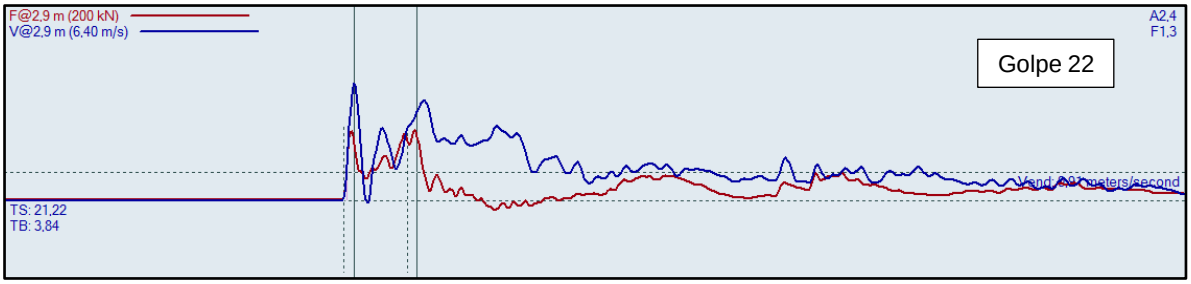

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 17
TS: 21,22
TB: 3,84

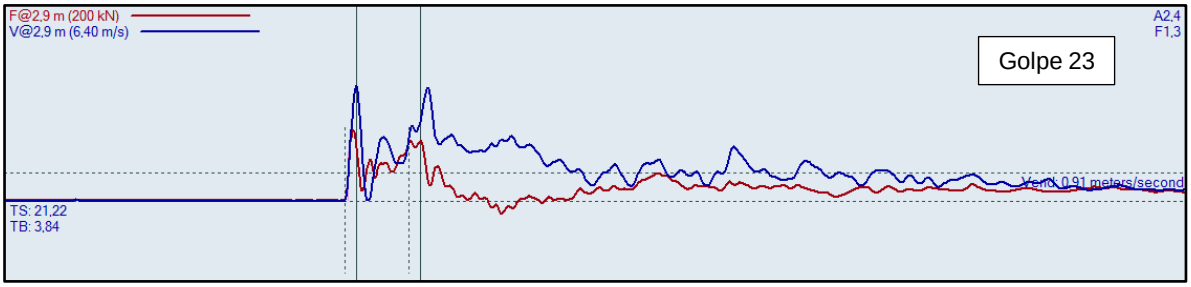

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 18
TS: 21,22
TB: 3,84

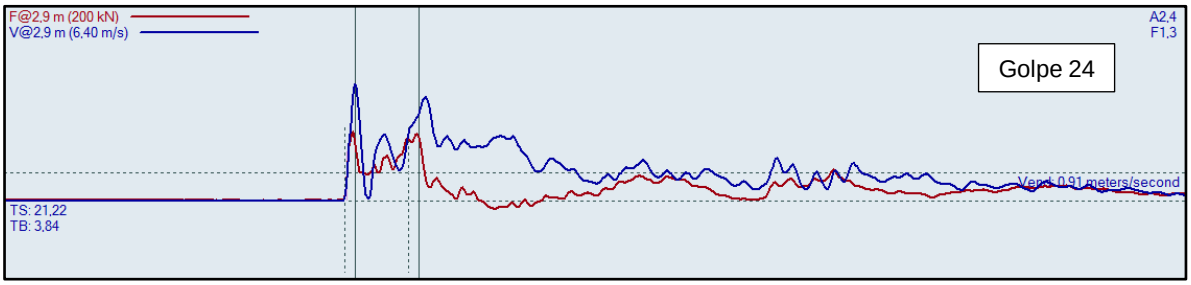

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 19
TS: 21,22
TB: 3,84

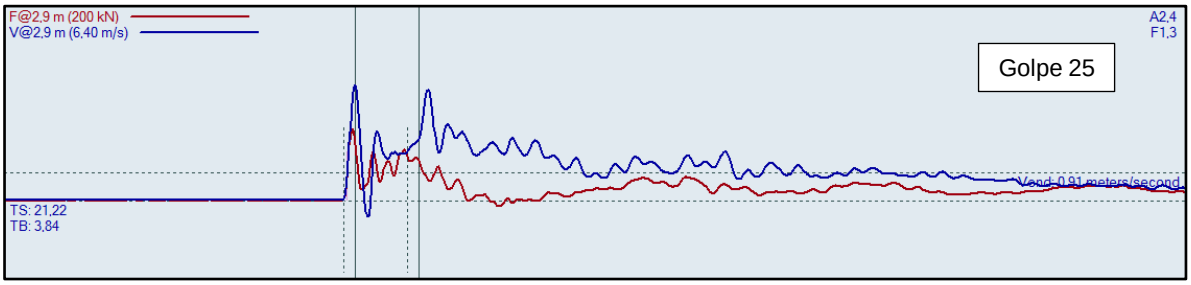

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 20
TS: 21,22
TB: 3,84

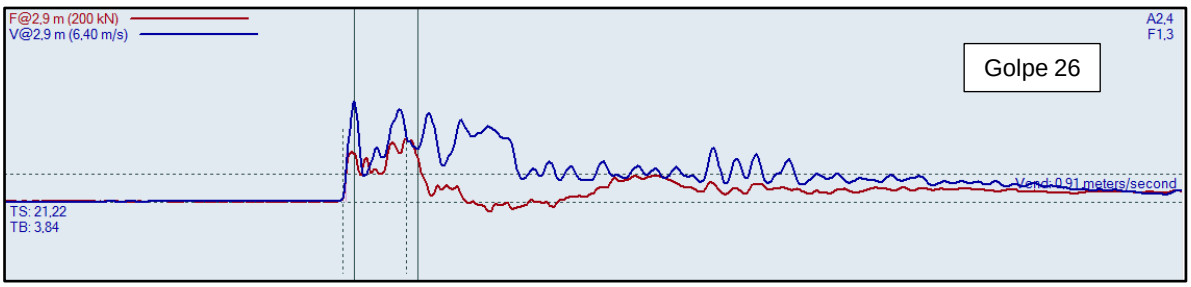

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 21
TS: 21,22
TB: 3,84

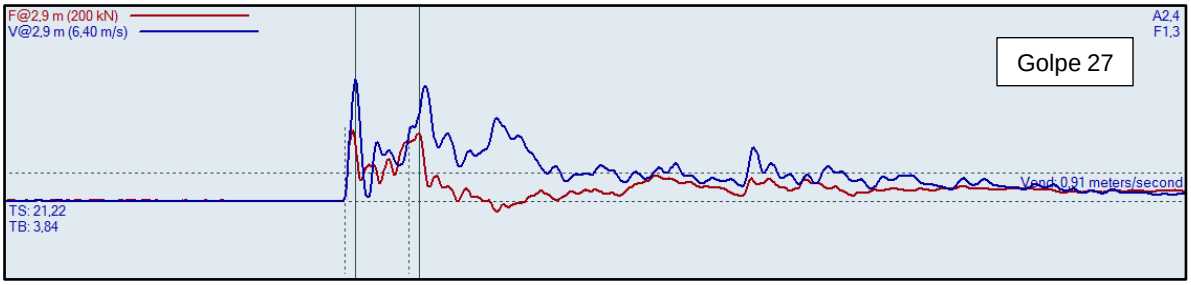

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 22
Vend: 0,91 meters/second
TS: 21,22
TB: 3,84

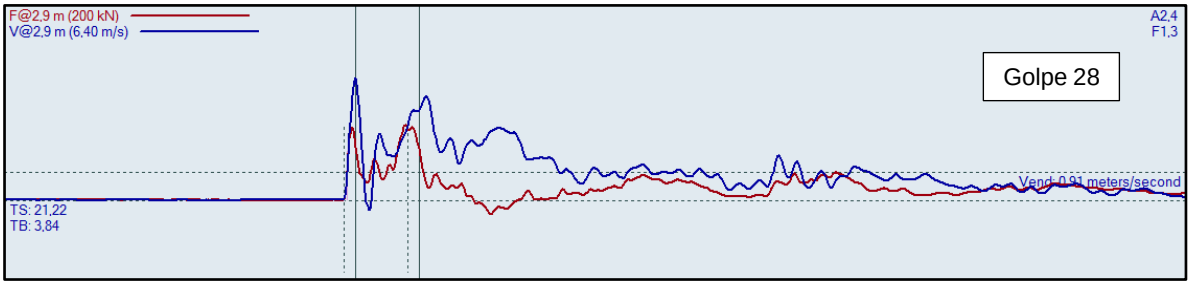

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 23
Vend: 0,91 meters/second
TS: 21,22
TB: 3,84

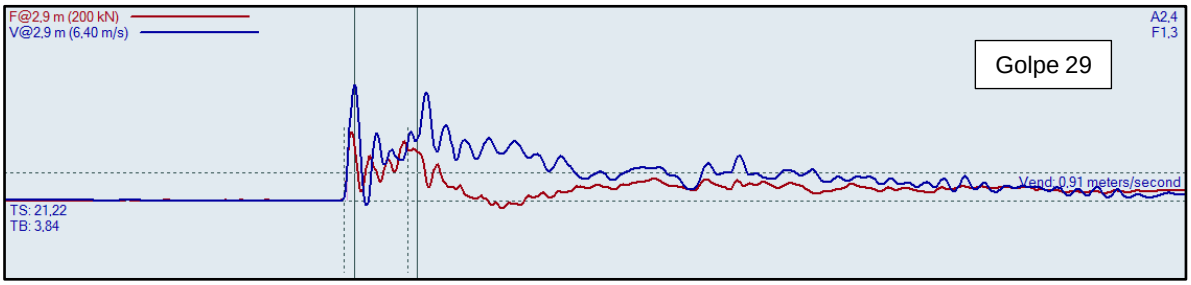

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 24
Vend: 0,91 meters/second
TS: 21,22
TB: 3,84

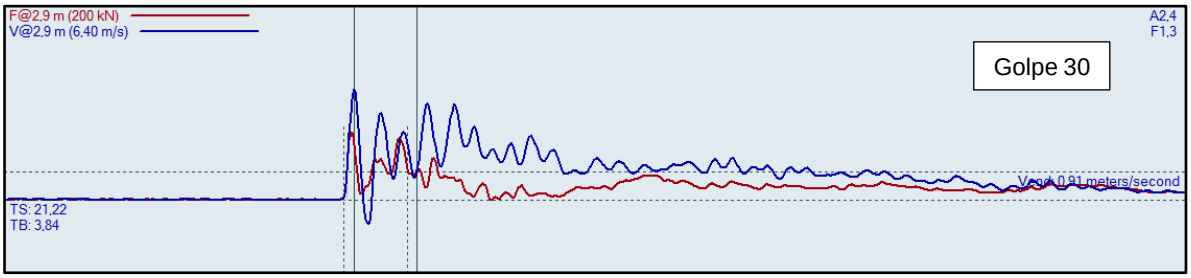

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 25
Vend: 0,91 meters/second
TS: 21,22
TB: 3,84

