UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

DETERMINACIÓN DE VALORES DE REFERENCIA DE LOS ESTUDIOS DE NEUROCONDUCCIÓN EN NIÑOS MEDIANTE EL MÉTODO E-NORM

DIEGO ALEJANDRO PAVA OCHOA
DAVID ANDRES VILLA ROSERO

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Departamento de Medicina Física y Rehabilitación
Bogotá, Colombia
2019

DETERMINACIÓN DE VALORES DE REFERENCIA DE LOS ESTUDIOS DE NEUROCONDUCCIÓN EN NIÑOS MEDIANTE EL MÉTODO E-NORM

DIEGO ALEJANDRO PAVA OCHOA
DAVID ANDRES VILLA ROSERO

Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Especialista en Medicina Física y Rehabilitación

Director:

Doctor Fernando Ortiz Corredor

Codirector:

Doctor Edicson Ruiz

Línea de Investigación:

Electrodiagnostico en Pediatria - Colciencias

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina, Departamento de Medicina Física y Rehabilitación

Bogotá, Colombia

2019

Agradecimientos

Al Dr Joe F. Jabre, Profesor de Neurología en David Geffen School of Medicine en la UCLA por su colaboración y asesoría con las dudas respecto al método.

Al Doctor Fernando Ortiz, director del departamento de Medicina Física y Rehabilitación y director del trabajo de grado, por sus consejos y asesoría durante la realización del proyecto.

Resumen

Introducción: Las enfermedades neuromusculares en niños causan discapacidad y alta carga al sistema de salud. Las neuroconducciones constituyen una herramienta valiosa en su estudio y se interpretan con valores de referencia específicos según la edad. En Colombia, no existen estudios al respecto y a nivel mundial son escasos por la dificultad de obtener muestras con sujetos pediátricos sanos. El método E-norm es una alternativa válida, donde a partir de una muestra heterogénea (sanos y enfermos); se ordenan los datos para discriminar los valores de normalidad.

Objetivo: Determinar los valores de referencia de neuroconducciones de nervios mediano, ulnar, tibial, sural y peroneo en pacientes menores de 18 años de un Hospital de referencia en Bogotá, mediante el método E-norm.

Metodología: Estudio descriptivo con análisis retrospectivo de datos, a partir de estudios de electrofisiología desde 2007 a 2019; subdivididos en grupos etarios; a los cuales se aplicó el método E-norm para cada nervio.

Resultados: Se analizaron 1088 registros de pacientes con edades entre 1 mes y 18 años; se presentan latencias, amplitudes y velocidades de conducción nerviosa para cada nervio. Se observó un aumento esperado con la edad de forma global y comparable con otros estudios.

Discusión: Constituye la primera aproximación a los valores normales en población pediátrica colombiana y una de las más grandes cohortes a nivel mundial, con resultados similares y comparables.

Conclusión: Se obtuvieron valores de normalidad de neuroconducciones en población pediátrica a partir de una muestra significativa de pacientes, mediante la aplicación de un método novedoso y confiable.

Palabras clave: (E-Norms, Neuroconducciones, Valores de Referencia, Enfermedades Neuromusculares, Niños).

Abstract

Introduction: Neuromuscular diseases in children cause disability and high burden on the health system. Nerve conductions are a valuable tool in their study and are interpreted with specific reference values according to age. In Colombia, there are no studies in this regard and worldwide they are scarce due to the difficulty of obtaining samples with healthy pediatric subjects. The E-norm method is a valid alternative, where from a heterogeneous sample (healthy and sick); Data is sorted to discriminate normal values.

Objective: To determine the reference values of nerve conductions of the median, ulnar, tibial, sural and peroneal nerves in patients under 18 years of age of a reference hospital in Bogotá, using the E-norm method.

Methodology: Descriptive study with retrospective data analysis, based on electrophysiology studies from 2007 to 2019; subdivided into age groups; E-norm method was applied for each nerve.

Results: 1088 records of patients aged between 1 month and 18 years were analyzed; latencies, amplitudes and nerve conduction velocities are presented for each nerve. An expected increase with age was observed globally and comparable with other studies.

Discussion: It´s the first approximation to normal values in the Colombian pediatric population and one of the largest cohorts worldwide, with similar and comparable results.

Conclusion: Normal values of nerve conductions in pediatric population were obtained from a significant sample of patients, by applying a novel and reliable method.

Keywords: (E-Norms, Nerve Conductions, Reference Values, Neuromuscular Diseases, Children)

Contenido

Pág.

1. Introducción……..……..……...……....7

2. Marco teórico…….…….…….…8

2.1 Neuroconducciones en población pediátrica……...….8

2.2 Importancia de los valores normativos en neuroconducciones……...10

2.3 Obtención de valores normales y método E-norm…….....11

3. Objetivos……..……..……..14

3.1 Objetivo general……..……14

3.2 Objetivos específicos……..14

4. Justificación del problema……....15

5. Metodología…….……..……..16

5.1 Tipo de estudio……16

5.2 Enfoque del estudio……16

5.3 Población universo……..17

5.4 Criterios de inclusión……..17

5.5. Criterios de exclusión……...……..……17

5.6 Técnicas de recolección de datos……17

5.7 Aspectos a valorar en pacientes……..17

5.8 Procedimientos para la recolección de datos……..……..18

6. Resultados……22

7. Discusión……24

7.1 Aspectos generales……24

7.2 Análisis y comparación de resultados……24

7.3 Aspectos técnicos……...26

7.4 Fortalezas del estudio……..…26

8. Limitaciones……..……...28

9. Conclusiones……..……30

10. Consideraciones éticas……..……...31

11. Conflicto de intereses……..…….....33

13. Bibliografía.……..……34

A. Anexo A (Tablas de resultados)……..……...……..….…….36

Tabla 1. Valores normales de neuroconducciones en población pediátrica obtenida mediante el método E-norm……..……36

Figura 1. Cambio en la morfología de la curva obtenida mediante el método E-norm posterior a transformación logarítmica de nervio sural en grupo de 48 a 95m (Tomado de Enorms.com)……39

Tabla 2. Valores normales de neuroconducciones en población entre 12 y 48 meses obtenida mediante el método E-norm…….……40

Tabla 3. Valores normales de neuroconducciones en población sana entre 0 y 11 meses…….…….…….42

B. Anexo B (Graficas de método E-Norm)……..……..44

1.Graficas de E-norm de grupos principales……44

1.1 Grupo etario 12 a 47m…..……..……...……44

1.2 Grupo etario 48 a 95m…….……..56

1.3 Grupo etario 96 a 155m……67

1.4 Grupo etario 156 a 216m……77

2.Graficas de E-norm por subgrupos etarios……87

2.1 Subgrupo etario 12 a 24m……87

2.2 Subgrupo etario 24 a 35m……92

2.3 Subgrupo etario 36 a 47m……..103

1. Introducción

Los estudios de neuroconducciones son ampliamente solicitados en la población pediátrica como medida complementaria al examen clínico de pacientes con sospecha de enfermedad neuromuscular[1,2]. Para su interpretación precisa se requiere además de la correlación clínica, de valores de referencia que permitan determinar una patología o condición especifica[1]. No existen unos valores de referencia en lo referente a estudios de conducción nerviosa en la población pediátrica colombiana, y existen pocos estudios publicados a nivel mundial. Lo anterior debido a la incomodidad que implica el estudio y los alcances éticos que podría tener[2], además del rigor metodológico y estadístico que conlleva el obtener valores normativos.

Se han desarrollado múltiples formas de obtener valores normativos dentro de las cuales se destaca la metodología E-norm, que permite con una muestra heterogénea, atendida en laboratorios de electrofisiología convencionales y sin requerir que los pacientes sean sanos, la aproximación a valores de referencia particularmente en poblaciones pequeñas o de difícil estudio[2].

En Colombia contamos con datos normativos para la población adulta[3,12]; sin embargo no contamos con estudios previos para la población pediátrica y en la práctica diaria nuestros estudios de neuroconducciones se basan en resultados de otras publicaciones a nivel mundial.

Por lo anterior surge la siguiente pregunta de investigación:

- Cuáles son los valores de referencia de neuroconducciones motoras y sensitivas de nervios periféricos seleccionados en un grupo de población pediátrica menor de 18 años en un hospital de referencia en Bogotá?

2. Marco teórico

2.1 Neuroconducciones en población pediátrica.

Existe un déficit de estudios acerca de valores normales de neuroconducciones en la población pediátrica. En el estudio de Lang y cols, publicado en 1985 se evaluaron 129 pacientes entre los 3 y los 19 años, definiendo valores de normalidad diferenciados por sexo para los nervios motores mediano y peroneo, y sensitivos radial, sural y peroneo superficial, sin embargo no se discriminan sus valores por grupos etareos[5]. En el estudio de García y cols, se reclutaron 92 pacientes entre la primera semana de nacimiento y los 6 años de edad, obteniendo valores de latencia motora distal, amplitudes, velocidades de conducción y latencia de ondas F para los nervios motores mediano, ulnar, peroneo y tibial; para los nervios sensitivos mediano y tibial se obtuvieron velocidad de conducción sensitiva y amplitudes. El estudio conto con menos de 20 pacientes por grupo etario evaluado[6].

En el estudio de Hyllienmark y cols se evaluaron 128 pacientes sanos, entre los 6 y 20 años, obteniendo valores de referencia para neuroconducciones motoras de nervios mediano y peroneo, y sensitivas de nervios mediano y sural. Hubo correlaciones estadísticamente significativas entre la altura y los valores de latencias motoras y velocidades de conducción; sin embargo, solo se obtuvieron 8 pacientes por grupo etario[7]. Estos hallazgos ya habían sido descritos en población adulta[8]. En un estudio publicado por Cai y cols en 1997, estudiaron 168 individuos sanos originarios de China entre las 24 horas y 30 años de edad, describiendo valores de referencia para nervios mediano, cubital, peroneo, tibial y sural, y sus variaciones respecto a los valores de referencia de la población adulta[9]. Encontraron como hallazgos significativos que las velocidades de conducción motora, sensitiva y respuestas tardías en neonatos estaban entre el 40 a 50% menor de las encontradas en adultos. Además, las velocidades de conducción sensitivas y las respuestas tardías alcanzan los valores normales de manera más temprana en miembros inferiores (a los 6 años) que en miembros superiores (entre los 6 a los 14 años). Por cada grupo etario contaron con aproximadamente 20 pacientes[9].

El estudio más grande publicado hasta el momento es el de Conor y cols[10], donde se aplicó estadística descriptiva a una cohorte de 1918 neuroconducciones normales de 1849 pacientes recolectados retrospectivamente en un periodo de 20 años. Se recolectaron

valores de referencia para los nervios mediano, cubital, tibial, peroneo, plantar medial y sural, dividiéndolos en grupos etareos. El número de pacientes menores de un año fue reducido.

En neonatos, Dubowitz y cols publicaron una serie de casos de 39 niños nacidos entre las 28 y 42 semanas de gestación, con el objetivo de identificar un parámetro objetivo para la valoración de la edad gestacional en pacientes pretérminos. Se encontró una correlación entre la velocidad de conducción registrada y la edad gestacional[10]. Como hallazgo llamativo documentaron una disminución de la velocidad de conducción de los pacientes pretérmino evaluados a las 40 semanas respecto a la velocidad de conducción obtenida de pacientes nacidos a término a las 40 semanas. Es de los estudios con mayor cantidad de pacientes en este grupo etario[11].

Para los infantes nacidos a término, la maduración del sistema nervioso repercute en los valores de conducción nerviosa, especialmente durante el primer año de vida donde se da de forma más rápida. Esto se ha podido reflejar en estudios de electrofisiología, como por ejemplo el desarrollado por Vecchierini-Blineau y colaboradores, acerca del reflejo de Hoffman, obtenido en el músculo sóleo de 105 niños normales desde el nacimiento hasta los 5 años[13]. En este, se logró determinar la latencia y velocidad de conducción sobre el arco reflejo, y los resultados arrojaron una curva exponencial, en donde la velocidad de conducción proximal tuvo valores similares a los del nervio distal, pero su diferencia disminuyó gradualmente con la edad y se mantuvo constante después del décimo octavo mes de vida. Por su parte, la latencia disminuyó entre el nacimiento y el primer año de edad, mientras que la amplitud del potencial aumentó. A partir del primer año, la latencia aumenta lentamente, hasta alcanzar los 5 años, cuando la altura promedio es de 105 cm, alcanzando el valor que tenía justo después del nacimiento[13].

En Colombia se cuenta con estudios de valores de referencia para neuroconducciones en adultos[3,12], sin embargo, no se cuenta con estudios de valores normales en la población pediátrica.

2.2 Importancia de los valores normativos en neuroconducciones

Los estudios de electrodiagnóstico se usan ampliamente en el diagnóstico y seguimiento de trastornos neuromusculares. Decidir si los resultados de las neuroconducciones están dentro de un rango esperado de valores normales, con un nivel estadístico de precisión, es fundamental para concluir un estudio de electrodiagnóstico. Idealmente cada laboratorio de electrofisiología, de acuerdo a sus técnicas empleadas, debe desarrollar sus propios datos de referencia[1]. Sin embargo, es relativamente frecuente que otros laboratorios se basen y confíen en datos de referencia obtenidos de libros de texto o de los laboratorios académicos de enseñanza[1], lo cual disminuye su fiabilidad. Además, en la literatura, se encuentran publicaciones que no cumplen con los estándares estadísticos y metodológicos óptimos, y por tanto hacen difícil que estos valores se puedan extrapolar a otras poblaciones[1]. Es importante tener en cuenta que este tipo de estudios dependen de la habilidad del operador, del equipo e instrumentación, y de las circunstancias en las que se realice la prueba[1].

Un estudio reciente evaluó la confiabilidad intra e interobservador en pacientes con polineuropatía diabética sensitivo-motora. Hubo un 37.5% diferencia en el juicio inter-observador para nervios identificados como normales, que se atribuyó a la variabilidad en el rendimiento de las neuroconducciones y al uso de valores de referencia variados. Esta variabilidad era de suficiente magnitud para ser una preocupación para ensayos terapéuticos. Es entonces donde se hace prioritario una recomendación para mejorar la confiabilidad entre evaluadores en ensayos terapéuticos mediante la estandarización estricta de los procedimientos[1].

La Asociación Americana de Medicina Neuromuscular y Electrodiagnóstico (AANEM) formó el Grupo de trabajo de datos normativos para establecer un conjunto de criterios basados en la evidencia para examinar la literatura publicada al respecto, mediante estándares que determinen la publicación de directrices y parámetros para su práctica[1]. Dichos criterios son[1]:

1. Deben estar publicados durante o después de 1990 y estar escritos o traducidos de otros idiomas al inglés.
2. El tamaño de la muestra debe ser mayor a 100 sujetos.

3. Los criterios de inclusión y exclusión deben ser metodológicamente sólidos y reflejar un verdadero grupo "normal" de individuos asintomáticos.

4. Factores de la prueba: el uso de equipo adecuado, métodos de control de temperatura, técnicas detalladas de cada prueba con colocación de electrodos y distancias entre la estimulación y la grabación, así como la configuración de filtros especificada. Además, los parámetros de visualización de pantalla (milisegundos por división, microvoltios / milivoltios por división).

5. Distribución a lo largo de la edad de las edades > 18 años con un muestreo adecuado de los ancianos

6. El análisis estadístico debe tener en cuenta los efectos de la edad utilizando subconjuntos de muestras o estadística de análisis multivariado. Debe describirse la distribución de datos y los métodos estadísticos apropiados teniendo en cuenta las distribuciones no gaussianas. Los valores de corte se pueden expresar y derivar como percentiles de la distribución (el método preferido). Se debe reportar el porcentaje de sujetos que tienen una respuesta ausente.