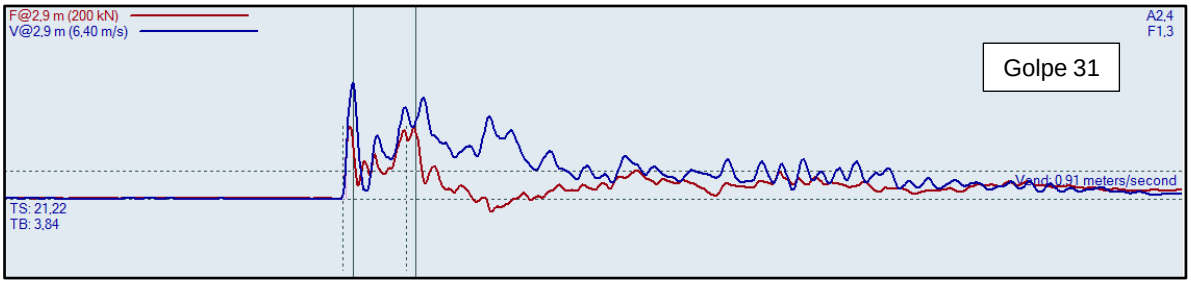

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 26
Vend: 0,91 meters/second
TS: 21,22
TB: 3,84

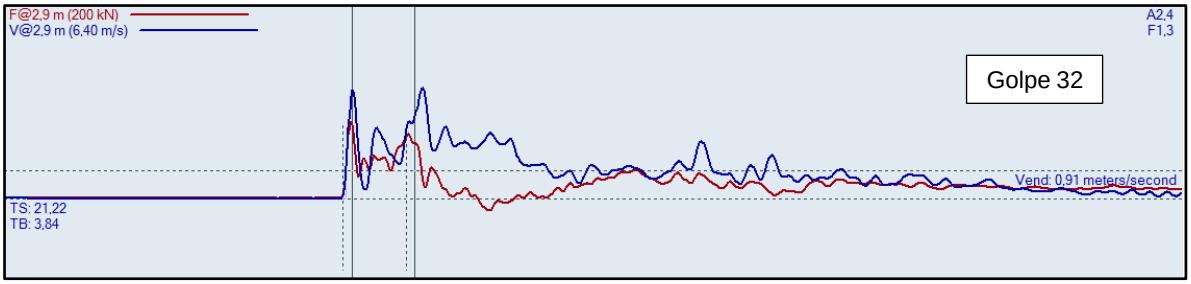

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 27
Vend 0,91 meters/second
TS: 21,22
TB: 3,84

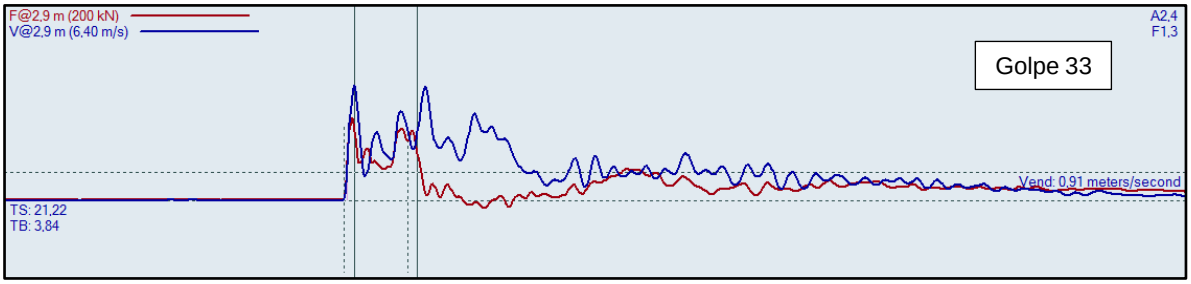

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 28
Vend 0,91 meters/second
TS: 21,22
TB: 3,84


F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 29
Vend 0,91 meters/second
TS: 21,22
TB: 3,84

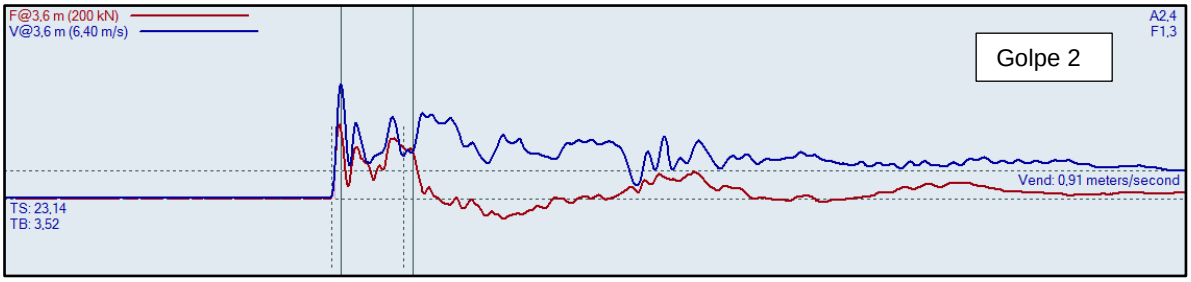

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 30
Vend 0,91 meters/second
TS: 21,22
TB: 3,84

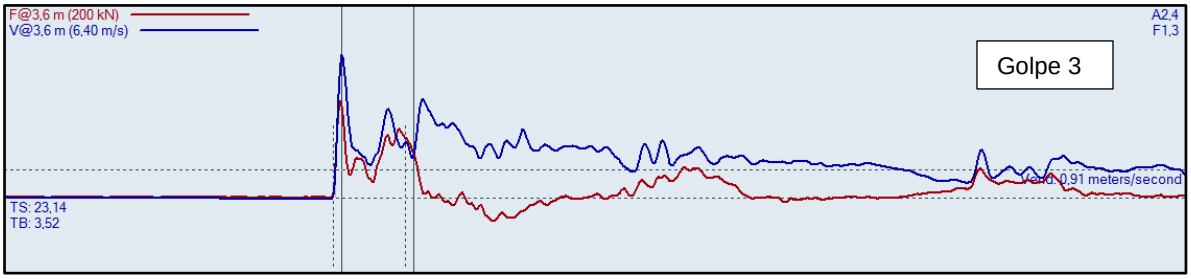

F@2,9 m (200 kN)
V@2,9 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 31
Vend 0,91 meters/second
TS: 21,22
TB: 3,84

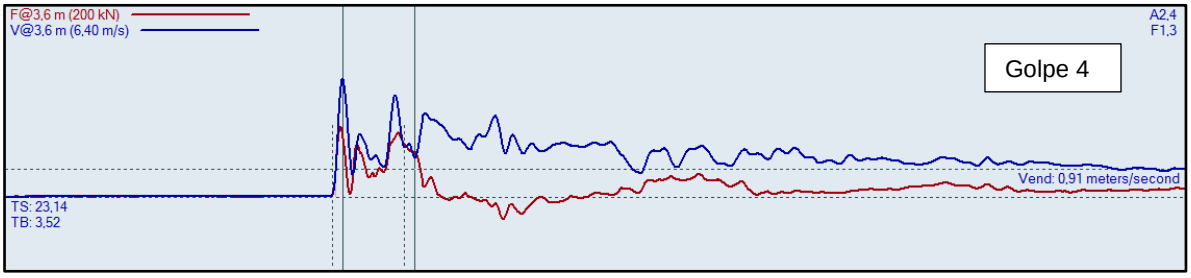


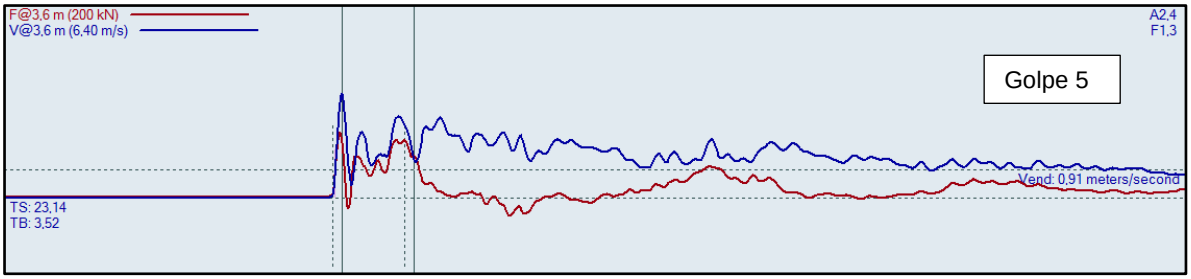


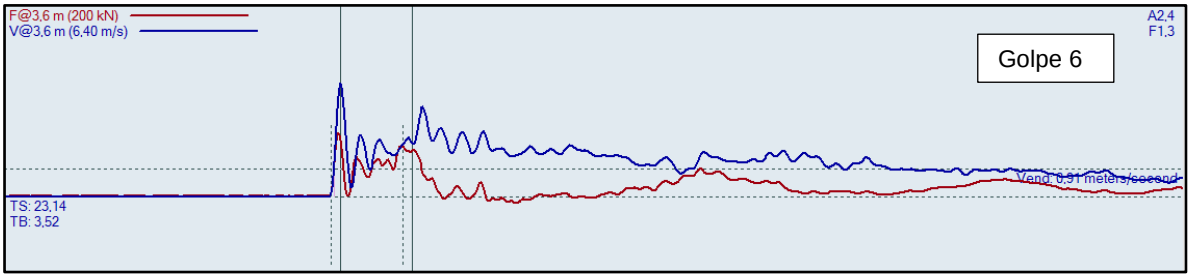
Profundidad 2.55 – 3.00

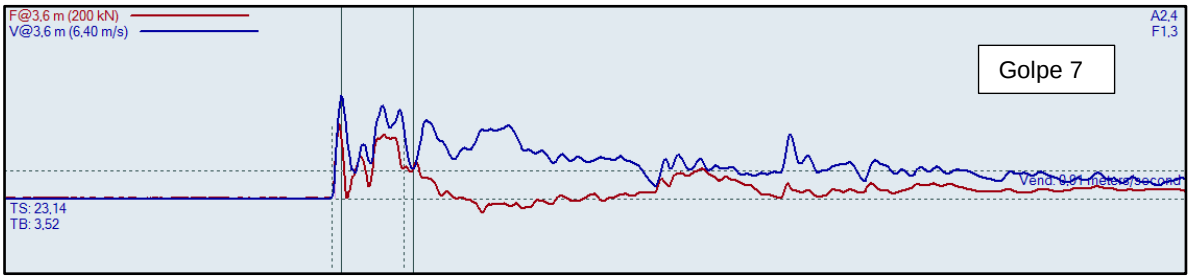


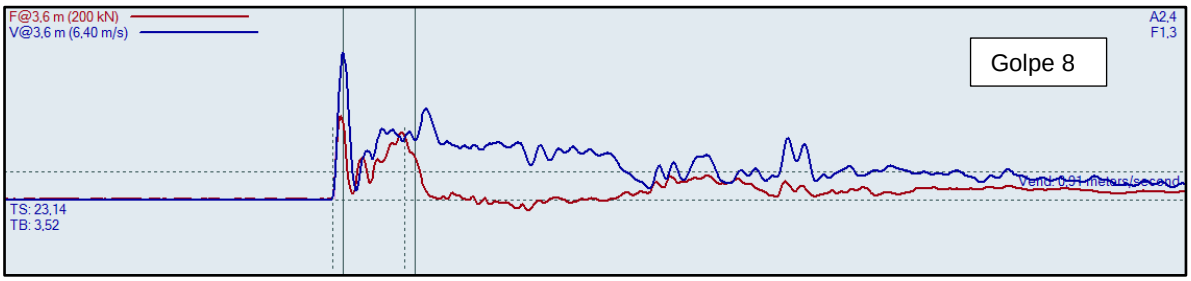


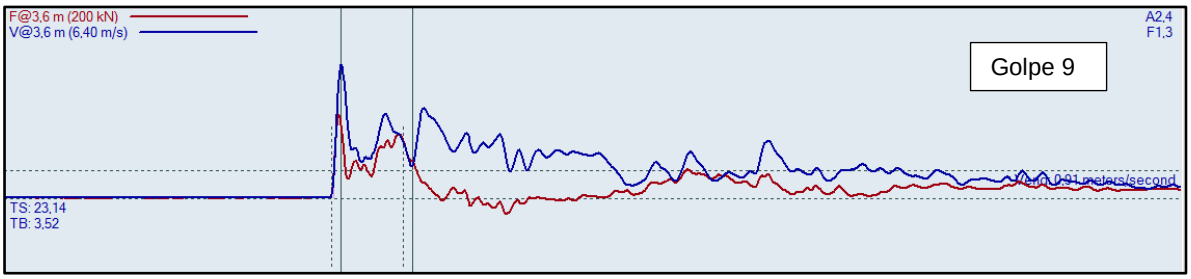


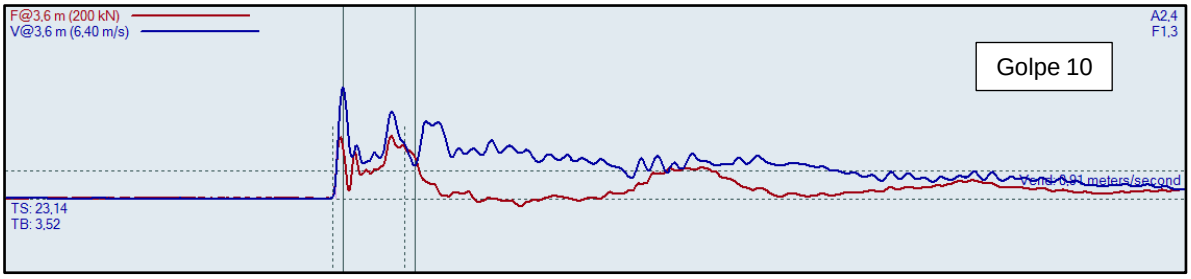

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 5
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

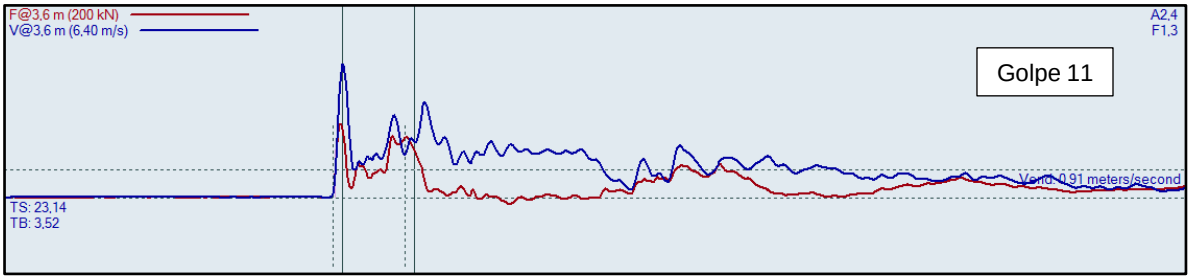

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 6
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

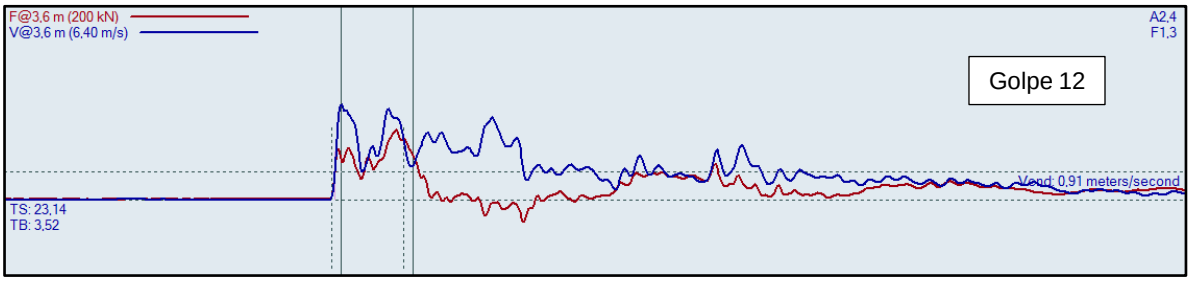

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 7
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

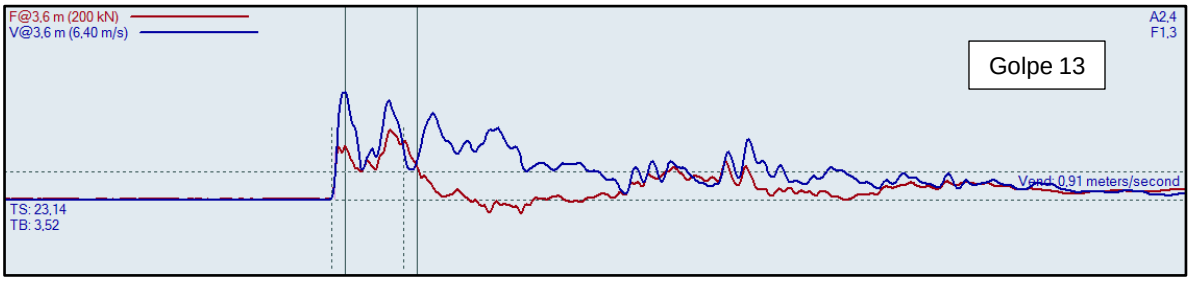

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 8
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

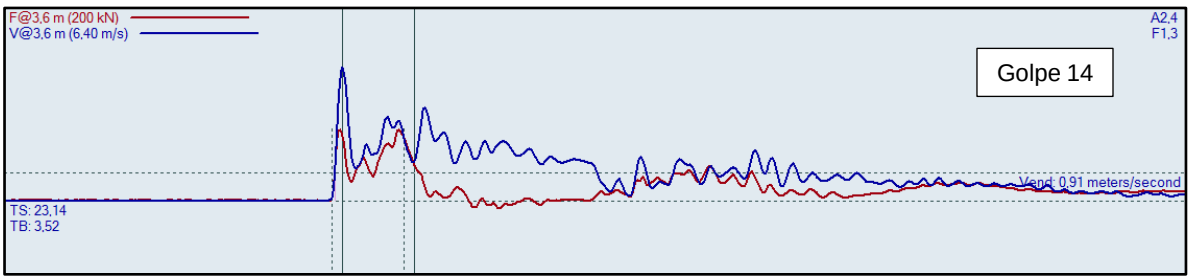

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 9
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

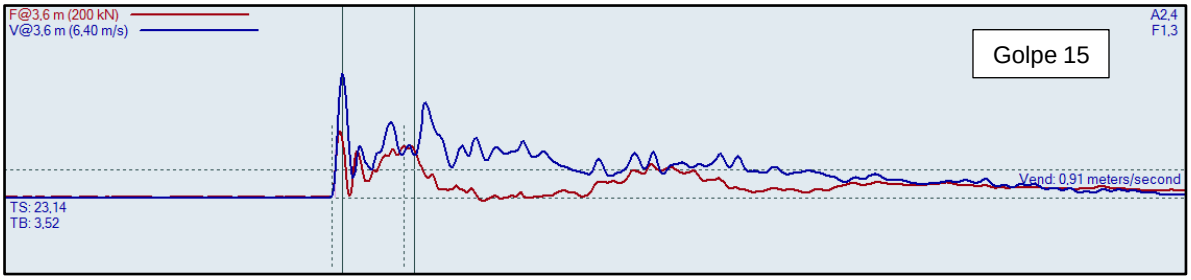

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 10
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

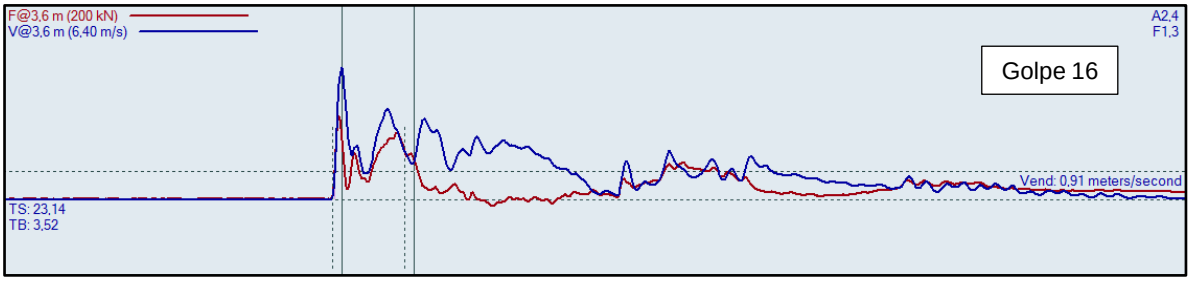

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 11
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

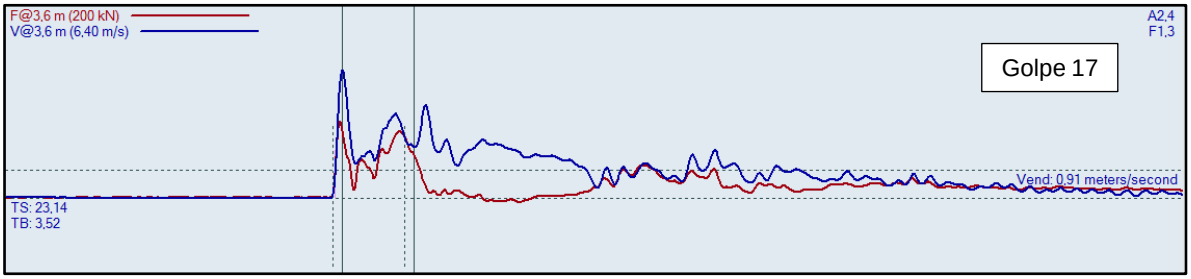

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 12
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