7. Los valores de referencia y los puntos de corte para los parámetros obtenidos se deben presentar de forma clara en un formato útil.

En el año 2016, Chen y cols, realizaron una búsqueda bibliográfica exhaustiva de artículos científicos, acerca de neuroconducciones motoras y sensitivas, desde 1990 hasta 2012. Encontraron más de 7500 artículos, encontrando que solo 1 estudio cumplió con todos los criterios de calidad para 10 nervios. Concluyen que la literatura es limitada y estos hallazgos deben ser confirmados por esfuerzos de colaboración más grandes y multicéntricos[4].

2.3 Obtención de valores normales y método e-norm.

La realización de estudios normativos a gran escala requiere mucho tiempo y recursos significativos. Cumplir con un tamaño de muestra de más de 100 sujetos es desalentador, y las fuentes para conseguirlos son limitadas. Muchos estudios se desarrollaron en el contexto de evaluar un trastorno específico y sin sujetos sanos como control. En los datos de muchos estudios no se tomó una distribución gaussiana y los valores de corte se derivaron de la media y desviaciones estándar en lugar de percentiles[4]. Sumado a eso, las directrices de la AANEM fueron diseñadas para estudios con población sana, planteando una dificultad en la recolección de la muestra en población pediátrica[2]. Ante estas limitantes

y la dificultad de reclutar pacientes pediátricos sanos para un estudio no rutinario y potencialmente molesto, se ha propuesto un método estadístico denominado E- norm[2].

El método E-norm fue diseñado por Jabre y cols. y presentado en el congreso mundial de neurofisiología clínica del año 2013. Se trata de un método que permite determinar valores extremos de normalidad en un conjunto de datos a partir de su organización de manera ascendente y su comparación con una pendiente de normalidad. El método permite la obtención de valores de normalidad a partir de información obtenida de registros de pacientes que acuden a centros especializados con sospecha de alguna patología específica. Por lo tanto, ha resultado de utilidad en aquellos grupos de individuos en quienes la adquisición de datos de pacientes sanos es compleja dadas razones éticas o demográficas[2].

Este método inicialmente organiza los datos recolectados de forma ascendente. Posteriormente, se evalúa la diferencia existente entre cada uno de los datos, definiendo un valor de diferencia mínima entre valores sucesivos, el cual es utilizado para graficar una pendiente de normalidad. Al organizar los datos se obtiene una curva en forma de S, con tres segmentos a considerar: el primer segmento ascendente, un segmento medio, con incrementos estables, llamado segmento de meseta, y un tercer segmento ascendente. El rango de valores con la menor diferencia que se sobreponen con la gráfica de pendiente de normalidad son considerados los valores normales, mientras que los valores extremos pueden considerarse como extraños en pacientes sanos o francamente patológicos[2,14].

El rango de valores normales mediante la técnica E-norm ha sido comparado con valores normales obtenidos de manera convencional (pacientes sanos reclutados) para MCD en electromiografía de fibra única estimulada (StimSFEMG) en pacientes adultos[14] y pediátricos[15], siendo resaltada como una alternativa favorable en dicha población.

El método E-norm presenta limitaciones dentro de las cuales están la ausencia de determinación de un mínimo de muestra para la obtención de los datos, aunque según el autor debería usarse una muestra mínima de 100 pacientes[14]. Otra limitación se encuentra en la presunción que el número de valores extremos obtenidos en la muestra no afectan en mayor proporción los valores de normalidad obtenidos con el método E-norm. El autor

ha descrito que se encuentra una disminución en el número de datos en rango de normalidad respecto al total de datos obtenidos. Sin embargo, esto no implica un cambio significativo de los valores extremos de normalidad. Dichas limitaciones se encuentran en estudio[2].

3. Objetivos

3.1. Objetivo general:

Determinar los valores de referencia de neuroconducciones motoras y sensitivas de nervios mediano, ulnar, tibial, sural y peroneo en pacientes menores de 18 años de un Hospital de referencia en Bogotá- Colombia, mediante el método E-norm.

3.2. Objetivos específicos:

- Establecer por rango de edad los valores normales de latencia distal, amplitud distal y velocidad de conducción motora de los nervios mediano, ulnar, peroneo y tibial mediante el método E-norm.
- Establecer por rango de edad los valores normales de latencia al pico y amplitud inicio a pico sensitiva de los nervios mediano, ulnar y sural mediante el método E-norm.
- Comparar los valores normales de neuroconducciones obtenidos respecto a los estudios internacionales publicados.

4. Justificación del problema

Las enfermedades neuromusculares en los niños son entidades que causan discapacidad y generan alta carga al sistema de salud. Un diagnóstico preciso y oportuno es vital para el manejo adecuado de estos pacientes. Los estudios de electrodiagnóstico constituyen una herramienta valiosa en el momento de abordar a estos pacientes. La precisión de los hallazgos obtenidos cobra importancia en la medida en la que se cuente con valores de referencia específicos para la población pediátrica evaluada[1].

Idealmente cada laboratorio de electrofisiología debe desarrollar sus propios datos de referencia, ya que existen variables a tener en cuenta cuando se realizan estudios de conducción nerviosa; como lo son: la edad, género, talla e índice de masa corporal, entre otros[1,4]. Además, existe variabilidad en las características de la población colombiana respecto a los sujetos tomados en publicaciones extranjeras previas. Dada la ausencia de estudios locales en población pediátrica, es relativamente frecuente que otros laboratorios se basen y confíen en datos de referencia obtenidos de libros de texto o valores transmitidos por los laboratorios académicos de enseñanza.

En la literatura, se encuentran publicaciones acerca de valores normales en niños que no cumplen con los estándares estadísticos y el rigor metodológico óptimo; como los que establece la Asociación Americana de Medicina Neuromuscular y Electrodiagnóstico (AANEM), lo cual dificulta extrapolar los resultados de dichas publicaciones[1,4].

Dado lo anterior, si deseamos mejorar nuestra experiencia y certeza diagnóstica, se hace prioritario contar con estudios locales en población pediátrica, que puedan usarse en el diagnóstico y seguimiento de enfermedades neuromusculares en niños y así constituirse como una guía para otros laboratorios de electrofisiología del país.

5. Metodología

El estudio es de carácter descriptivo con análisis retrospectivo de datos, a partir de estudios de electrofisiología realizados en el Instituto Roosevelt en la ciudad de Bogotá, durante el periodo comprendido entre 2007 y 2019. A esta muestra se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión como se describe posteriormente. Se aplicó el método E-norm para todas las variables de neuroconducciones que cumplieran una muestra mínima suficiente para su aplicación confiable, agrupando la muestra en 5 grupos a saber:

- *0 a <12 meses*
- *12 a <48 meses (1 a 3 años 11 meses)*
- *48 a <96 meses (4 a 7 años 11 meses)*
- *96 a <156 meses (8 a 12 años 11 meses)*
- *156 a <216 meses (13 a 18 años)*

El tamaño de la muestra mínima para cada variable electrofisiológica fue determinado según la gráfica obtenida del método E-norm.

Se subdividió el grupo de 12 a 48 meses en grupos de 12 a <24 meses, 24 a <36meses y 36 a menores de 48 meses, y se aplicó el método E-norm a aquellos nervios que tuviesen muestra representativa y graficas reproducibles.

Las variables cuantitativas se presentan en promedios y desviaciones estándar. Para la obtención de valores normales en la muestra obtenida se utilizó el Método E-norm. Para el análisis de los resultados se utilizó el software SPSS para Mac y Windows

5.1. Tipo de estudio:

Analítico descriptivo con recolección retrospectiva de datos.

5.2. Enfoque del estudio:

Cuantitativo

5.3. Población universo:

Niños entre 1 mes y 18 años atendidos entre los años 2007 a 2019 en el Instituto Roosevelt de la ciudad de Bogotá - Colombia para estudios de neuroconducciones registrados en la base de datos Filemaker.

5.4. Criterios de inclusión:

Pacientes entre 1 mes y los 18 años atendidos en el Instituto Roosevelt para estudios de neuroconducciones en el periodo comprendido entre los años 2007 a 2019.

5.5. Criterios de exclusión:

- Pacientes que no hayan firmado consentimiento informado para la realización del estudio electrofisiológico.
- Pacientes con datos incompletos en identificación y edad.
- En caso de pacientes con más de 1 registro en la base de datos, se excluirá la segunda o más evaluaciones de un mismo paciente si corresponde al mismo grupo etario evaluado.

5.6. Técnicas de recolección de datos:

Se analizaron los datos de los registros recolectados en la base de datos FileMaker del servicio de electrofisiología del Instituto Roosevelt en las fechas estipuladas.

5.7. Aspectos a valorar en pacientes:

La información y variables de la base de datos a evaluar en los pacientes fueron:

- Identificación: edad en meses.
- Historia clínica: diagnóstico electrofisiológico.
- Electrodiagnóstico: Neuroconducciones motoras de nervios mediano, ulnar, tibial y peroneo. Neuroconducciones sensitivas de nervios mediano, ulnar y sural.

5.8. Procedimientos para la recolección de datos:

La obtención de los datos de electrodiagnóstico se realizó según técnicas estandarizadas, adaptadas a la población pediátrica, de la siguiente manera:[16,17].

A. Nervio mediano motor:

- Electrodo activo: Se utilizó electrodo de disco de 1cm de diámetro, sobre el músculo abductor pollicis brevis
- Electrodo de referencia: se utilizó electrodo de disco de 1cm de diámetro en la articulación metacarpofalángica del primer dedo.
- Electrodo de tierra: se utilizó electrodo de disco en la superficie dorsal de la mano.
- Estimulación distal: El cátodo se ubicó a nivel del punto medio del pliegue de la muñeca, levemente medial al tendón del músculo flexor carpi radialis, identificado por palpación. La estimulación se realizó mediante el estimulador convencional, ajustando la distancia entre cátodo y ánodo según la longitud del antebrazo del paciente. El ánodo se colocó proximal.
- Estimulación proximal: El cátodo se ubicó ligeramente medial al tendón del músculo biceps brachii. El ánodo fue colocado proximal.
- Parámetros de registro: Ganancia 5mV/div, barrido 2ms/div, filtro de baja frecuencia 2Hz, filtro de alta frecuencia 10KHz

B. Nervio ulnar motor:

- Electrodo activo: Se utilizó electrodo de disco de 1cm de diámetro, sobre el músculo abductor digiti minimi
- Electrodo de referencia: se utilizó electrodo de disco de 1cm en la articulación metacarpofalángica del quinto dedo.
- Electrodo de tierra: se utilizó electrodo de disco en la superficie dorsal de la mano.
- Estimulación distal: El cátodo se ubicó a nivel del pliegue de la muñeca, levemente lateral al tendón del músculo flexor carpi ulnaris, identificado por palpación. La estimulación se realizó mediante el estimulador convencional, ajustando la distancia entre cátodo y ánodo según la longitud del antebrazo del paciente. El ánodo se colocó proximal.
- Estimulación proximal: El cátodo se ubicó ligeramente superior al epicóndilo medial, ligeramente medial al músculo tríceps. El ánodo fue colocado proximal.

- Parámetros de registro: Ganancia 5mV/div, barrido 2ms/div, filtro de baja frecuencia 2Hz, filtro de alta frecuencia 10KHz

C. Nervio peroneo motor:

- Electrodo activo: Se utilizó electrodo de disco de 1cm de diámetro, sobre el músculo extensor digitorum brevis
- Electrodo de referencia: se utilizó electrodo de disco de 1cm de diámetro a nivel de la articulación metatarsofalángica del 5to dedo del pie.
- Electrodo de tierra: se utilizó electrodo de disco en la superficie dorsal del pie.
- Estimulación distal: El cátodo se ubicó a nivel del pliegue anterior del tobillo, levemente lateral al borde anterior de la tibia, identificado por palpación en pacientes lactantes. El impulso se realizó mediante el estimulador convencional, ajustando la distancia entre cátodo y ánodo según la longitud de la pierna del paciente. El ánodo se colocó proximal.
- Estimulación proximal: El cátodo se ubicó ligeramente posterior a la cabeza del peroné con el ánodo proximal.
- Parámetros de registro: Ganancia 5mV/div, barrido 5ms/div, filtro de baja frecuencia 2Hz, filtro de alta frecuencia 10KHz

D. Nervio tibial motor:

- Electrodo activo: Se utilizó electrodo de disco de 1cm de diámetro, sobre el músculo abductor hallucis, identificado por palpación debajo de la tuberosidad del escafoides en el borde medial del pie.
- Electrodo de referencia: se utilizó electrodo de disco de 1cm de diámetro a nivel de la articulación metatarsofalángica del primer dedo del pie.
- Electrodo de tierra: se utilizó electrodo de disco en la superficie dorsal del pie.
- Estimulación distal: El cátodo se ubicó posterior al maléolo medial. La estimulación se realizó mediante el estimulador convencional, ajustando la distancia entre cátodo y ánodo según la longitud de la pierna del paciente. El ánodo se colocó proximal.
- Estimulación proximal: El cátodo se ubicó a nivel de la fosa poplítea, siendo reubicado según obtención de la respuesta hacia medial o lateral. El ánodo fue colocado proximal.
- Parámetros de registro: Ganancia 5mV/div, barrido 5ms/div, filtro de baja frecuencia 2Hz, filtro de alta frecuencia 10KHz

E. Nervio mediano sensitivo:

- Electrodo activo: Se utilizó de preferencia electrodo de anillo ubicado a nivel de la falange proximal del 2do dedo.
- Electrodo de referencia: se utilizó electrodo de anillo a nivel de falange distal del segundo dedo.
- Electrodo de tierra: se utilizó electrodo de disco en la superficie dorsal de la mano.
- Estimulación distal: El cátodo se ubicó a nivel del punto medio del pliegue de la muñeca, levemente medial al tendón del músculo flexor carpi radialis, identificado por palpación. El impulso se realizó mediante el estimulador convencional, ajustando la distancia entre cátodo y ánodo según la longitud del antebrazo del paciente. El ánodo se colocó proximal.
- Parámetros de registro: Ganancia 20mcV/div, barrido 1ms/div, filtro de baja frecuencia 20Hz, filtro de alta frecuencia 2KHz

F. Nervio ulnar sensitivo:

- Electrodo activo: Se utilizó de preferencia electrodo de anillo ubicado a nivel de la falange proximal del 5to dedo.
- Electrodo de referencia: se utilizó electrodo de anillo a nivel de falange distal del 5to dedo.
- Electrodo de tierra: se utilizó electrodo de disco en la superficie dorsal de la mano.
- Estimulación distal: El cátodo se ubicó a nivel del pliegue de la muñeca, levemente lateral al tendón del músculo flexor carpi ulnaris, identificado por palpación. El impulso se realizó mediante el estimulador convencional, ajustando la distancia entre catodo y anodo según la longitud del antebrazo del paciente. El ánodo se colocó proximal.
- Parámetros de registro: Ganancia 20mcV/div, barrido 1ms/div, filtro de baja frecuencia 20Hz, filtro de alta frecuencia 2KHz

G. Nervio sural:

- Electrodo activo: Se utilizó electrodo de disco de 1cm de diámetro ubicado posterior e inferior al maléolo lateral.
- Electrodo de referencia: Se utilizó electrodo de disco de 1cm a una distancia de 3cm distal al electrodo activo, sobre el borde lateral del pie.
- Electrodo de tierra: se utilizó electrodo de disco en la superficie dorsal del pie.

- Estimulación distal: El cátodo se ubicó a nivel del punto medio de la cara posterior de la pierna, ajustando su ubicación según la respuesta obtenida.
- Parámetros de registro: Ganancia 2mcV/div, barrido 1ms/div, filtro de baja frecuencia 20Hz, filtro de alta frecuencia 2KHz

No se contó con registro de temperatura de los estudios. Se utilizaron los equipos los equipos Cadwell Sierra Wave, Sierra Accent y Sierra Summit.