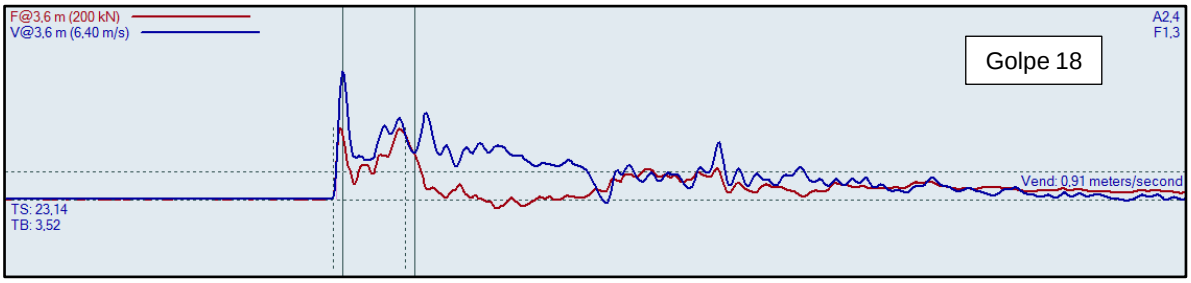

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 13
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

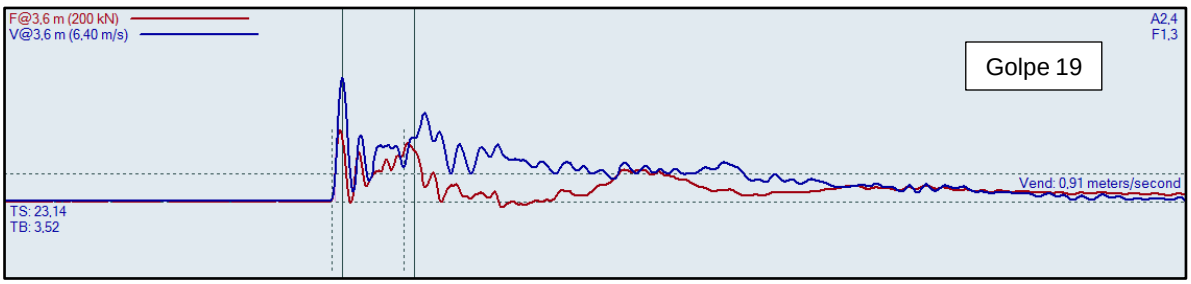

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 14
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

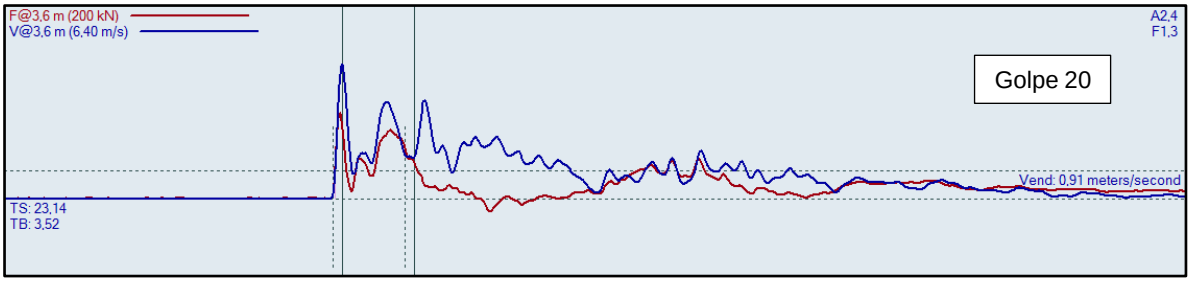

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 15
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

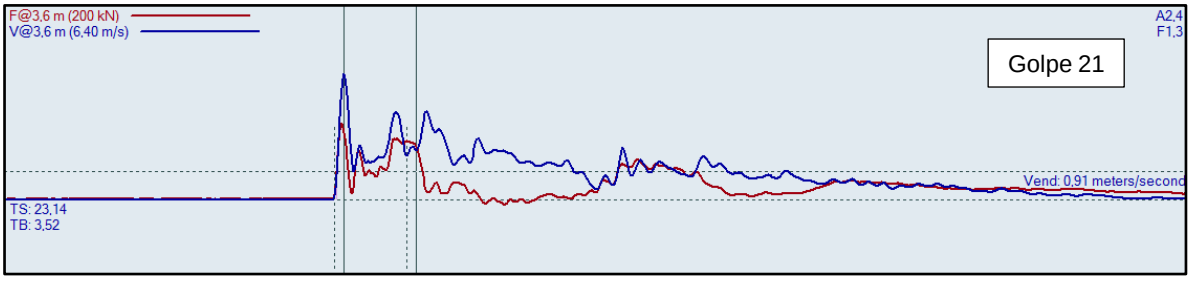

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 16
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

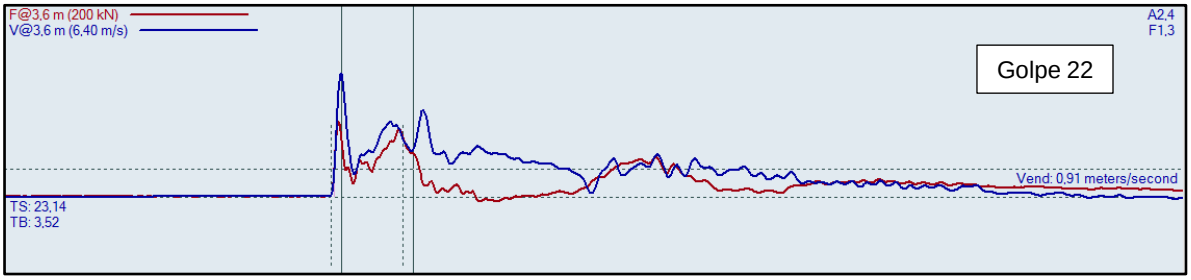

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 17
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

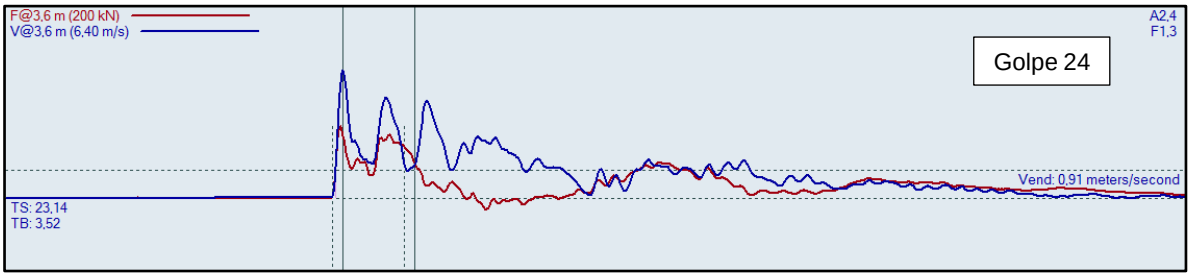

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 18
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

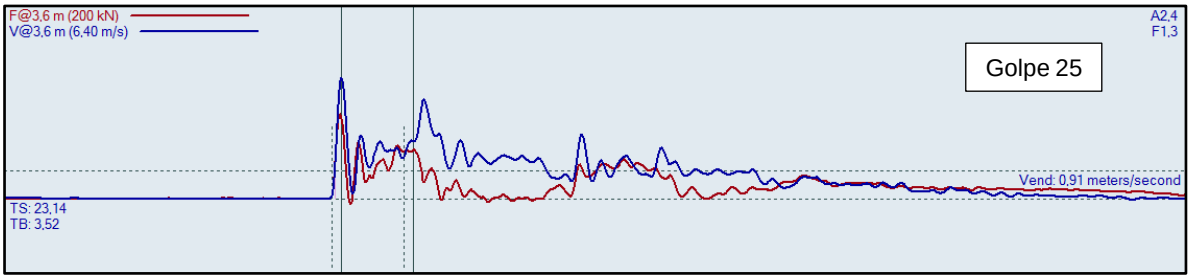

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 19
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

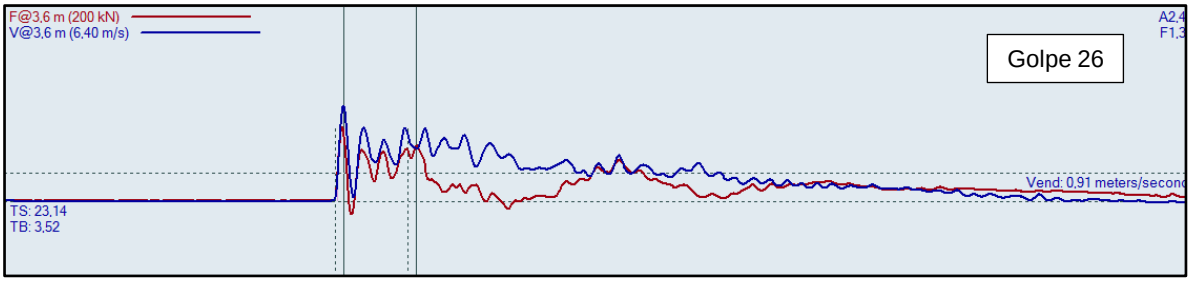

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 20
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

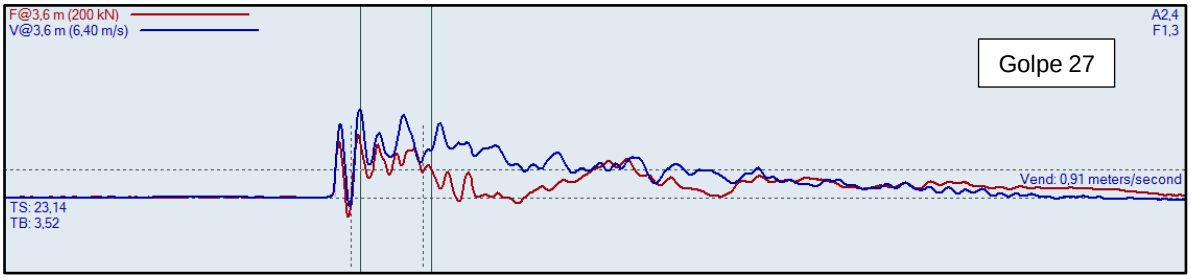

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 21
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

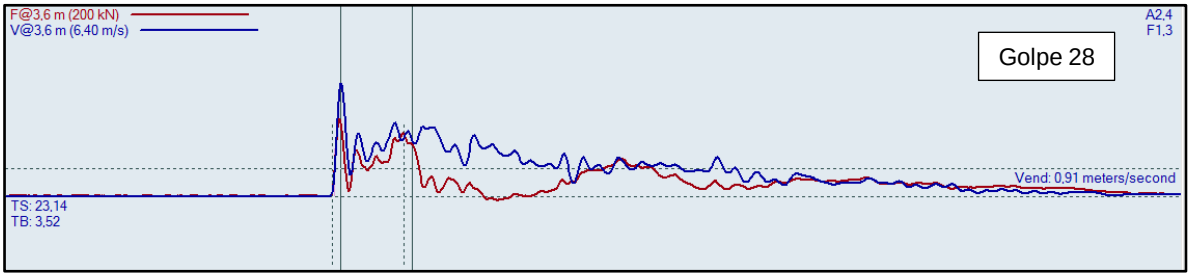

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 22
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

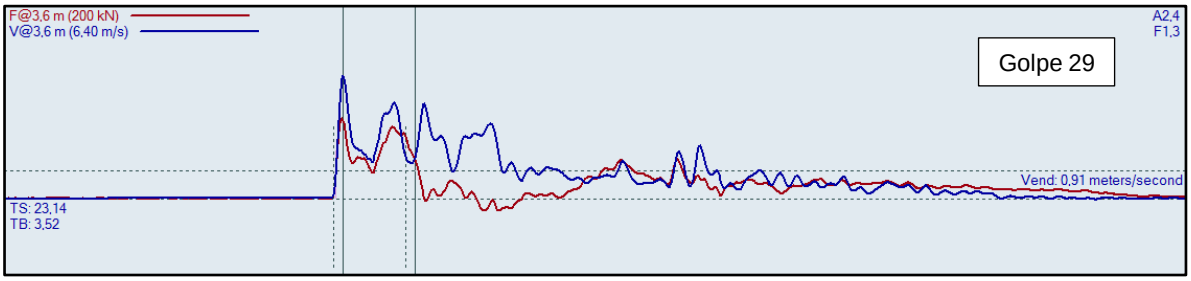

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 24
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

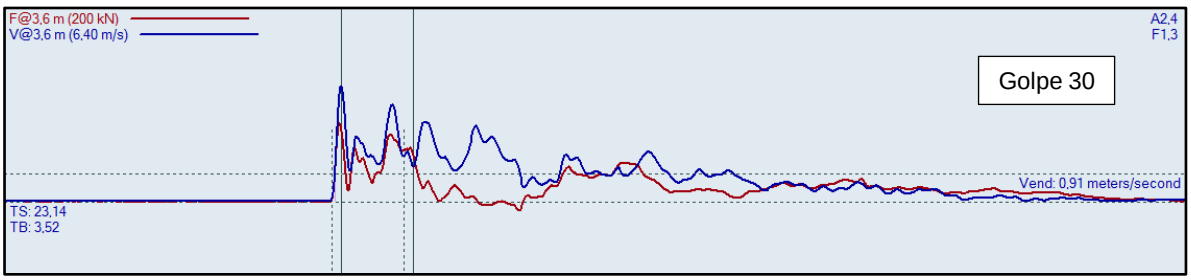

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 25
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

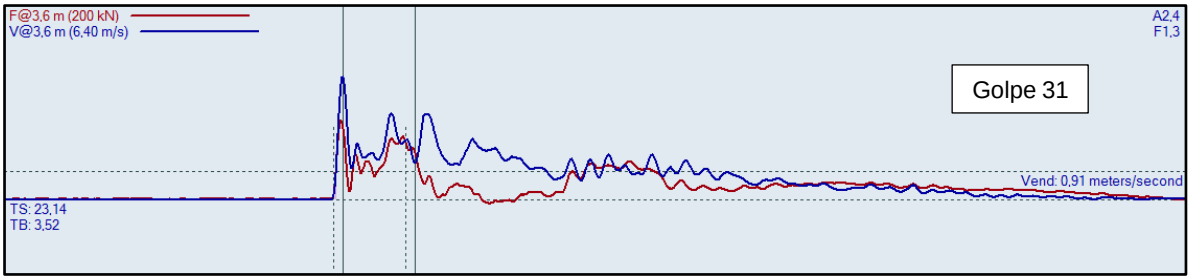

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 26
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

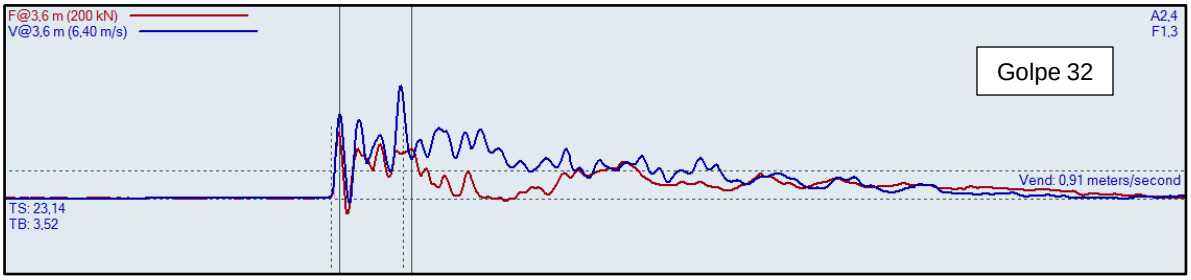

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 27
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

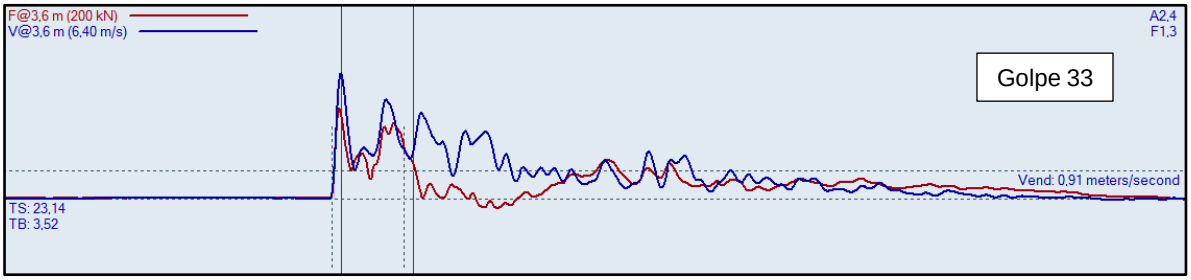

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 28
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

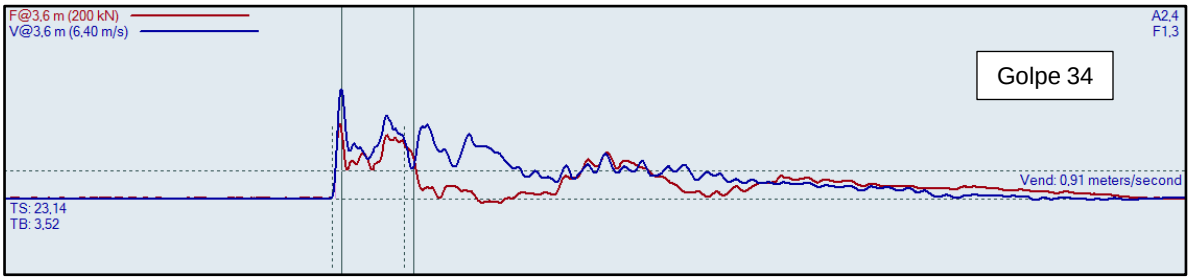

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 29
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

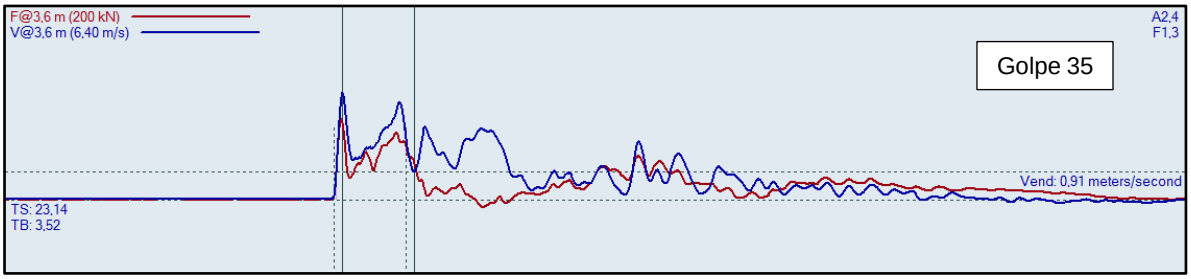

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 30
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

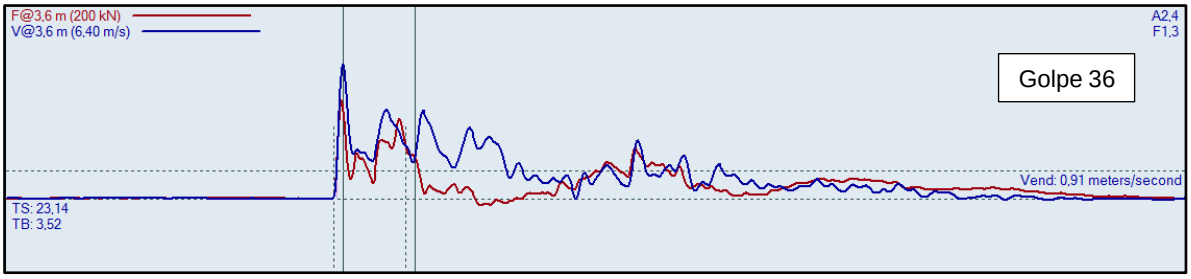

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 31
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

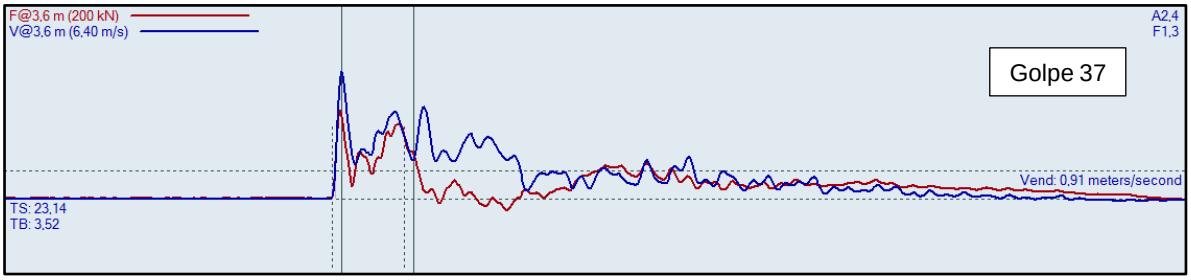

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 32
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

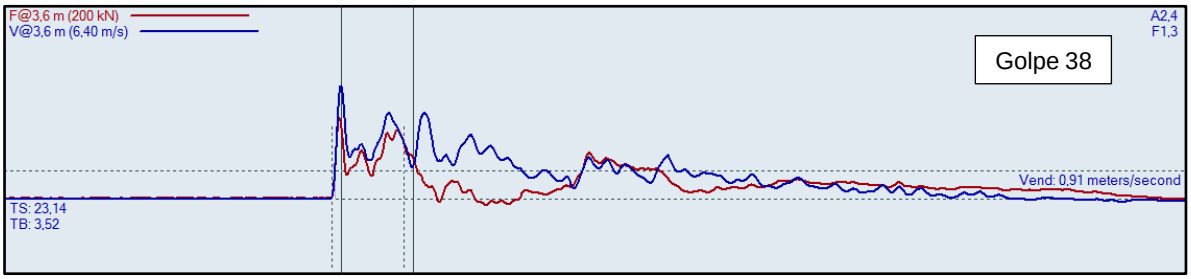

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 33
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52