Todos los estudios se realizaron en el Instituto de Ortopedia Infantil Roosevelt, en Bogotá DC, Colombia empleando técnicas convencionales.

6. Resultados

Se revisaron 1088 registros de pacientes en la base de datos desde los años 2007 hasta 2019 en un Hospital de referencia para Enfermedades Neuromusculares en la ciudad de Bogotá-Colombia. Esta cohorte, comprende edades entre 1 mes y 18 años, de los cuales el 43% fueron niñas y 57% niños; del total de estudios se reportaron como normales el 61%. Se revisaron los valores registrados por cada nervio y se descartaron aquellos valores con fallas en la marcación o registro inadecuado en la base de datos.

Se definieron los grupos etareos para cumplir la muestra mínima necesaria para aplicar el método E-norm (http://enorms.com), obteniendo los valores de referencia que se muestran en la sección Anexo A - Tabla 1. En los nervios motores se describen latencia distal, amplitud distal y velocidad de conducción nerviosa; en el caso de los nervios sensitivos latencia al pico y amplitud de inicio a pico. Los valores se presentan en promedios, desviaciones estándar, valor máximo o mínimo. Adicionalmente, se describe el total de nervios para cada grupo y el número de datos obtenidos en la meseta calculada por el método E-norm (Plateau). En el caso de algunas amplitudes, la gráfica E-norm resultante demostró una pendiente muy marcada y por tanto fue difícil definir los valores mínimo y máximo; se procedió a realizar transformación logarítmica o cuadrática de los valores para obtener una distribución más simétrica. A partir de los datos transformados se aplicó el método E-norm obteniendo una gráfica con mejor morfología, ver Anexo A - Figura 1.

De acuerdo a otras investigaciones, se ha descrito que los mayores cambios en los valores de referencia se presentan en edades tempranas, principalmente en menores de 5 años. Dado lo anterior, se subdividió el grupo de 12 a 47 meses, en subgrupos por cada año de edad, tomando aquellos nervios con un número de muestra que permitiera de manera reproducible y confiable la aplicación del método. Estos resultados se muestran en la sección Anexo A - Tabla 2.

Para los menores de 1 año, debido a la baja cantidad de pacientes registrados y la incapacidad de aplicar el método, se decidió tomar los estudios definidos como normales en la interpretación electrofisiológica, subclasificándolos por edad entre 0 a 6 meses y desde 6 meses a 12 meses. Los resultados se analizaron con estadística descriptiva mediante promedios, desviaciones estándar, así como el quinto percentil para amplitud y

velocidad de conducción o percentil 95 para latencia distal. Dichos resultados se describen en la sección Anexo A - Tabla 3.

7. Discusión

7.1 Aspectos generales

El presente estudio representa la primera aproximación a los valores normales en población pediátrica colombiana y una de las más grandes cohortes a nivel latinoamericano y mundial. Además, aplica un método novedoso para obtener valores normales a partir de grupos poblacionales heterogéneos, incluyendo pacientes sanos y enfermos, con resultados comparables a aquellas formas tradicionales de obtener estos datos[1].

Lo anterior es el fruto de registros realizados por más 10 años en un hospital de referencia en enfermedades neuromusculares, logrando abarcar un rango amplio de edades y proporciones equivalentes de género. Incluimos un total de 1088 estudios pediátricos de electrodiagnóstico, obteniendo de forma global resultados similares a los descritos en estudios previos. El método E-norm, permite obtener los valores de referencia a partir de muestras que incluyen valores normales y extremos. Los resultados obtenidos mediante este método se presentan en promedios y desviaciones estándar.

En el método E-norm se recomienda usar muestras de mínimo 100 valores para su aplicación[14]. Sin embargo, para algunos grupos descritos no se alcanzó esta cifra, como es el caso de aquellos subgrupos comprendidos entre 12 a 48 meses (Ver Anexo A - Tabla 2), con nervios que llegaron a muestras desde los 40 hasta cercanas a los 100 datos, consiguiendo resultados similares a los reportados en estudios de valores normales convencionales. Ante estos hallazgos, se plantea la posibilidad de aplicar el método con buena confiabilidad aun con muestras más pequeñas.

7.2 Análisis y comparación de resultados

A continuación, se describen los hallazgos en las variables electrofisiológicas y se comparan con otros estudios publicados. Tradicionalmente, a medida que avanza la edad las latencias distales promedio se prolongan progresivamente, esto lo vemos especialmente en el grupo de 12 a 48 meses en adelante, incluso en sus subgrupos por año; probablemente debido al efecto del crecimiento, llegando a valores cercanos a la normalidad en adultos a partir de los 8 años para miembros superiores[12] y a los 13 años para miembros inferiores[17]. En contraste, para los menores de 1 año, se observó una

disminución progresiva de la latencia distal, probablemente en relación con el proceso fisiológico de mielinización. Los hallazgos descritos son semejantes a estudios previos, tanto en los subgrupos menores de 1 año en los que se usó estadística descriptiva, así como en los mayores en los cuales se aplicó E-norm[6,9,10].

Así mismo, las amplitudes distales aumentan con la edad, siendo este hallazgo más evidente para las respuestas motoras. Las amplitudes sensitivas no presentan una variación significativa a partir de los 4 años, con excepción del nervio mediano que exhibe un crecimiento leve. A comparación con otros estudios[9,10], nuestras amplitudes promedio presentan valores netos menores. Esto podría estar en relación con la menor talla a comparación de otras poblaciones y la menor intensidad del estímulo usado para la obtención del potencial al realizar estudios en pacientes sin sedación. Sin embargo, observamos que el valor mínimo aceptado como normal por desviaciones estándar es comparable al estudio publicado con una muestra significativa de pacientes[10], que a su vez difiere de otros estudios con menor tamaño de muestra[6,9]. Observamos en algunas amplitudes una morfología de la gráfica E-norm con una pendiente muy marcada, lo cual no permite definir claramente el inicio y final de los puntos de marcación. Por lo anterior, se decidió realizar una transformación logarítmica o cuadrática de estos datos para aplicar nuevamente el método, buscando una mayor simetría hacia la normalidad[18]. Esto facilitó de manera significativa la marcación de la meseta (Plateau) de los valores normales, cuyos resultados fueron similares a los previamente publicados[6,9,10]. Proponemos, en casos de marcación difícil, esta estrategia como una alternativa válida.

Igualmente, en relación a revisiones anteriores, las velocidades de conducción nerviosa motora evidencian un aumento progresivo a medida que avanza la edad, de manera similar a lo visto con las latencias distales, siendo más notorio en el primer año de vida. Además, se alcanzaron los valores promedio de la población adulta a los 8 años[5,6,7,9,10,13]. En el presente estudio, no se estimaron las velocidades de conducción sensitiva.

Nuestros resultados confirman el cambio en las variables electrofisiológicas con la edad, siendo más notorio en los grupos de edad menores de 4 años. Si comparamos el análisis por subgrupos, observamos que las diferencias en los valores de normalidad calculados para los subgrupos etarios de 12 a 36 meses (Ver Anexo A - Tabla 1) en los nervios motores mediano y tibial y sensitivos mediano y sural, son similares a los valores calculados para el

grupo global de 12 a 47 meses (Ver Anexo A - Tabla 2). Sin embargo, en el grupo de 36 a 47 meses las diferencias encontradas son significativas. Por lo anterior, para los pacientes entre 12 a 36 meses se podrían usar los valores de referencia incluidos en las tablas 1 o 2, y para aquellos entre 36 a 47 meses recomendamos usar valores específicos calculados para esa edad (Ver Anexo A - Tabla 2).

En los pacientes menores de 12 meses, en los que usamos estadística descriptiva, las latencias, amplitudes y velocidades de conducción son similares a los reportados en otros estudios[9,10], aunque discordantes en algunos nervios con otros estudios[6]. Esto resalta la importancia de realizar estudios posteriores para estos grupos etarios con muestras más grandes para confirmar los hallazgos.

7.3 Aspectos técnicos

Respecto a la técnica de recolección de datos existen diferencias entre nuestros registros y los estudios publicados. Nosotros marcamos las amplitudes tanto motoras como sensitivas desde el inicio de la deflexión negativa hasta su pico, y usamos filtros diferenciados para los nervios motores y sensitivos (2Hz-10KHz y 20Hz-2KHz, respectivamente). Estas diferencias pueden explicar parcialmente la variabilidad en la amplitud y latencia descrita con otros estudios.

Los nervios motores más usados en nuestro centro de referencia son el nervio mediano y tibial y los sensitivos corresponden al nervio sural y mediano. Hemos encontrado menor exigencia técnica y mayor reproducibilidad en estos registros electrofisiológicos a comparación con otros nervios periféricos en la población pediátrica, principalmente en menores de 4 años. Eso explica el mayor tamaño de la muestra para estos nervios en los grupos de edades más jóvenes.

7.4 Fortalezas del estudio

Nosotros como centro de referencia en enfermedades neuromusculares contamos con un protocolo de realización de estudios de electrodiagnóstico, dentro de lo que se incluye la vigilancia de los parámetros de registro (filtros de baja y alta frecuencia), la intensidad del estímulo, factores locales de la piel y la temperatura del segmento a evaluar. Las neuroconducciones por realizar se ajustan según la situación clínica, la probabilidad pretest

del estudio y el grado de colaboración del paciente. Dentro de la evaluación electrodiagnóstica no se realiza de manera rutinaria sedación en los pacientes, evitando los posibles efectos de los anestésicos sobre los estudios de neuroconducciones.

El presente estudio ofrece valores de referencia en población pediátrica, usando un método novedoso y confiable para la obtención de valores normales en poblaciones heterogéneas, ofreciéndose como una alternativa para aquellos grupos poblacionales que por motivos de reclutamiento no cumple los criterios de la AANEM.

El estudio representa la primera aproximación a los valores normales en población pediátrica colombiana y una de las más grandes a nivel latinoamericano y mundial.

El método E-norm, diseñado por Jabre y cols[14], permite determinar valores de normalidad en un conjunto de datos recolectados en poblaciones heterogéneas, y ha demostrado ser de utilidad en aquellos grupos de pacientes en quienes la adquisición de datos de pacientes sanos es compleja dadas razones éticas o demográficas[2]. El autor recomienda su aplicación a partir de muestras mayores de 100 pacientes[14], sin embargo, nosotros lo aplicamos con muestras cercanas a 50 pacientes, con resultados confiables y consistentes a los publicados en población sana. Este estudio propone un umbral menor para la aplicación del método, haciéndolo más útil en poblaciones con escasa muestra. Adicionalmente aplicamos transformación logarítmica o cuadrática a los datos cuyas graficas no fuesen de fácil marcación, con resultados satisfactorios, siendo esta técnica un nuevo aporte a la aplicación del método.

8. Limitaciones

Las características del estudio y del método implementado para la obtención de valores normales tiene varias limitaciones, entre ellas se encuentra la calidad de la muestra heterogénea a partir de pacientes sanos y enfermos, contrastando la forma tradicional de obtener estos datos. Aun así, se ha demostrado su utilidad en la obtención de valores normales con otras variables electrofisiológicas[15]. La cohorte evaluada tuvo un porcentaje de pacientes sanos por debajo de lo esperado para los estudios de electrodiagnóstico según lo descrito por el autor[14], probablemente debido a que la institución es un centro de referencia en estudio de enfermedades neuromusculares. A pesar de esto, los valores de normalidad son similares a los previamente publicados en población normal. Por tal motivo proponemos aplicar el método E-norm incluso en poblaciones con tasas de casos anormales del 30%.

No se logró realizar un seguimiento a los pacientes que formaron parte de la muestra (Plateau) de E-norm y que se catalogaron como normales dada la naturaleza retrospectiva del estudio. Para los menores de 1 año, no se logró una muestra de 100 nervios para analizar y se obtuvieron valores de referencia a partir de estadística descriptiva de muestras muy pequeñas. A pesar de esto se obtuvieron resultados comparables con otros estudios publicados.

Con algunos nervios, especialmente en sus amplitudes, la muestra obtenida no siguió una distribución normal, alterando inicialmente la marcación de la meseta (Plateau) en las gráficas del método E-norm. Buscando mejorar esta limitante, se decidió realizar transformación de los datos, mejorando la distribución y consecuentemente la gráfica de resultados, con lo que se obtuvieron valores normales semejantes a los publicados en población sana y la proponemos como una forma válida de mejorar la aplicación del método dado los resultados favorables obtenidos. Realizar esta transformación aún no se ha descrito en otros estudios.

En cuanto a la técnica desarrollada, en su mayoría y en los grupos de menor edad, se realizó la estimulación por referencia anatómica, lo cual podría repercutir especialmente en la variabilidad de las latencias, por ello es recomendado tener como primera medida la velocidad de conducción nerviosa motora por encima de la latencia para la interpretación

de resultados[10]. No se registraron sistemáticamente otras variables electrofisiológicas, sin embargo como protocolo institucional se contaba con mecanismos de calefacción para mejorar los parámetros de registro y resultados.

No se realizó comparación de los valores obtenidos según peso, talla o sexo, variables que se han descrito modifican algunas de las variables electrofisiológicas en pacientes sanos[5,8,19]. A pesar de lo anterior, los valores obtenidos son similares a los encontrados en otros estudios.

La medición de la temperatura en los estudios de neuroconducciones resulta importante dado su potencial de alterar algunas variables neurofisiológicas. Dentro del protocolo institucional se revisa la temperatura según los hallazgos electrofisiológicos y el cuadro clínico del paciente, corrigiéndola si su valor se encuentra por debajo de 30 grados centígrados. No se tomó en cuenta dentro del estudio dado que no se registró rutinariamente en la base de datos.

9. Conclusiones

El presente estudio ofrece valores de normalidad para los estudios de neuroconducciones de los nervios motores y sensitivos más frecuentemente utilizados en nuestro medio, para la población pediátrica colombiana, a partir de una muestra significativa de pacientes, mediante la aplicación de un método novedoso y confiable (método E-norm).

Los puntos de corte propuestos en este estudio pueden utilizarse como guía para determinar estudios de neuroconducciones anormales en esta población, haciéndolos muy útiles en la evaluación de los pacientes con sospecha de enfermedad neuromuscular.

10. Consideraciones éticas:

El presente proyecto de Investigación acata los principios del reporte Belmont, la declaración de Helsinki y las leyes y regulaciones del país en especial la Resolución 8430 de 1993.

En particular, el estudio actuó en concordancia con los criterios que establece el ministerio de protección social de la República de Colombia, Resolución No 008430 de 1993, en su Artículo 5: “En el estudio prevalecerá el criterio de respeto a la dignidad del ser humano sujeto de estudio, asegurando la protección de sus derechos y su bienestar” y artículo 6, item g: “Se llevará a cabo cuando se obtenga la autorización del representante legal de la institución investigadora y de la institución donde se realice la investigación, el consentimiento informado de los participantes y la aprobación del proyecto por parte del Comité de Ética en Investigación de la institución”.

El estudio fue realizado por profesionales médicos con conocimiento y experiencia en el área de electrodiagnóstico, bajo la supervisión del director del área de electrodiagnóstico para cuidar la integridad de los pacientes.

La identidad de los participantes se mantuvo en reserva y fueron identificados en la base de datos usada a través de un código. Se realizará la publicación de los resultados en revistas científicas reconocidas a nivel nacional e internacional.

Este trabajo de investigación se clasifica en la categoría investigación sin riesgo según el artículo 11 de la Resolución No 008430 de 1993 del ministerio de protección social que establece lo siguiente:

“Artículo 11: Para efectos de este reglamento las investigaciones se clasifican en las siguientes categorías:

b) Investigación sin riesgo: son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental restrospectivos y aquellos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, sicológicas o sociales de

los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: revisión de historias clínicas, entrevistas, cuestionarios y otros en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta.”