F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 34
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

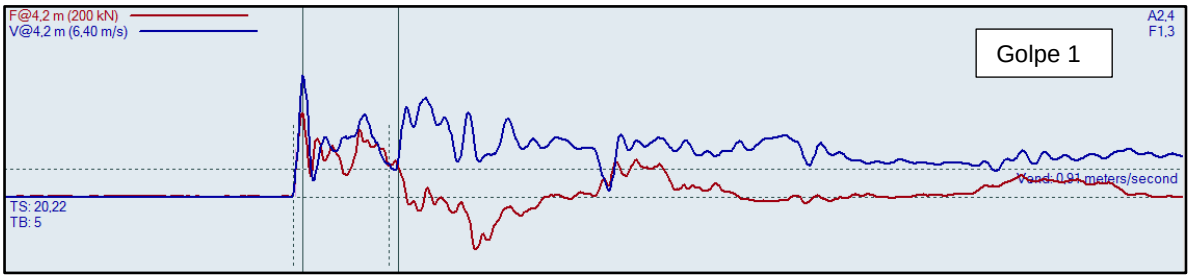

F@3,6 m (200 kN)
V@3,6 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 35
Vend: 0,91 meters/second
TS: 23,14
TB: 3,52

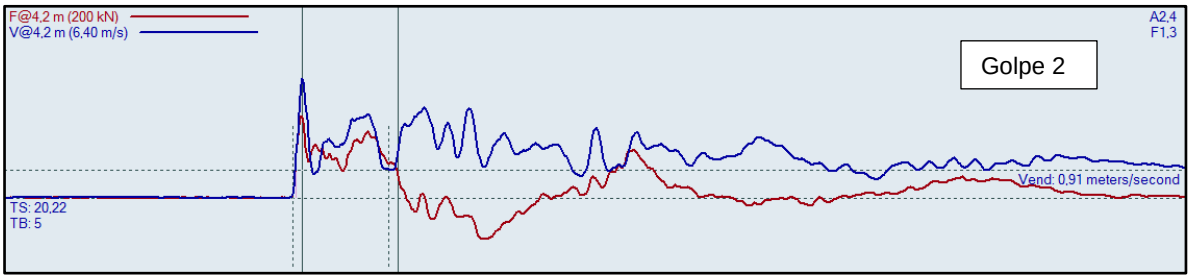


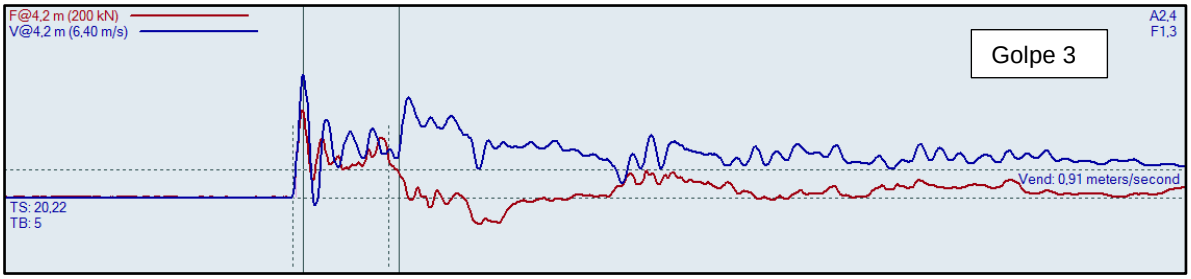


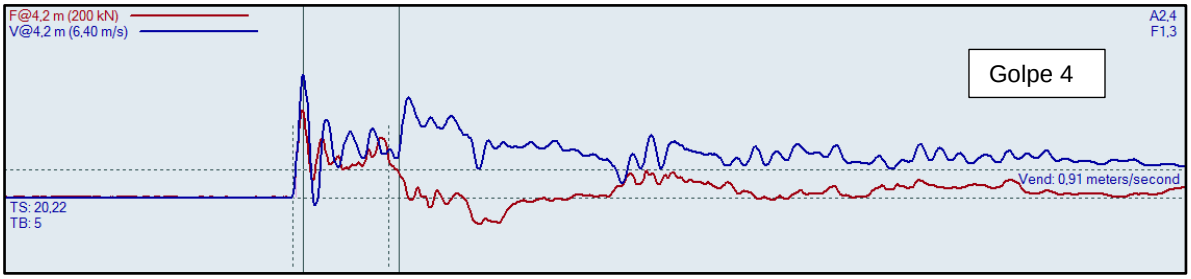


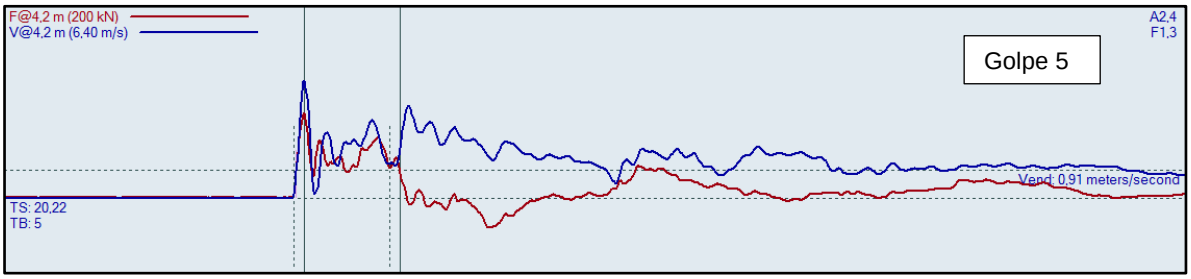
Profundidad 3.00 – 3.45

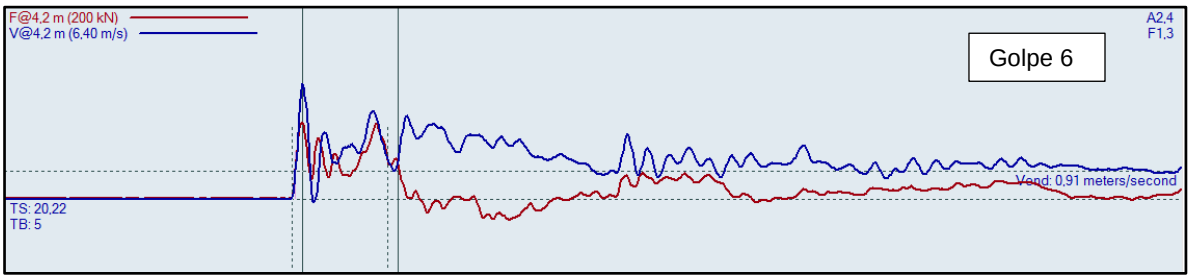


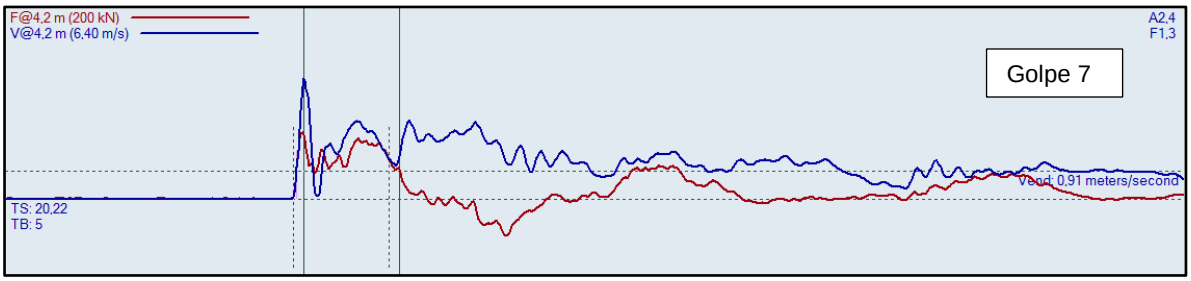


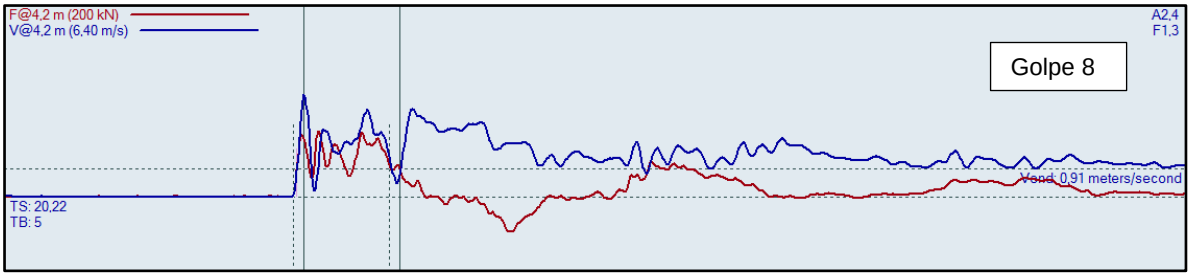

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 3
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5

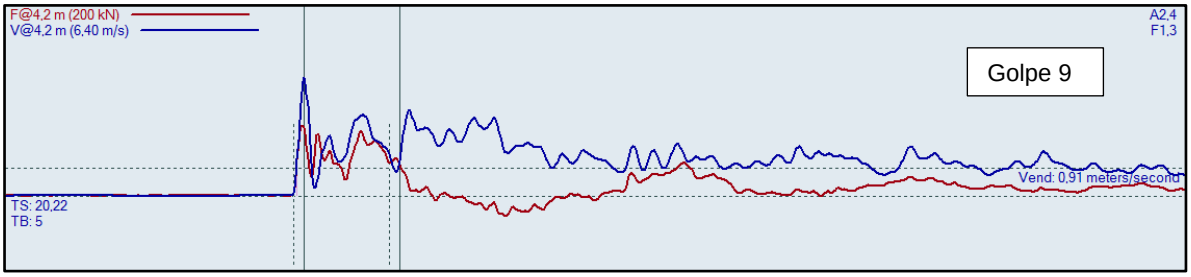

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 4
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5

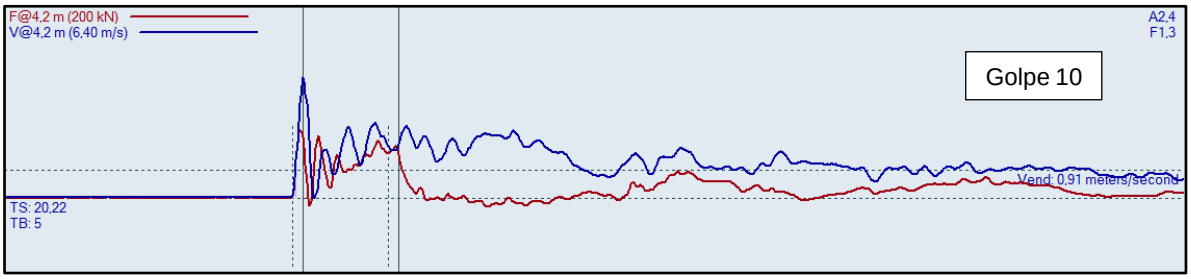

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 5
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5