Además se acataron las normas indicadas por el Capítulo III de la misma resolución, donde se indican disposiciones para la realización de estudios de investigación en menores de edad o personas discapacitadas.

11. Conflicto de intereses

Los investigadores no expresan ningún conflicto de intereses en la realización de este trabajo.

12. Bibliografía

1. Dillingham, T., Chen, S., Andary, M., Buschbacher, R., Del Toro, D., Smith, B., ... & So, Y. (2016). Establishing high-quality reference values for nerve conduction studies: A report from the normative data task force of the American Association Of Neuromuscular & Electrodiagnostic Medicine. *Muscle & nerve*, *54*(3), 366-370.
2. Pitt, M. C., & Jabre, J. (2018). The problem of lack of normative data in paediatric EMG and possible solutions. *Clinical Neurophysiology*, *129*(3), 672-675.
3. Barrera-Castro, S. M., & Ortiz-Corredor, F. (2014). Valores de referencia de los estudios de Neuroconducción de miembros inferiores en adultos jóvenes. *Revista de Salud Pública*, *16*, 443-452.
4. Chen, S., Andary, M., Buschbacher, R., Del Toro, D., Smith, B., So, Y., ... & Dillingham, T. R. (2016). Electrodiagnostic reference values for upper and lower limb nerve conduction studies in adult populations. *Muscle & nerve*, *54*(3), 371-377.
5. Lang, H. A., Puusa, A., Hynninen, P., Kuusela, V., Jäntti, V., & Sillanpää, M. (1985). Evolution of nerve conduction velocity in later childhood and adolescence. *Muscle & nerve*, *8*(1), 38-43.
6. García, A., Calleja, J., Antolín, F. M., & Berciano, J. (2000). Peripheral motor and sensory nerve conduction studies in normal infants and children. *Clinical neurophysiology*, *111*(3), 513-520.
7. Hyllienmark, L., Ludvigsson, J., & Brismar, T. (1995). Normal values of nerve conduction in children and adolescents. *Clinical Neurophysiology*, *97*(5), 208-214.
8. Campbell Jr, W. W., Ward, L. C., & Swift, T. R. (1981). Nerve conduction velocity varies inversely with height. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, *4*(6), 520-523.
9. Cai, F., & Zhang, J. (1997). Study of nerve conduction and late responses in normal Chinese infants, children, and adults. *Journal of child neurology*, *12*(1), 13-18.
10. Ryan, C. S., Conlee, E. M., Sharma, R., Sorenson, E. J., Boon, A. J., & Laughlin, R. S. (2019). Nerve conduction normal values for electrodiagnosis in pediatric patients. Muscle & nerve.
11. Dubowitz, V., Whittaker, G. F., Brown, B. H., & Robinson, A. (1968). Nerve conduction velocity—an index of neurological maturity of the newborn infant. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *10*(6), 741-749.

12. Ortiz-Corredor, F., & López-Monsalve, Á. (2009). Using neurophysiological reference values as an approach to carpal tunnel syndrome diagnosis. *Revista de Salud Pública*, *11*(5), 794-801.

13. Vecchierini-Blineau, M. F., & Guiheneuc, P. (1979). Electrophysiological study of the peripheral nervous system in children. Changes in proximal and distal conduction velocities from birth to age 5 years. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, *42*(8), 753-759.

14. Jabre, J. F., Pitt, M. C., Deeb, J., & Chui, K. K. (2015). E-norms: a method to extrapolate reference values from a laboratory population. *Journal of Clinical Neurophysiology*, *32*(3), 265-270.

15. Pitt, M. C., & Jabre, J. F. (2017). Determining jitter values in the very young by use of the e-norms methodology. *Muscle & nerve*, *55*(1), 51-54.

16. Pitt, M., & Kang, P. B. (2015). Electromyography in pediatrics. In *Neuromuscular Disorders of Infancy, Childhood, and Adolescence* (pp. 32-45). Academic Press.

17. Buschbacher, R., & Prahlow, N. (2006). *Manual of nerve conduction studies*. Demos Medical Publishing.

18. Campbell, W. W., & Robinson, L. R. (1993). Deriving reference values in electrodiagnostic medicine. Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine, 16(4), 424-428.

19. Stetson, D. S., Albers, J. W., Silverstein, B. A., & Wolfe, R. A. (1992). Effects of age, sex, and anthropometric factors on nerve conduction measures. Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine, 15(10), 1095-1104.

A. Anexo A – Tablas de resultados

Tabla 1. Valores normales de neuroconducciones en población pediátrica obtenida mediante el método E-norm

Mediano Motor															
	Latencia distal (ms)					*Amplitud distal (mV)*					*Velocidad de conducción (m/s)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N
12-47m	2,28	0,24	2,76	161	239	3,92	0,95	2,02	113	238	49,95	5,86	38,25	157	210
48-95m	2,6	0,31	3,22	104	158	5,41	1,5	2,41	106	157	53,59	3,71	46,17	80	138
96-155m	3,24	0,45	4,14	147	174	6,23	1,76	2,71	138	177	58,26	4,84	48,58	139	165
156-216m	3,37	0,48	4,33	117	157	7,81	1,22	5,37	77	152	59,77	3,86	52,05	90	143

Ulnar Motor															
	Latencia distal (ms)					*Amplitud distal (mV)*					*Velocidad de conducción (m/s)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N
12-47m	1,88	0,24	2,36	80	108	4,47	0,86	2,75	67	108	56,25	2,78	50,69	36	74
48-95m	2,2	0,25	2,7	79	114	5,72	1,4	2,92	71	113	56,34	3,19	49,96	41	85
96-155m	2,66	0,25	3,16	94	155	6,47	1,15	4,17	88	155	60,49	4,85	50,79	78	111
156-216m	2,88	0,35	3,58	95	129	6,75	1,11	4,53	72	132	60,78	5,93	48,88	70	89

Tibial Motor															
	Latencia distal (ms)					*Amplitud distal (mV)*					*Velocidad de conducción (m/s)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N
12-47m	2,55	0,32	3,19	189	327	8,21	3,07	2,07	246	322	47,96	5,29	37,38	170	268
48-95m	3,24	0,43	4,1	147	172	8,88	2,89	3,1	146	246	49,03	5,52	37,99	131	207
96-155m	4,1	0,68	5,46	166	262	11,67	3,31	5,05	176	256	49,86	4,86	40,14	152	222
156-216m	4,69	0,55	5,79	104	177	13,04	2,64	7,76	85	172	47,07	4,46	38,12	96	153

Peroneo Motor															
	Latencia distal (ms)					*Amplitud distal (mV)*					*Velocidad de conducción (m/s)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N
12-47m	2,66	0,51	3,68	102	132	2,71	0,76	1,19	81	125	52,98	6,73	39,52	76	102
48-95m	3,19	0,34	3,87	81	146	2,77	0,79	1,19	95	157	54,67	3,98	46,71	81	126
96-155m	3,96	0,7	5,36	131	185	3,26	0,66	1,94	81	166	54,67	3,98	46,71	81	156
156-216m	4,6	0,53	5,66	95	160	4,84	1,44	1,96	103	159	53,42	5,32	42,78	105	142

Mediano Sensitivo										
	Latencia al pico (ms)					*Amplitud (uV)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N
12-47m	2,27	0,24	2,75	107	138	29,25	7,28	14,69	64	145
48-95m	2,66	0,25	3,16	72	115	41,41	13,92	13,57	62	117
96-155m	3,18	0,39	3,96	117	149	47,57	17,43	12,71	100	156
156-216m	3,5	0,28	4,06	77	120	61,84	12,16	37,52	57	121

Ulnar Sensitivo										
	Latencia al pico (ms)					*Amplitud (uV)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N
12-47m	2,09	0,21	2,51	67	95	23,05	8,13	6,79	68	97
48-95m	2,43	0,25	2,93	64	89	33,14	7,32	18,5	38	87
96-155m	3,03	0,39	3,81	92	123	33,83	11,64	10,55	86	128
156-216m	3,42	0,32	4,06	86	119	36,76	9,81	17,14	70	123

Nervio Sural										
	Latencia al pico (ms)					*Amplitud (uV)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N
12-47m	2,34	0,24	2,82	70	106	12,83	3,23	6,37	50	105
48-95m	2,7	0,22	3,14	84	128	18,44	4,75	8,94	70	125
96-155m	3,36	0,3	3,96	83	134	18,35	6,26	5,83	82	135
156-216m	3,77	0,44	4,65	73	102	17,44	5,75	5,94	59	106

Figura 1. Cambio en la morfología de la curva obtenida mediante el método E-norm posterior a transformación logarítmica de nervio sural en grupo de 48 a 95m (Tomado de Enorms.com)

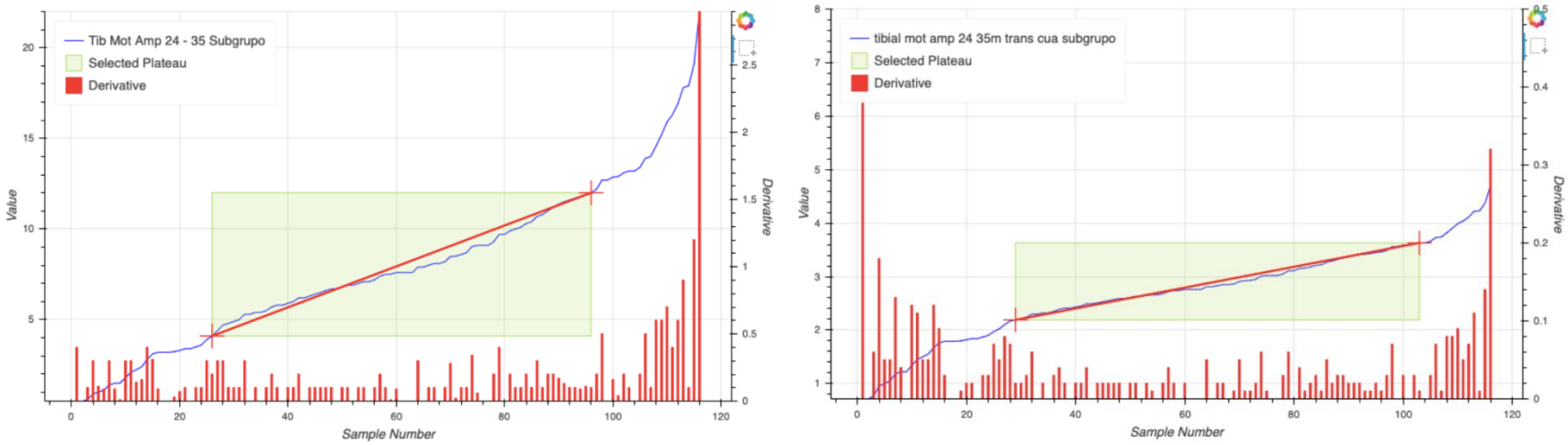


Tabla 2. Valores normales de neuroconducciones en población entre 12 y 48 meses obtenida mediante el método E-norm.

Mediano Motor															
	Latencia distal (ms)					*Amplitud distal (mV)*					*Velocidad de conducción (m/s)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N
12-23m	2,2	0,29	2,78	60	83	3,21	1	1,21	50	82	47,15	5,77	35,61	50	72
24-35m	2,26	0,12	2,5	47	84	5,28	1,27	2,74	52	84	52,14	3,04	46,06	45	77
36-47m	2,82	0,33	3,48	30	72	4,59	2,13	0,33	56	72	50,73	5,4	39,93	40	61

Tibial Motor															
	Latencia distal (ms)					*Amplitud distal (mV)*					*Velocidad de conducción (m/s)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N
12-23m	2,42	0,29	3	69	114	6,57	1,67	3,23	48	114	46,94	4,47	38	63	97
24-35m	2,54	0,37	3,28	76	121	8,51	2,46	3,59	77	117	47,44	4,62	38,2	60	97
36-47m	3,35	0,47	4,29	42	92	7,73	2,21	3,31	45	91	48,65	6,51	35,63	40	74

Peroneo Motor															
	Latencia distal (ms)					*Amplitud distal (mV)*					*Velocidad de conducción (m/s)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N
24-35m	2,63	0,43	3,49	37	54	3,25	0,8	1,65	32	50	53,62	6,85	39,92	36	43

Mediano Sensitivo										
	Latencia al pico (ms)					*Amplitud distal (uV)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N
12-23m	2,21	0,17	2,55	36	55	29,03	9,09	10,85	28	56
24-35m	2,31	0,22	2,75	31	42	38,41	11,11	16,19	25	45
36-47m	2,45	0,24	2,93	30	41	40,99	15,03	10,93	29	44

Nervio Sural										
	Latencia al pico (ms)					*Amplitud distal (uV)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	N E-norm	N	Promedio	DE	<2DE	N E-norm	N
24-35m	2,34	0,25	2,84	28	44	17,17	6,07	5,03	29	45

Tabla 3. Valores normales de neuroconducciones en población sana entre 0 y 11 meses.

Mediano Motor															
	Latencia distal (ms)					*Amplitud distal (mV)*					*Velocidad de conducción (m/s)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	P 95	N	Promedio	DE	<2DE	P5	N	Promedio	DE	<2DE	P5	N
0-5m	2,36	0,5	3,36	-	19	2,75	1,4	0	0,2	19	39,66	16,4	6,86	22	14
6-11m	2,17	0,39	2,95	3,16	30	3,7	1,59	0,52	1,2	29	49,34	9,91	29,52	30,15	26

Ulnar Motor															
	Latencia distal (ms)					*Amplitud distal (mV)*					*Velocidad de conducción (m/s)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	P95	N	Promedio	DE	<2DE	P5	N	Promedio	DE	<2DE	P5	N
0-5m	2,53	0,56	3,65	-	10	3,38	1,29	0,8	2	10	-	-	-	-	-
6-11m	1,77	0,23	2,23	-	14	2,15	0,83	0,49	1,4	14	54,63	9,25	36,13	38	11

(-) muestra insuficiente.

Tibial Motor															
	Latencia distal (ms)					*Amplitud distal (mV)*					*Velocidad de conducción (m/s)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	P95	N	Promedio	DE	<2DE	P5	N	Promedio	DE	<2DE	P5	N
0-5m	2,67	0,55	3,77	3,96	26	4,98	2,83	0	0,62	25	34,77	7,41	19,95	21	19
6-11m	2,32	0,61	3,54	3,8	38	7,92	2,48	2,96	2,87	38	48,65	16,88	14,89	26,5	29

Peroneo Motor															
	Latencia distal (ms)					*Amplitud distal (mV)*					*Velocidad de conducción (m/s)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	P95	N	Promedio	DE	<2DE	P5	N	Promedio	DE	<2DE	P5	N
0-5m	4,3	4,24	12,78	-	7	2	1,16	0	0,3	7	-	-	-	-	-
6-11m	1,86	0,37	2,6	-	6	2,41	0,86	0,69	1,2	6	44,16	8,25	27,66	34	6

(-) muestra insuficiente.

Mediano Sensitivo										
	Latencia al pico (ms)					*Amplitud (uV)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	P95	N	Promedio	DE	<2DE	P5	N
0-5m	3,21	2,74	8,69	-	11	23,65	22,85	0	0,87	12
6-11m	2,13	0,36	2,85	3,08	26	27,24	17,71	0	5,04	23

Ulnar Sensitivo										
	Latencia al pico (ms)					*Amplitud (uV)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	P95	N	Promedio	DE	<2DE	P5	N
0-5m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6-11m	2,3	0,98	4,26	-	16	34,1	25,85	0	9,4	16

(-) muestra insuficiente.