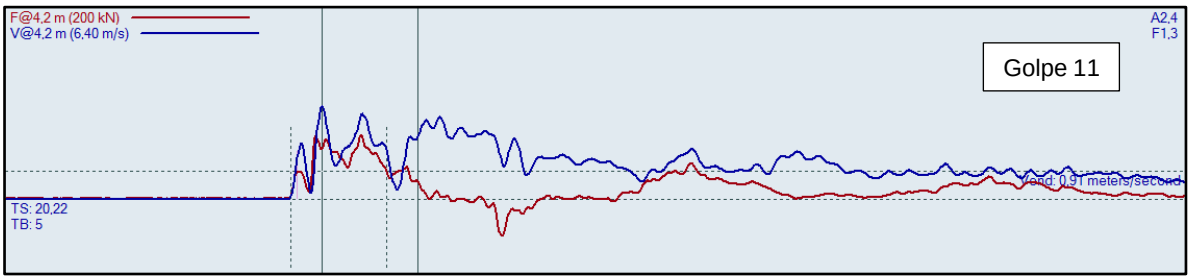

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 6
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5

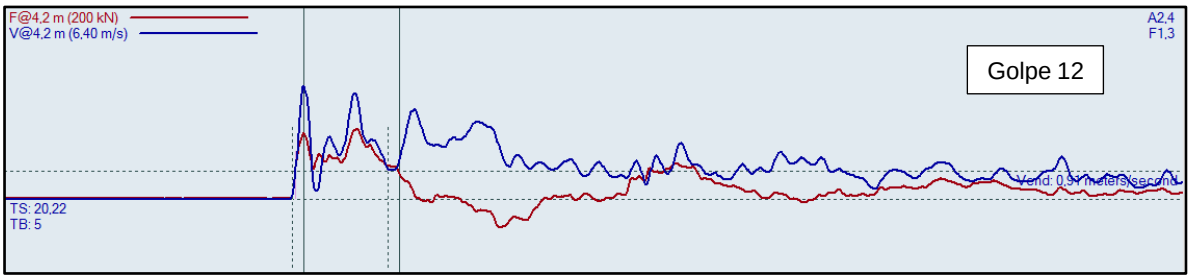

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 7
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5

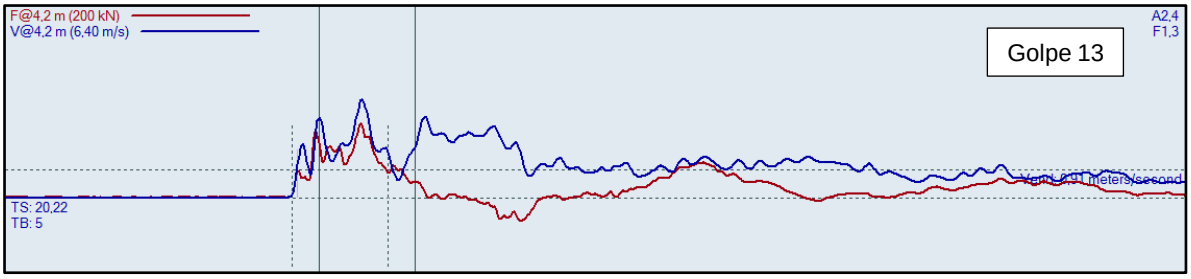

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 8
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5

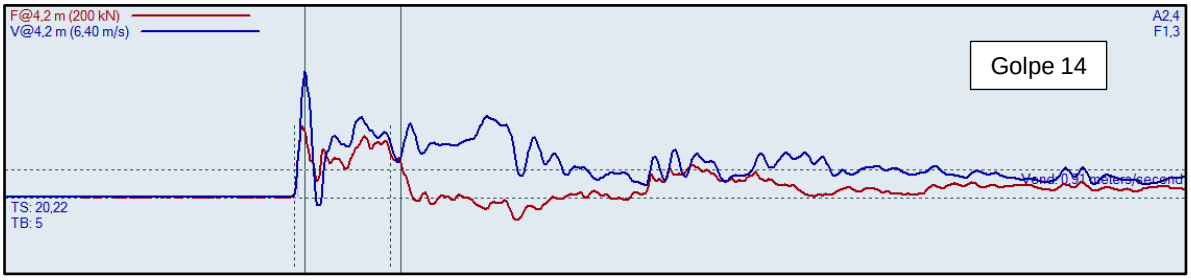

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 9
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5

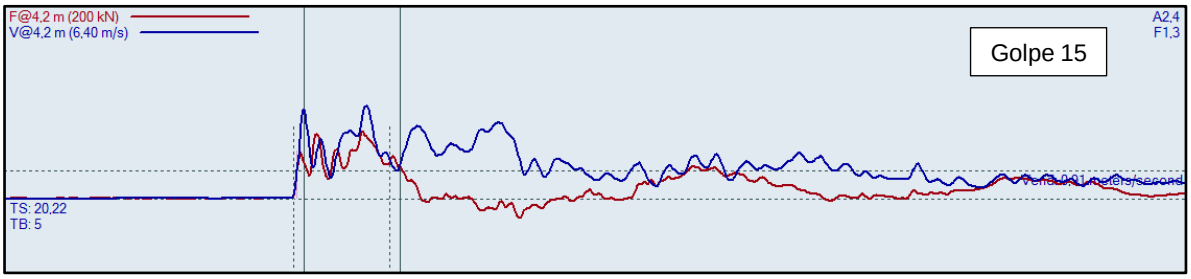

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 10
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5

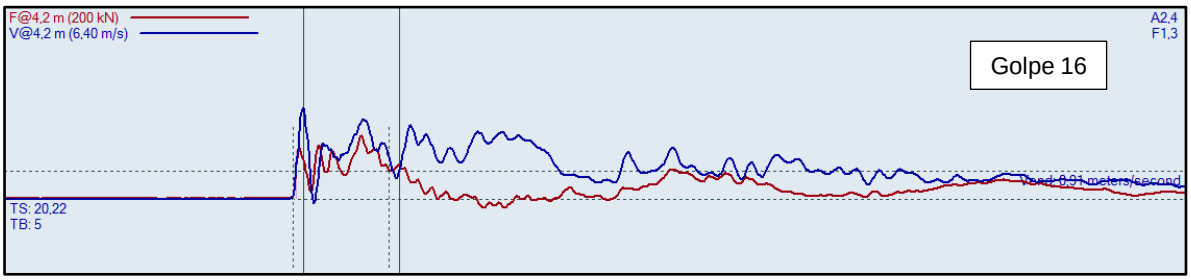

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 11
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5

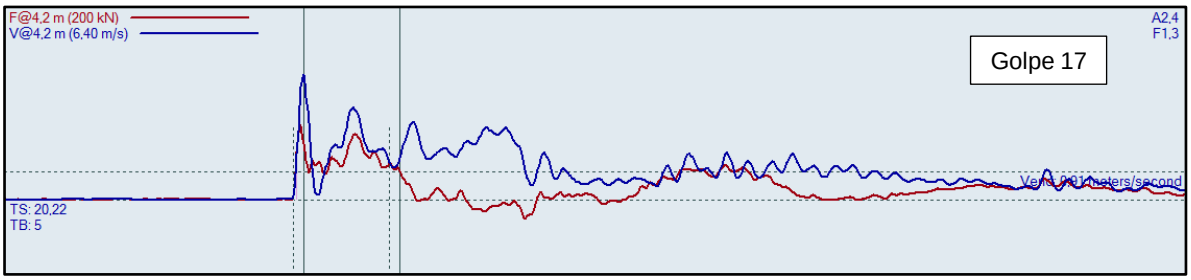

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 12
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5