Nervio Sural										
	Latencia al pico (ms)					*Amplitud (uV)*				
Edad	Promedio	DE	>2DE	P95	N	Promedio	DE	<2DE	P5	N
0-5m	3,2	1,29	5,78	-	6	11,83	10,05	0	5,7	6
6-11m	3,25	1,95	7,15	-	7	22,81	19,24	0	4,7	7

(-) muestra insuficiente.

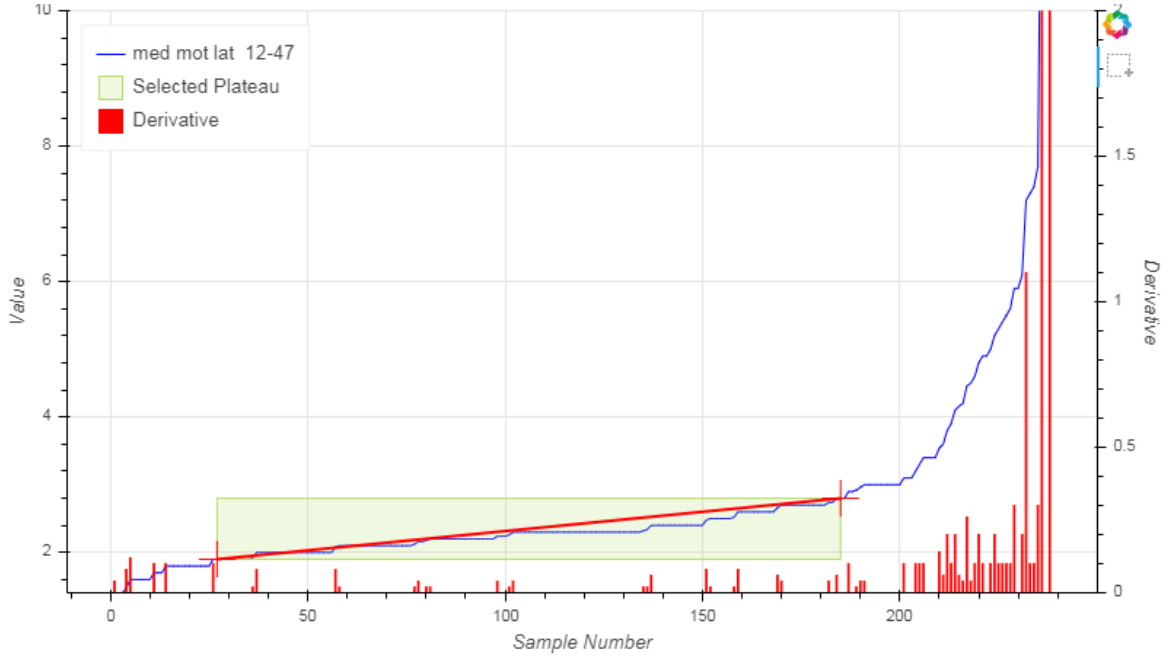
B. Anexo B – Graficas de método E-Norm

1. Graficas de E-norm de grupos principales

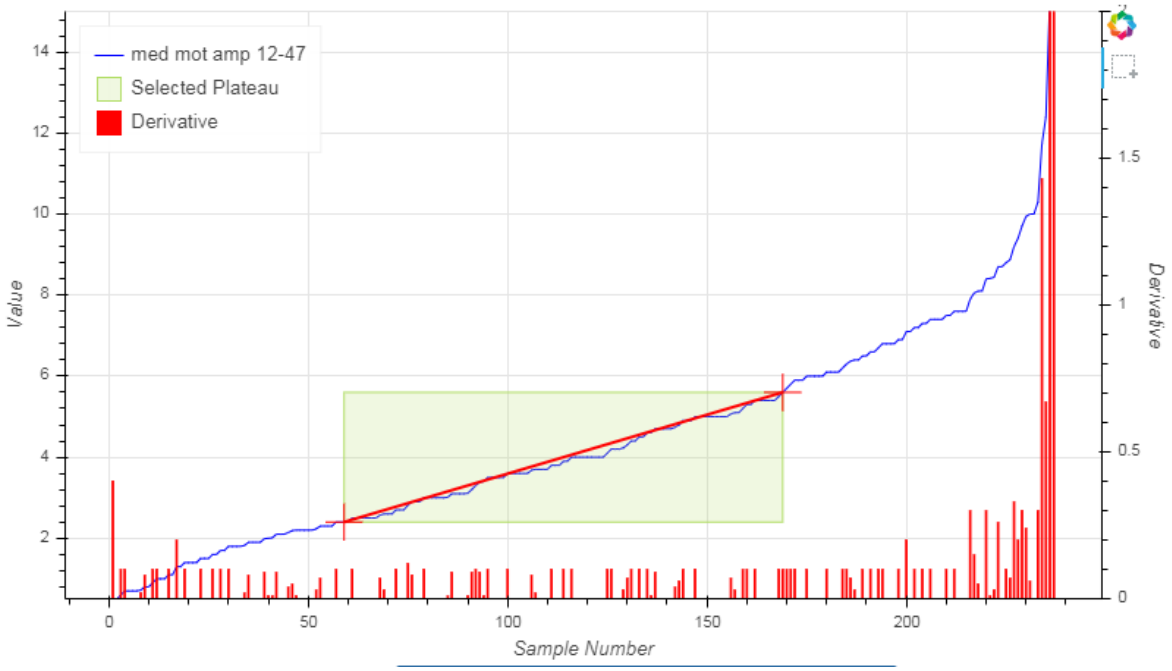
1.1 Grupo etario 12-47m

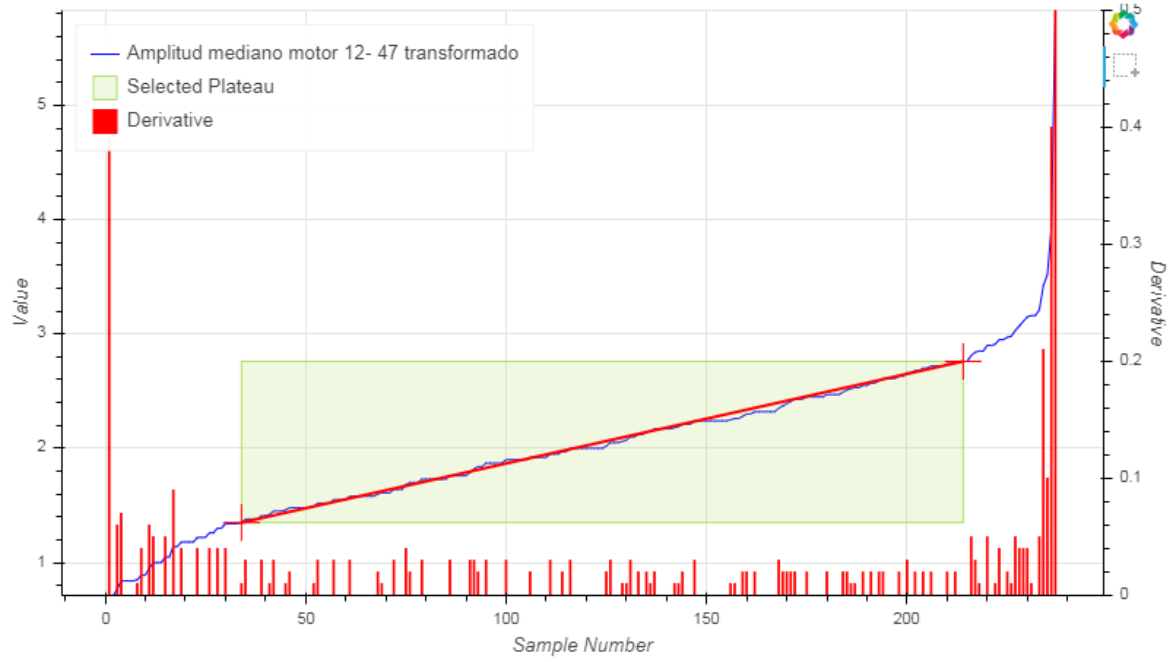
1.1.1 Nervio mediano motor

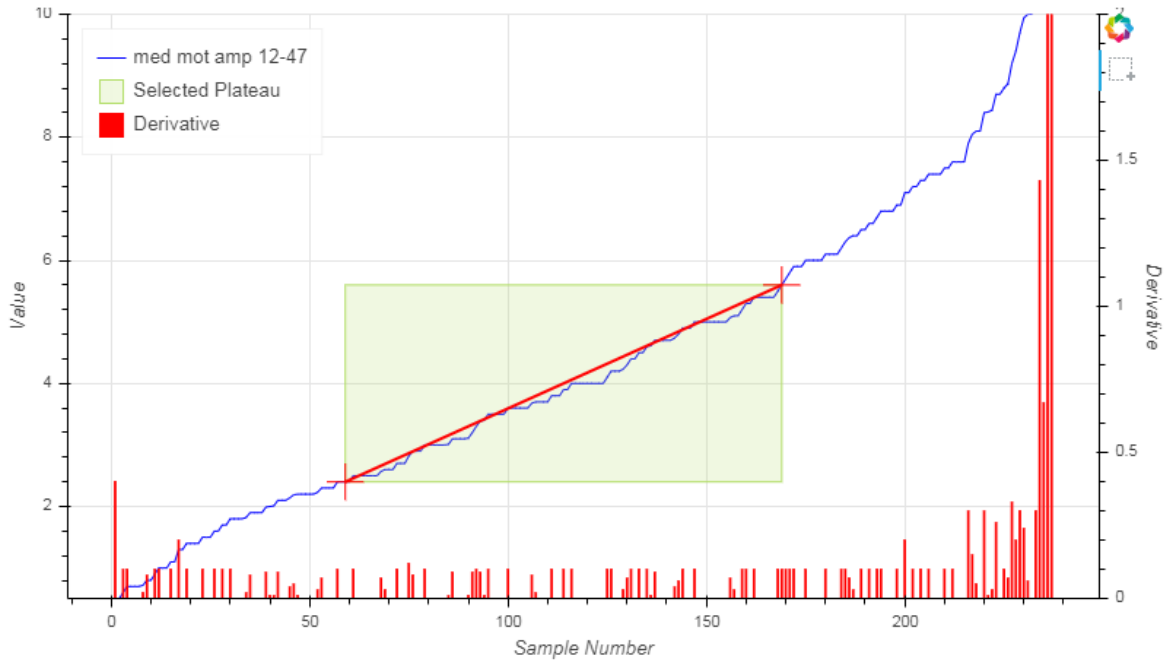
- **Latencia distal**



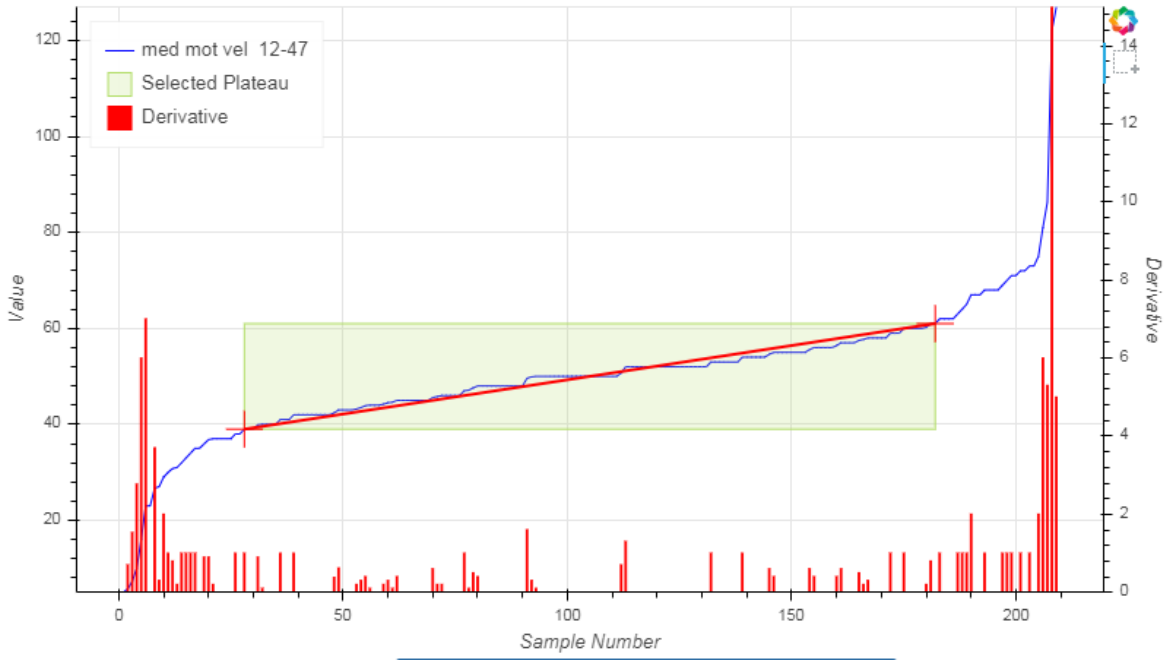
- **Amplitud distal**





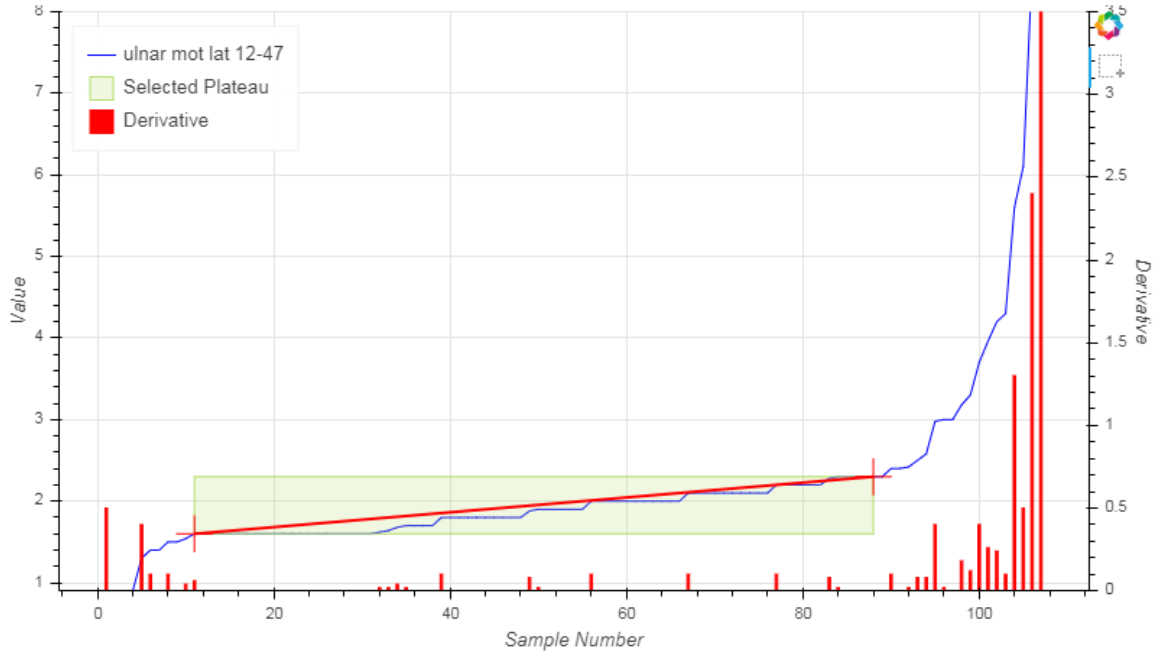


- **Velocidad de conducción**

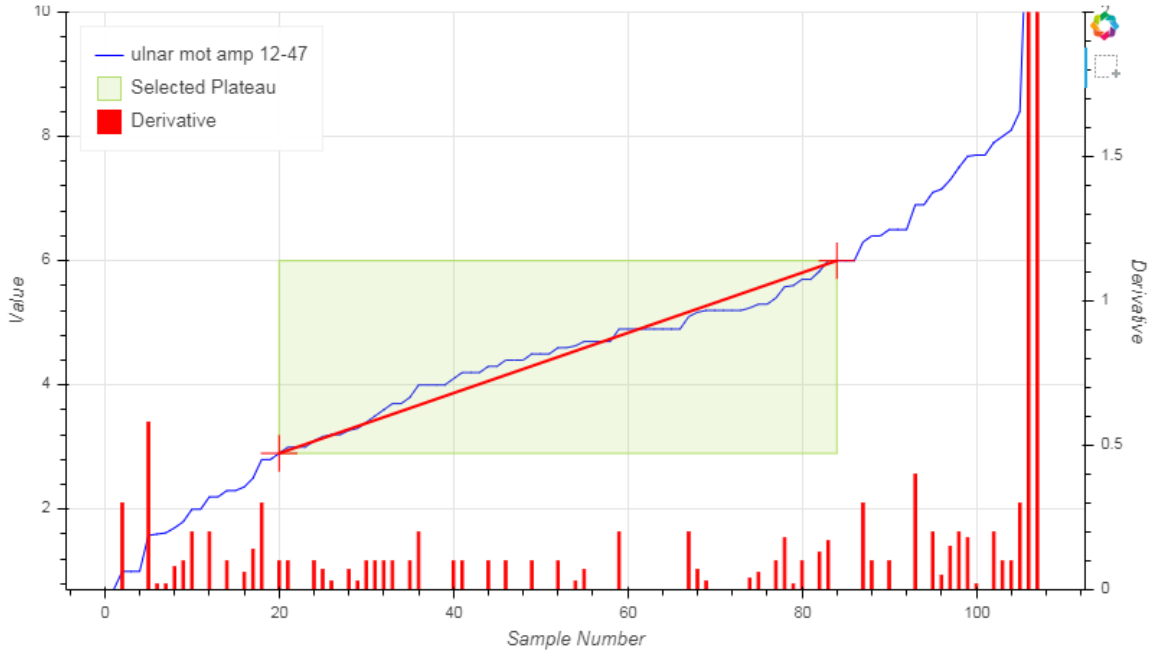


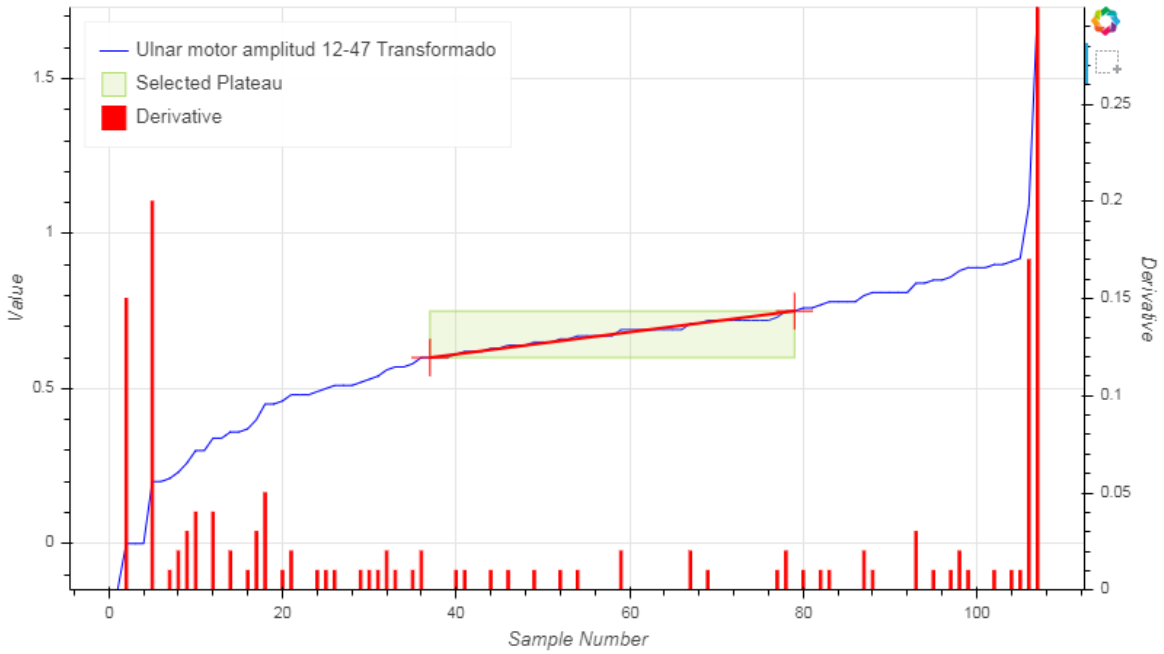
1.1.2 Nervio ulnar motor

- **Latencia distal**

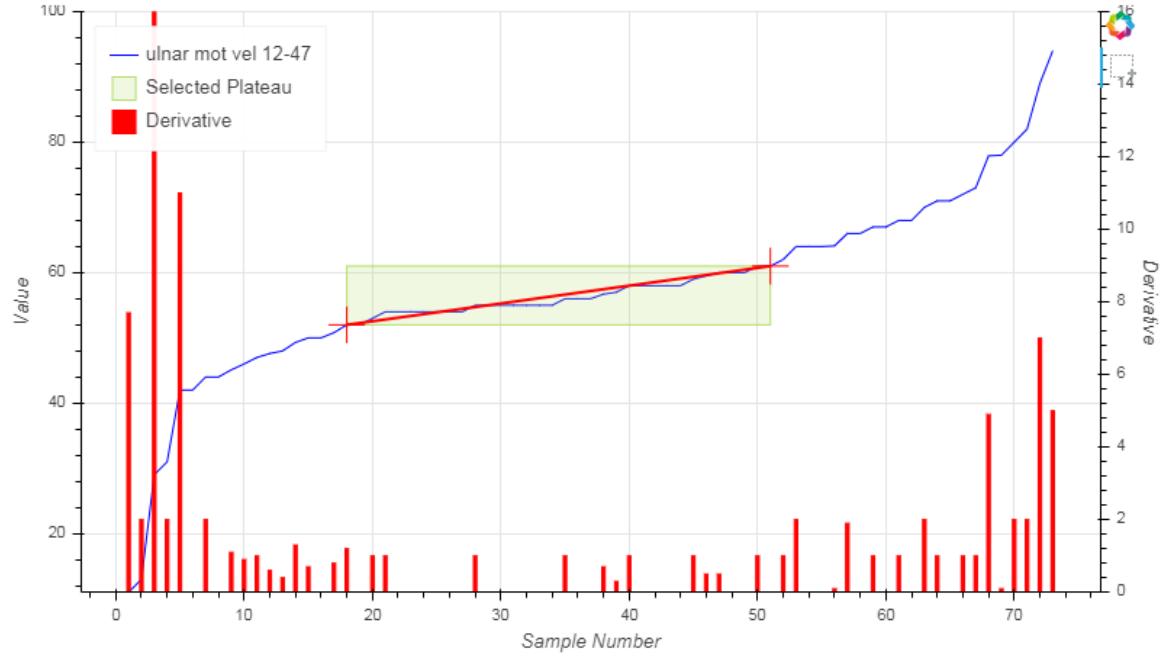


- **Amplitud distal**



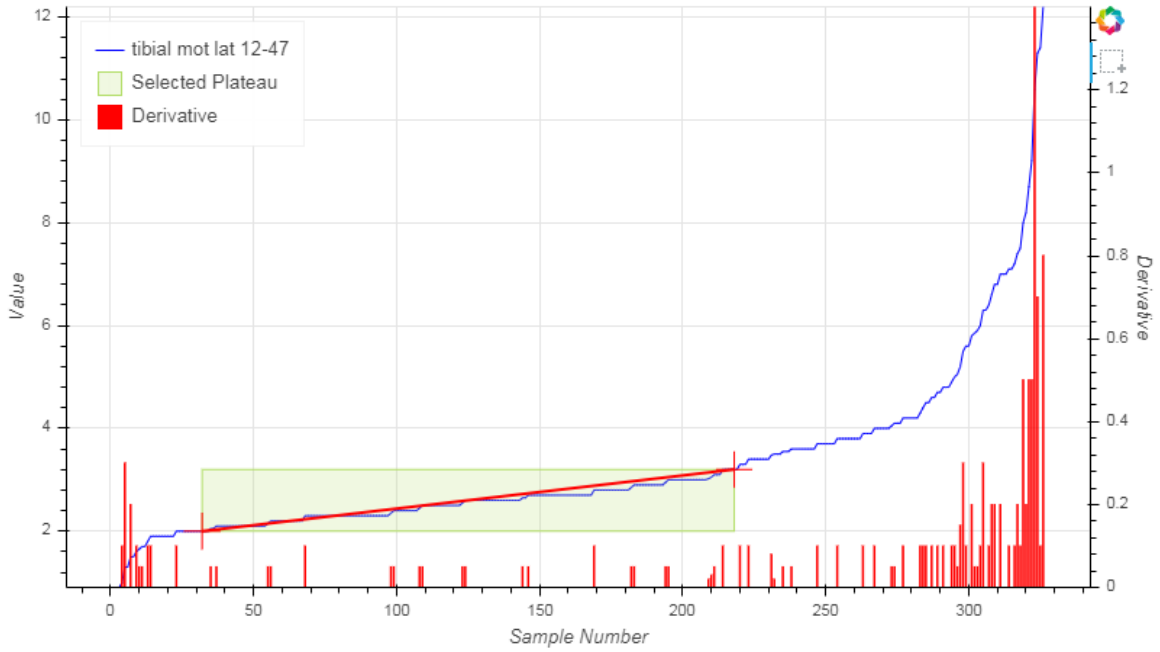


- **Velocidad de conducción**

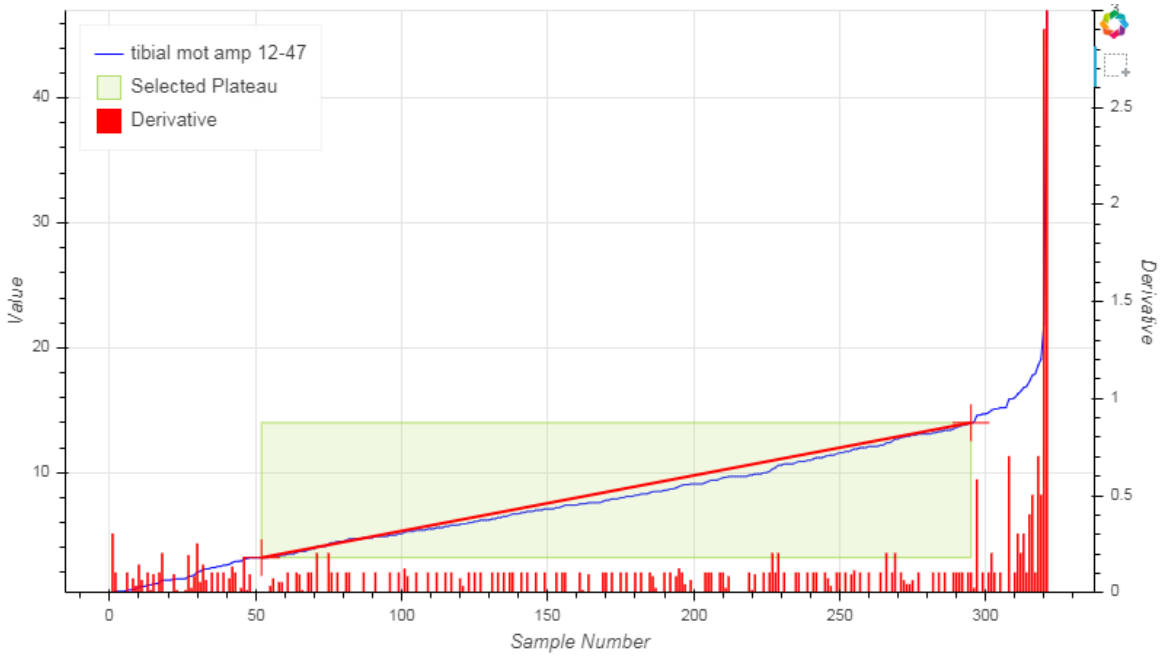


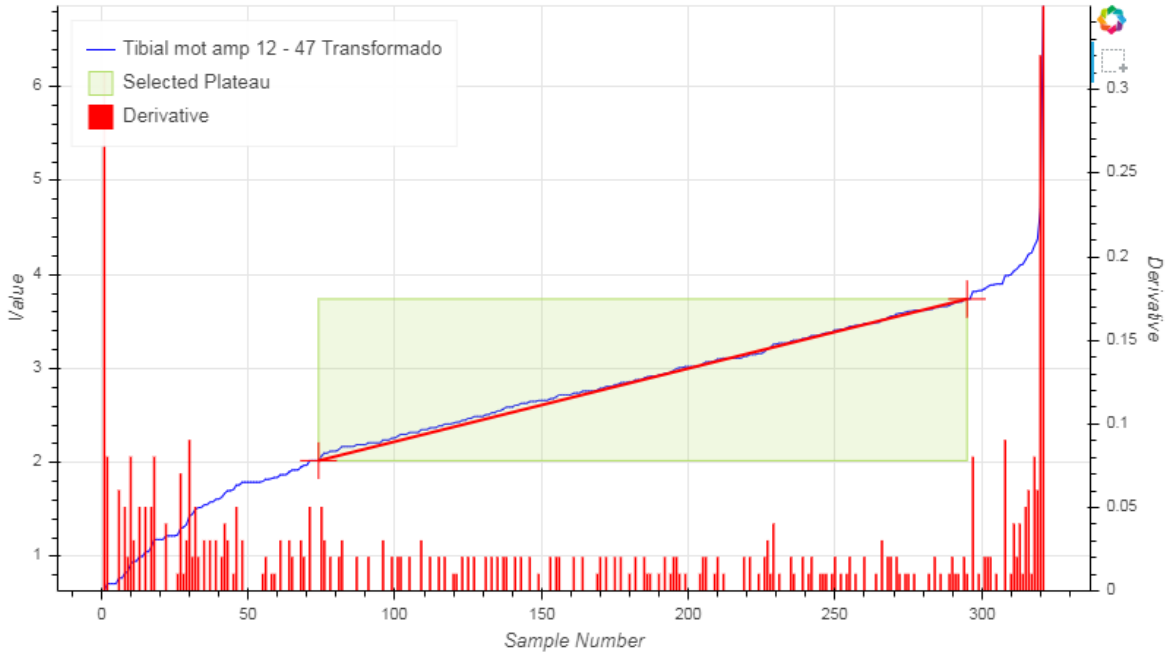