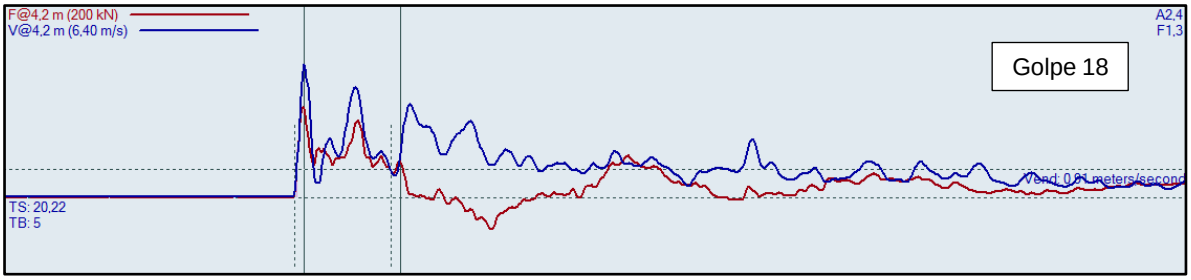

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 13
TS: 20,22
TB: 5

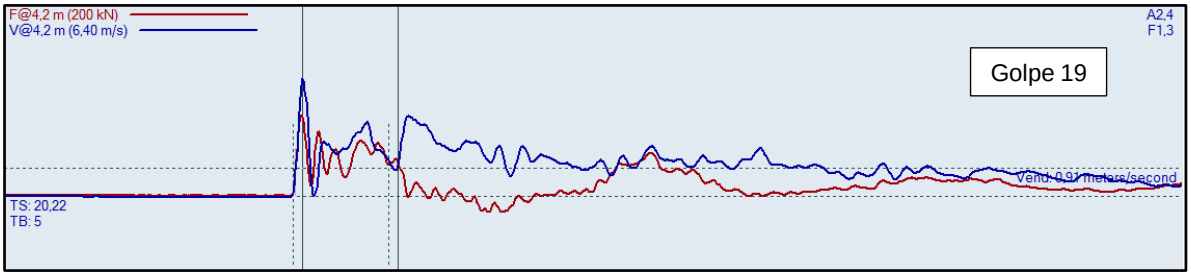

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 14
TS: 20,22
TB: 5

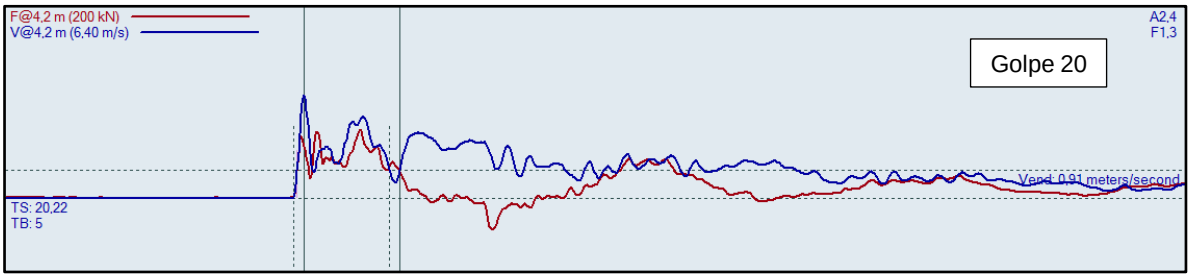

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 15
TS: 20,22
TB: 5

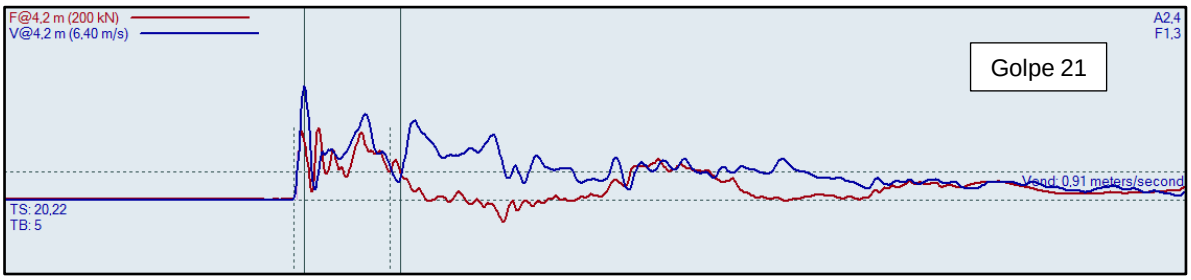

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 16
TS: 20,22
TB: 5

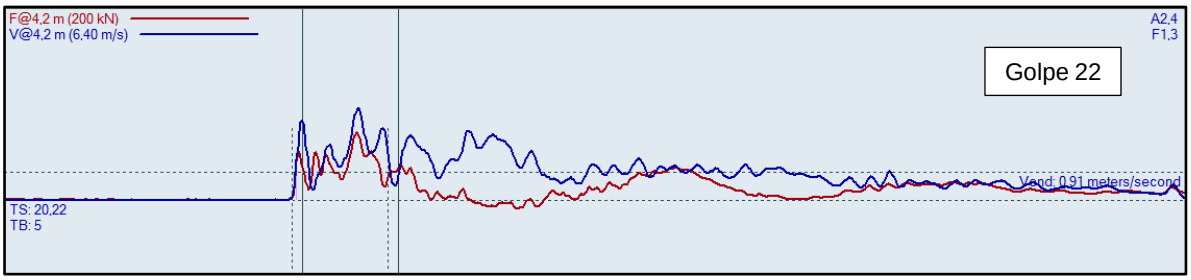

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 17
TS: 20,22
TB: 5

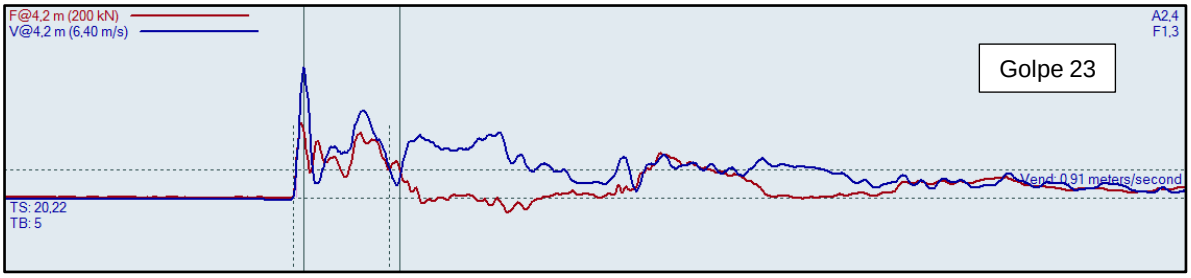

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 18
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5

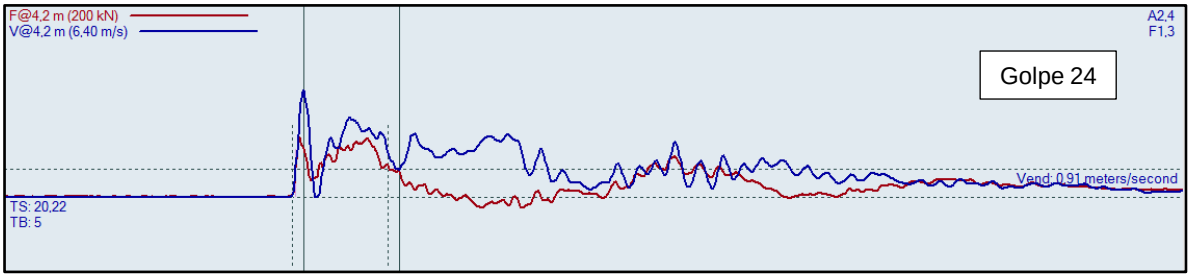

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 19
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5

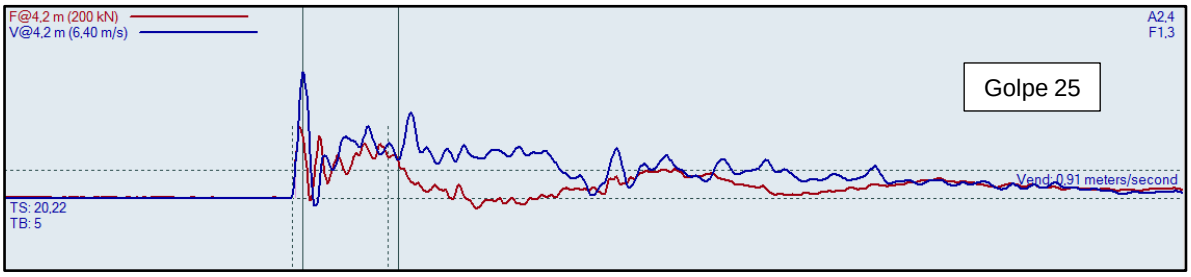

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 20
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5

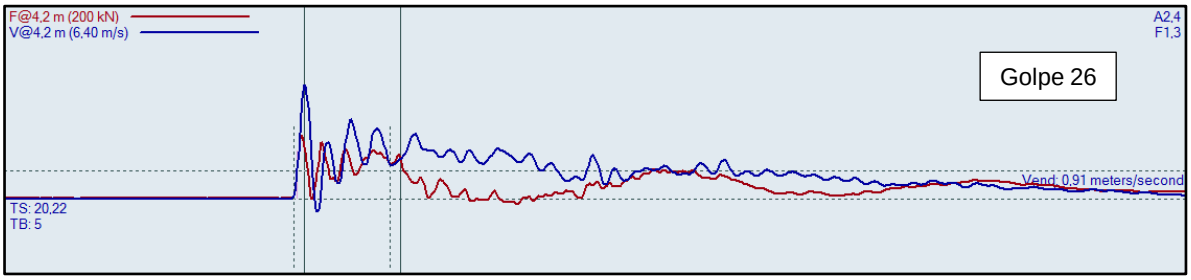

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 21
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5

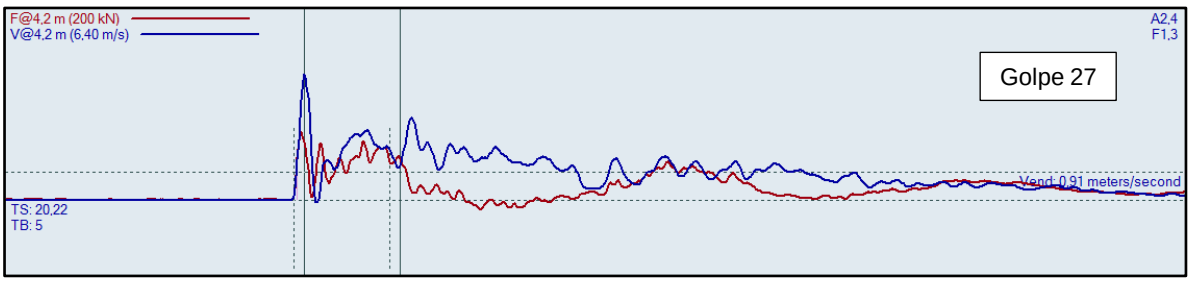

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 22
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5

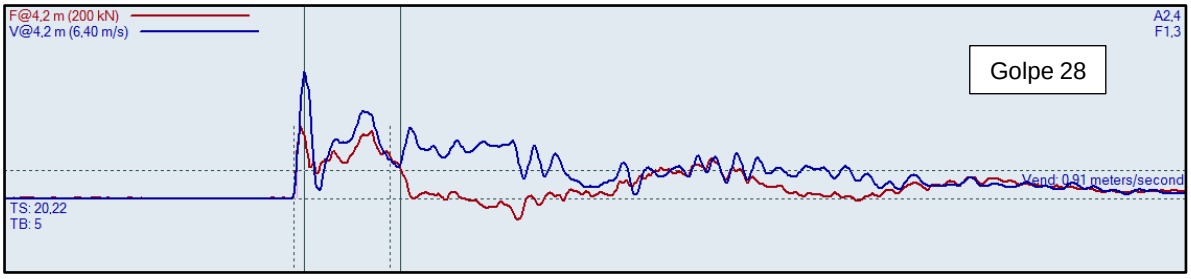

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 23
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5

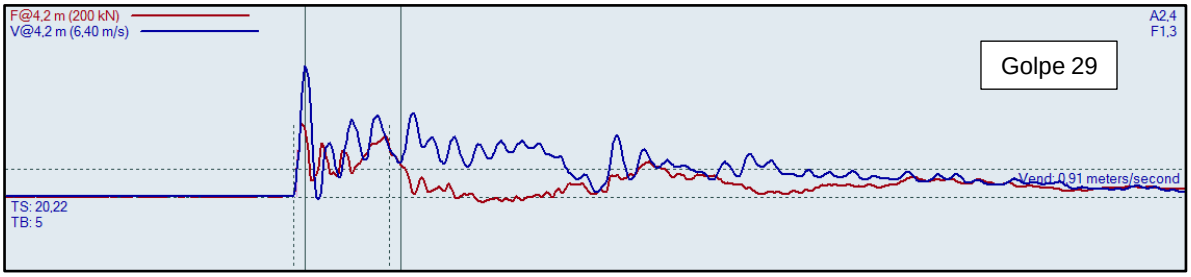

F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 24
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5


F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 25
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5


F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 26
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5


F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 27
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5


F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 28
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5


F@4,2 m (200 kN)
V@4,2 m (6,40 m/s)
A2,4
F1,3
Golpe 29
Vend: 0,91 meters/second
TS: 20,22
TB: 5

Anexos Capítulo V

Longitudes de recuperación de muestras de calibración Máquina Acker

Anexo 1. Muestras obtenidas de calibración máquina Acker - Sondeo 1



Anexo 2. Muestras obtenidas de calibración máquina Acker - Sondeo 2



Longitudes de recuperación de muestras de calibración Máquina Longyear 1

Anexo 3. Muestras obtenidas de calibración máquina Longyear 1



Longitudes de recuperación de muestras de calibración de Máquina Longyear 2

Anexo 4. Muestras obtenidas de calibración máquina Longyear 2.



Longitudes de recuperación de muestras de calibración del Equipo Manual

Anexo 5. Muestras obtenidas de calibración de Equipo Manual.