1.1.3 Nervio tibial motor

- **Latencia distal**

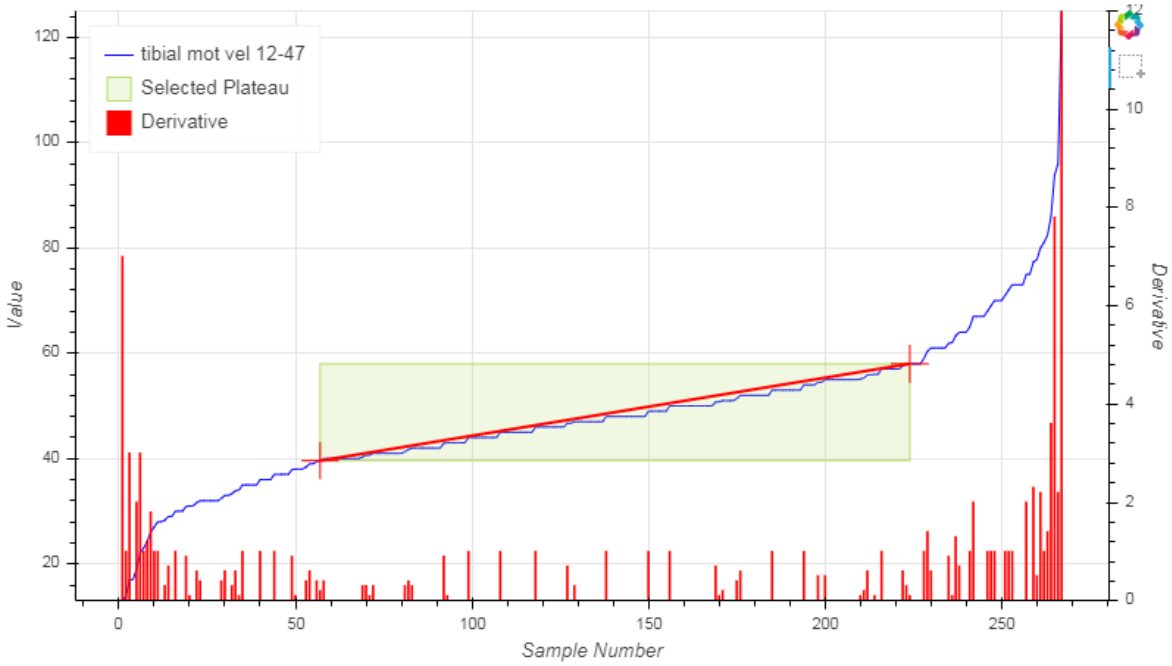


- **Amplitud distal**



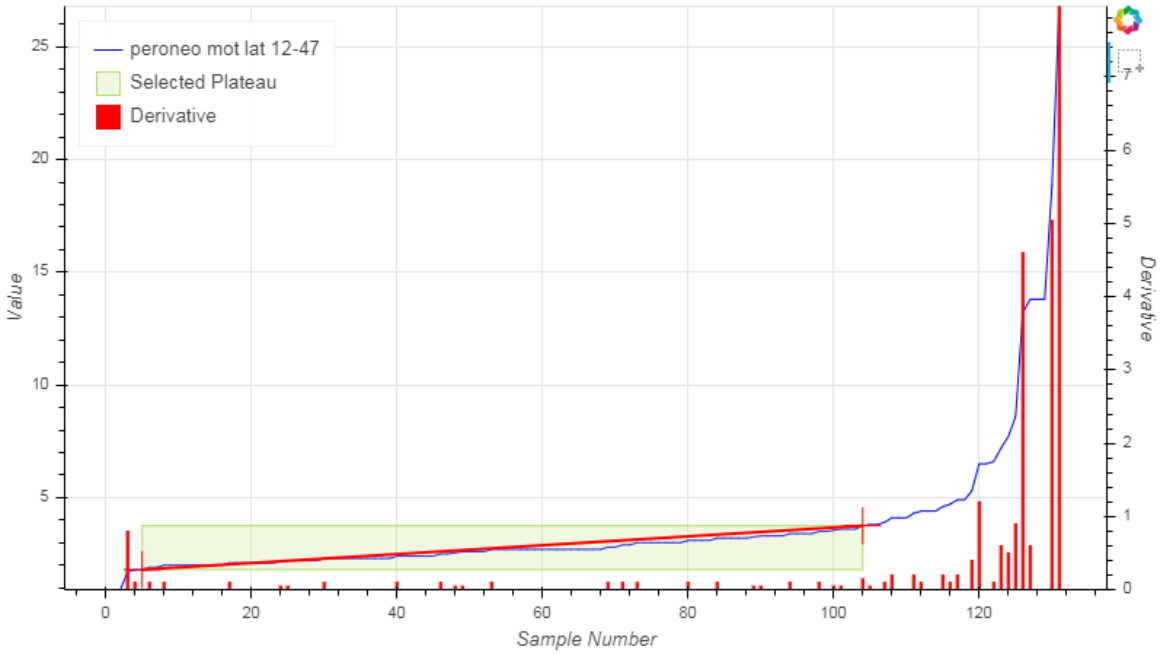


- **Velocidad de conducción**

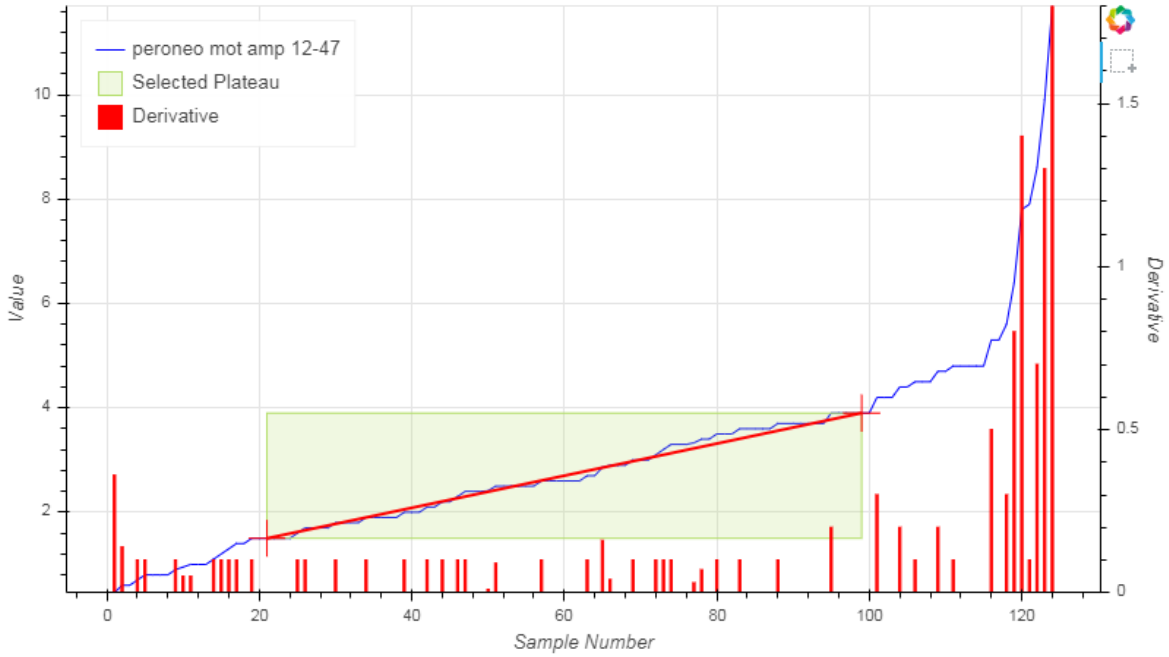


1.1.4 Nervio peroneo motor

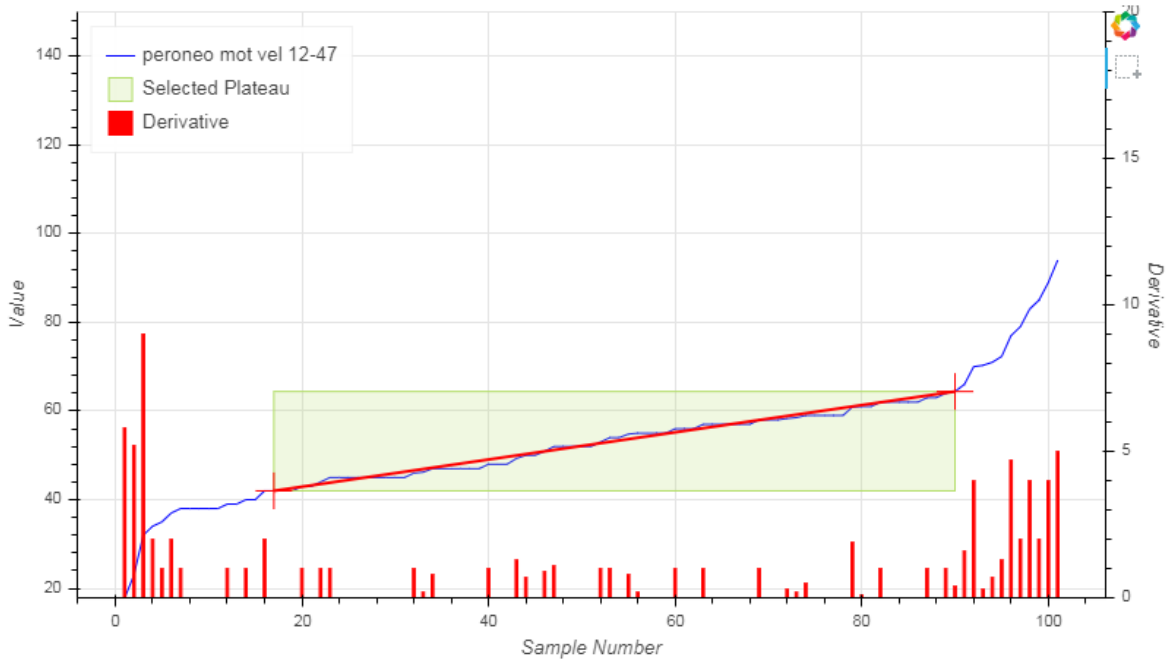
- **Latencia distal**



- **Amplitud distal**

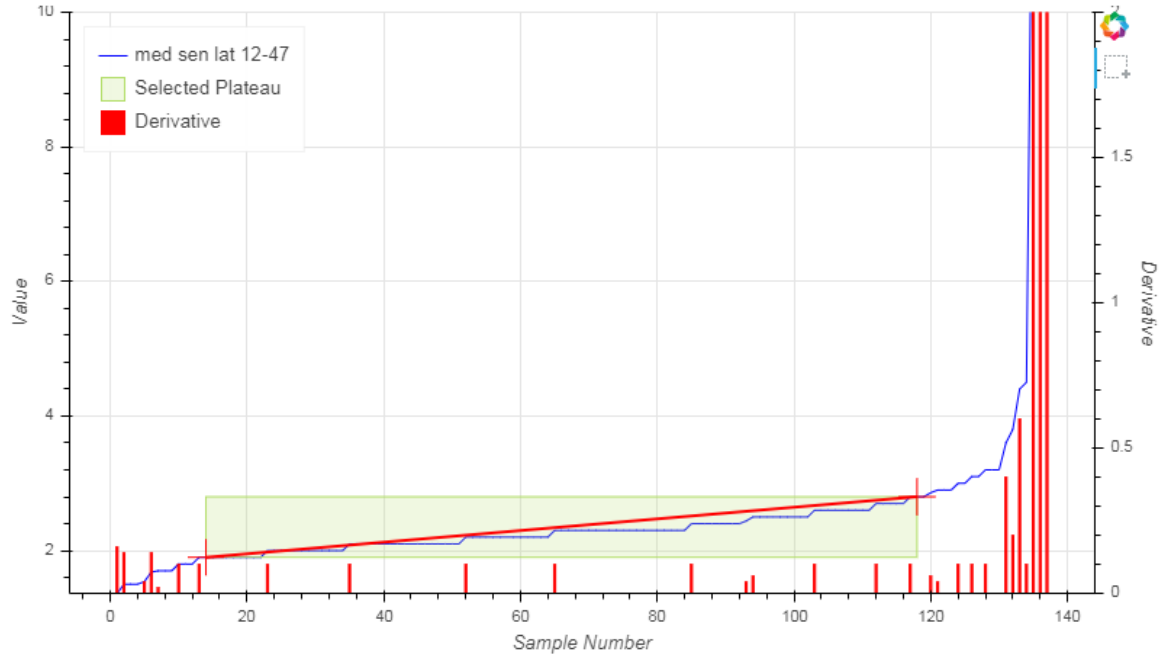


- **Velocidad de conducción**

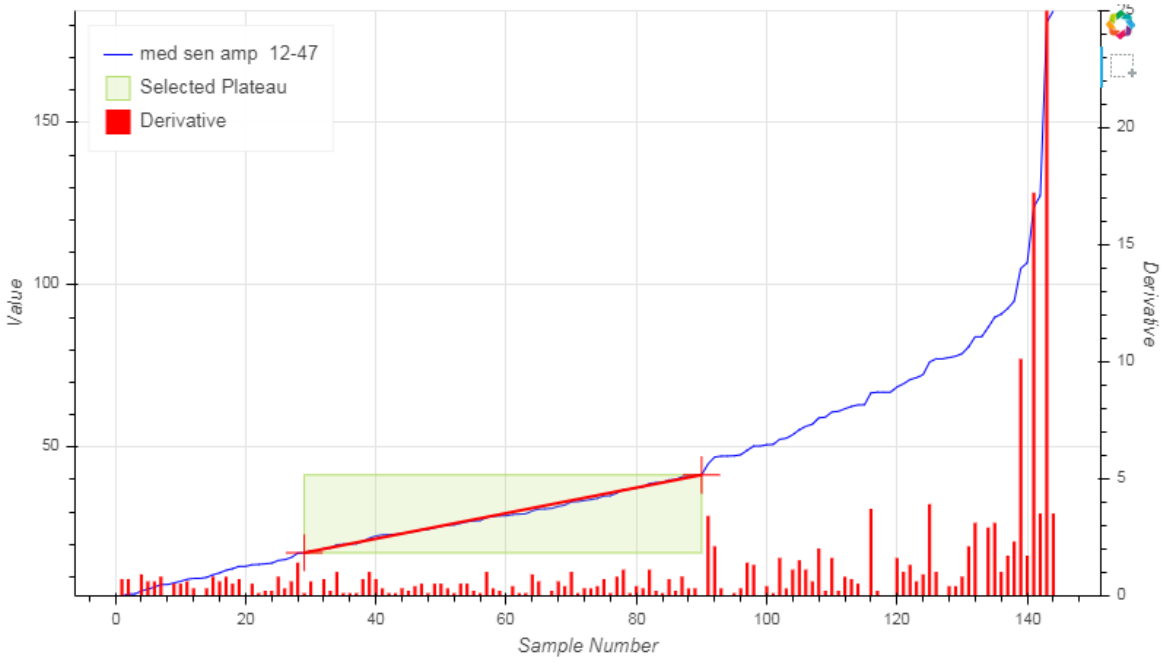


1.1.5 Nervio mediano sensitivo

- **Latencia al pico**

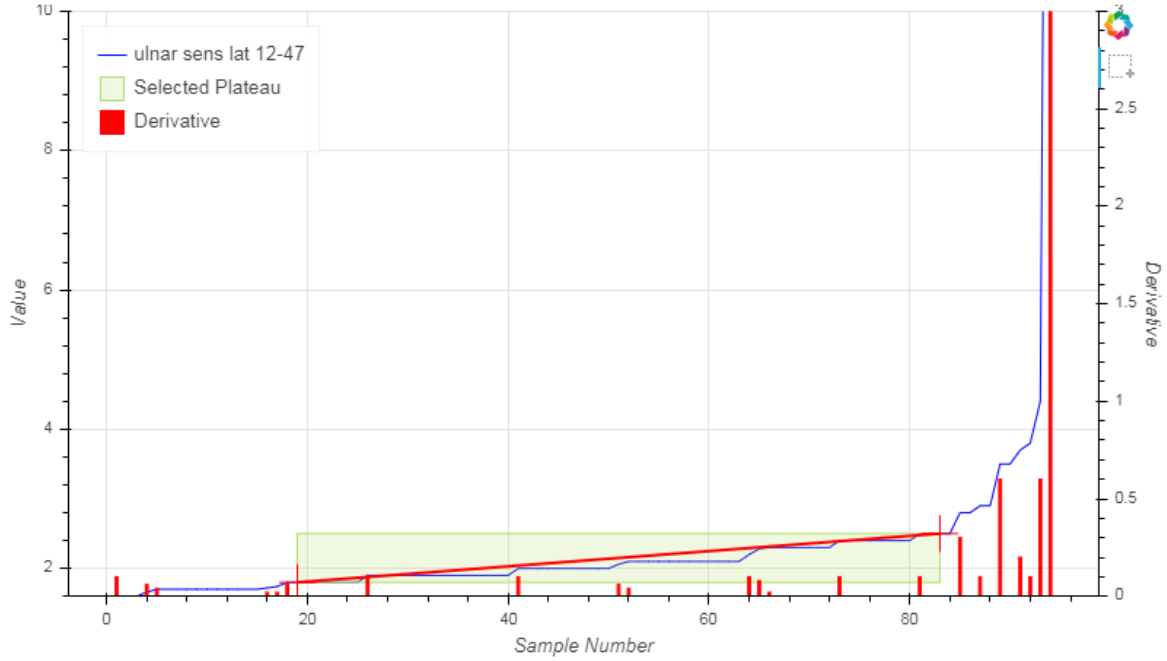


- **Amplitud inicio a pico**

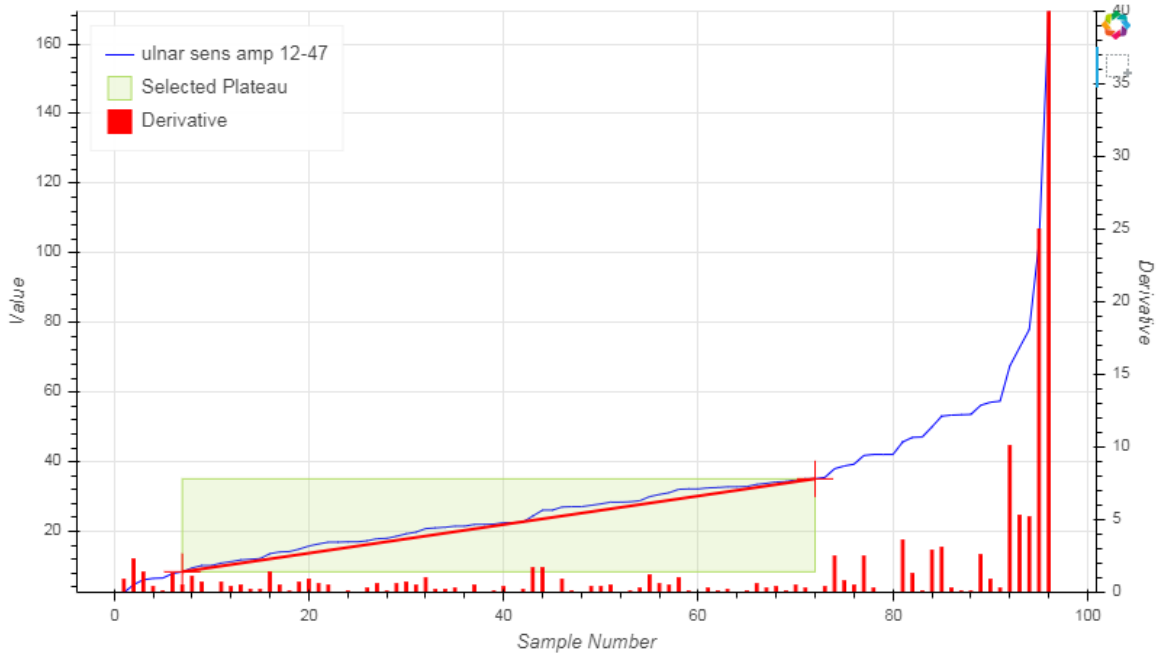


1.1.6 Nervio ulnar sensitivo

- **Latencia al pico**

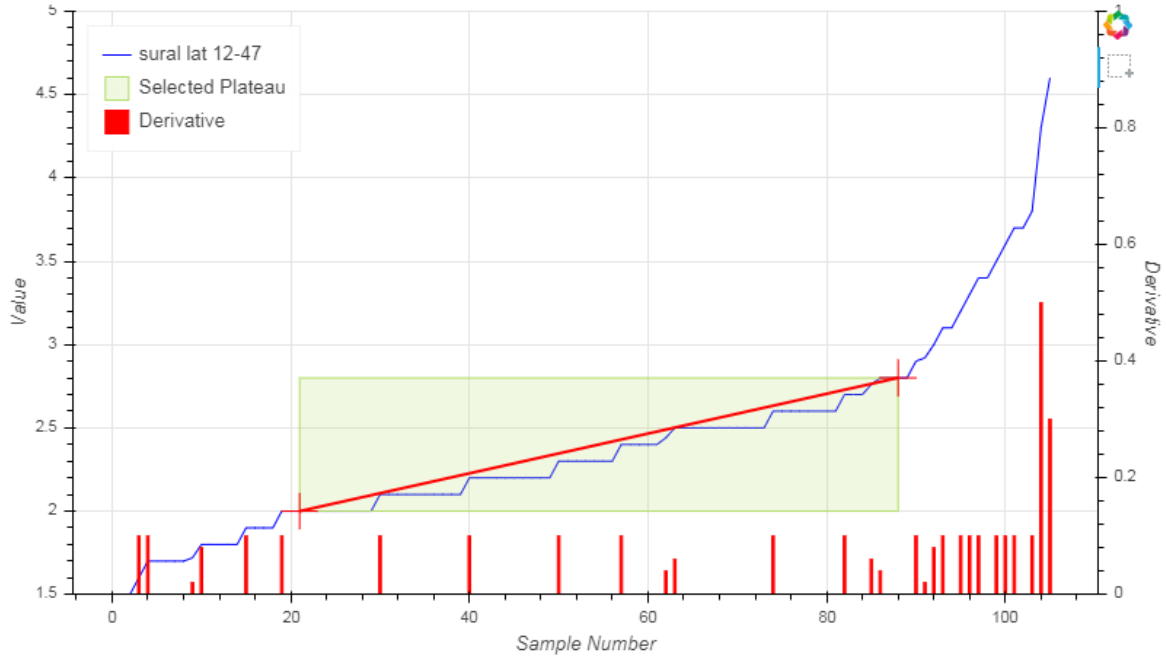


- **Amplitud inicio a pico**

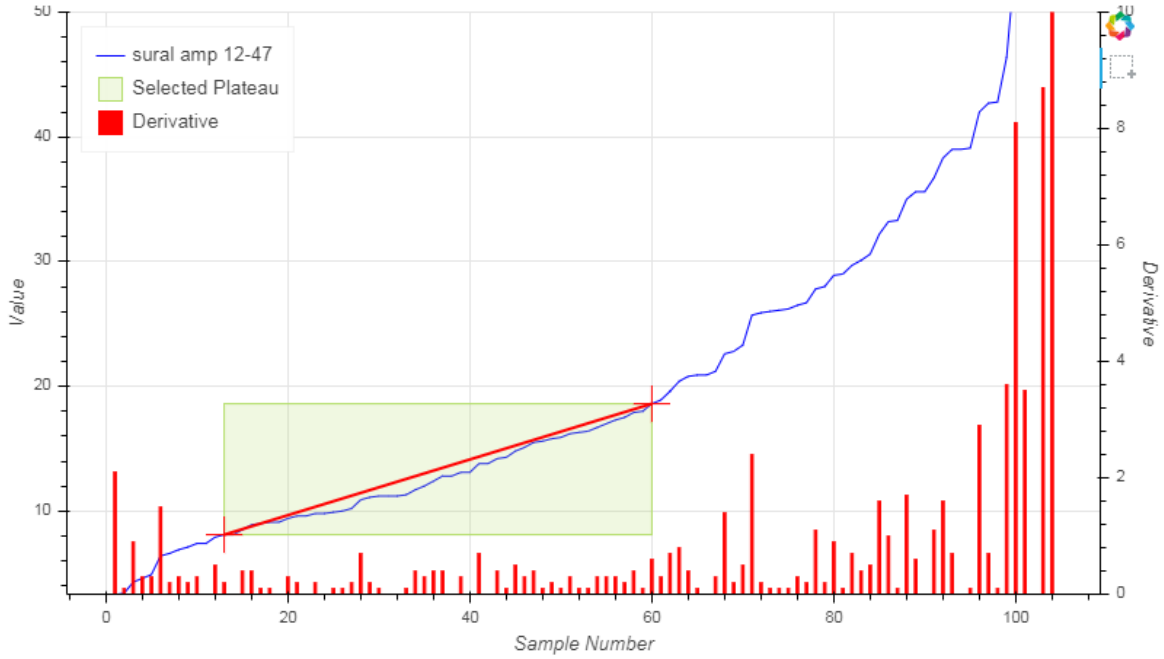


1.1.7 Nervio sural

- **Latencia al pico**



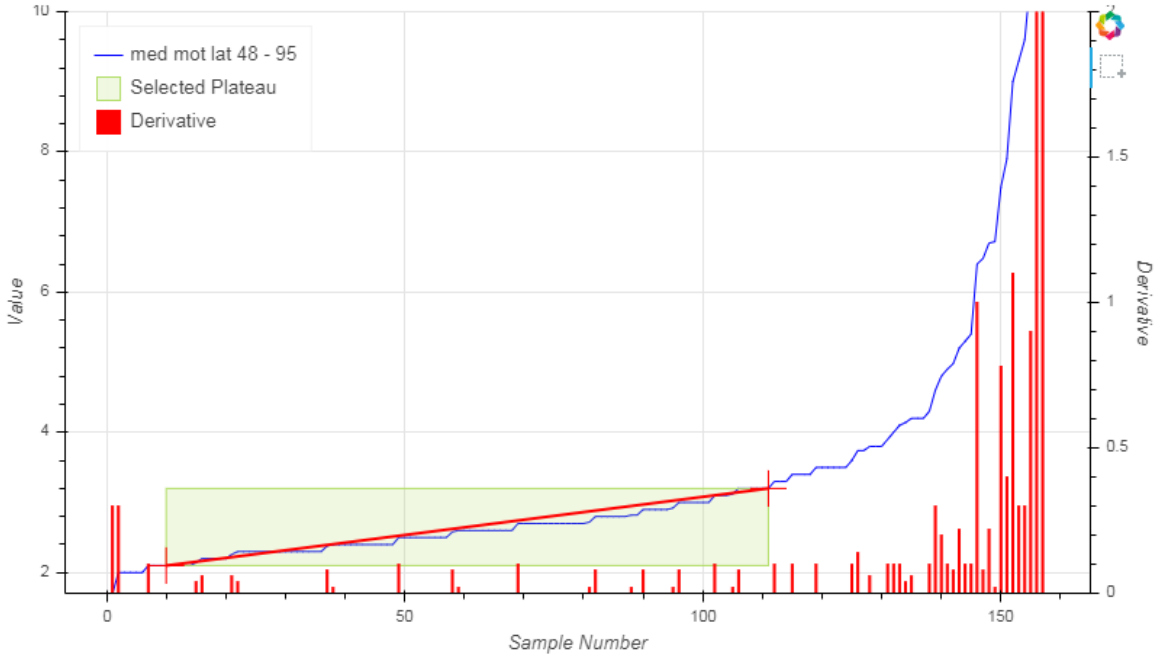
- **Amplitud inicio a pico**



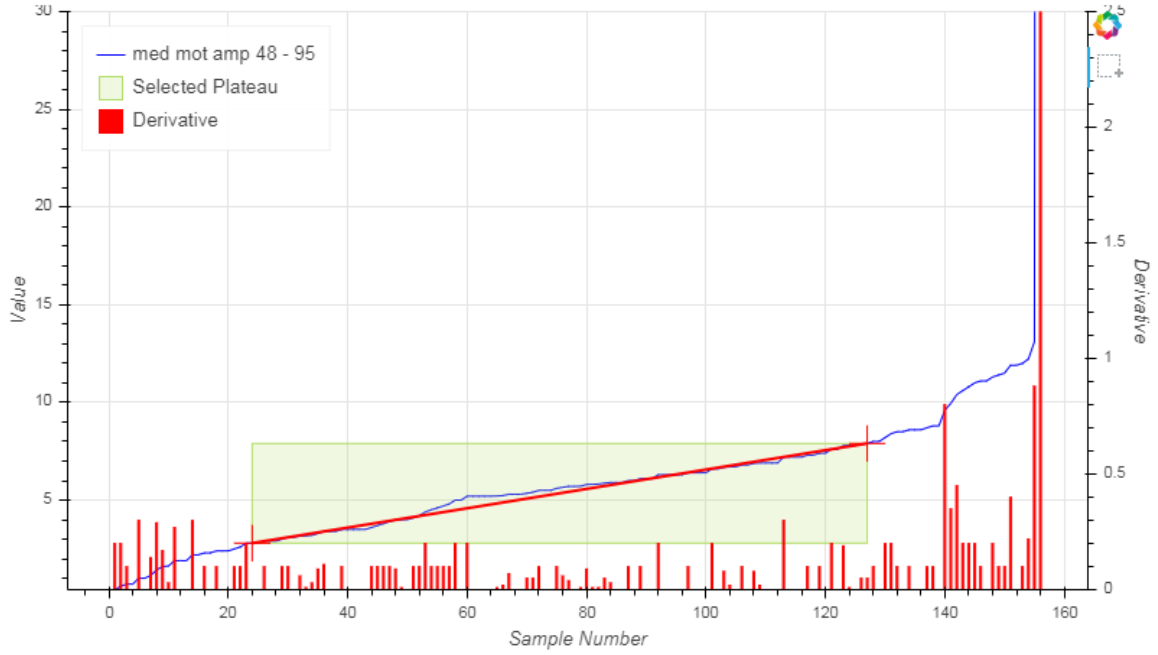
1.2 Grupo etario 48 a 95m

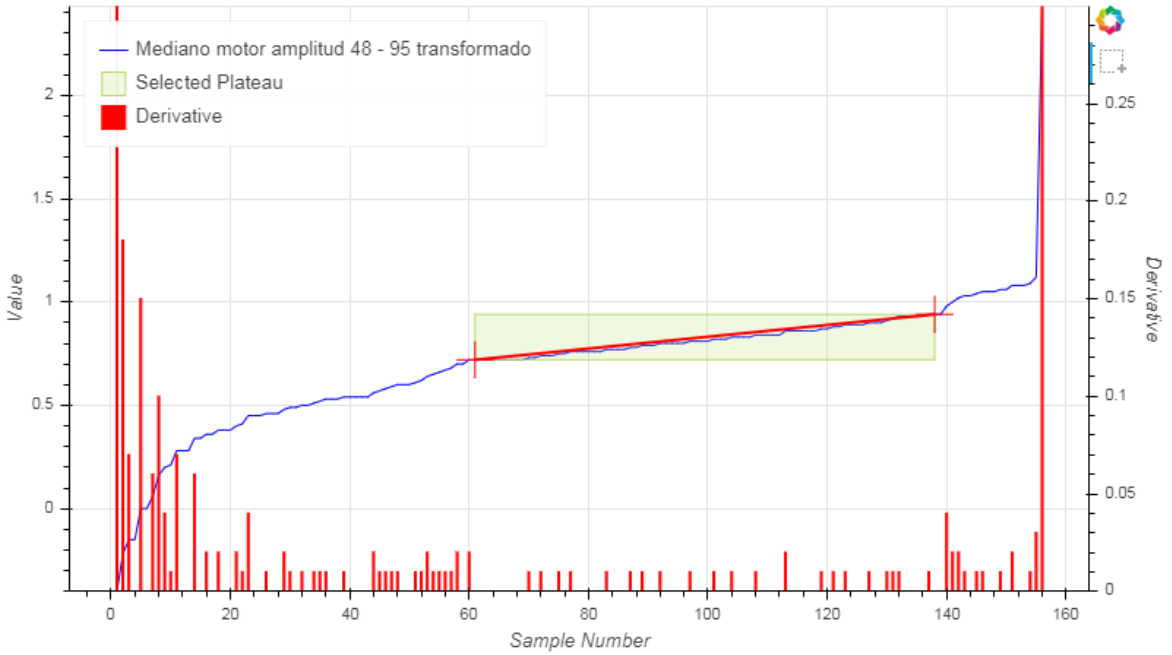
1.2.1 Nervio mediano motor

- **Latencia distal**

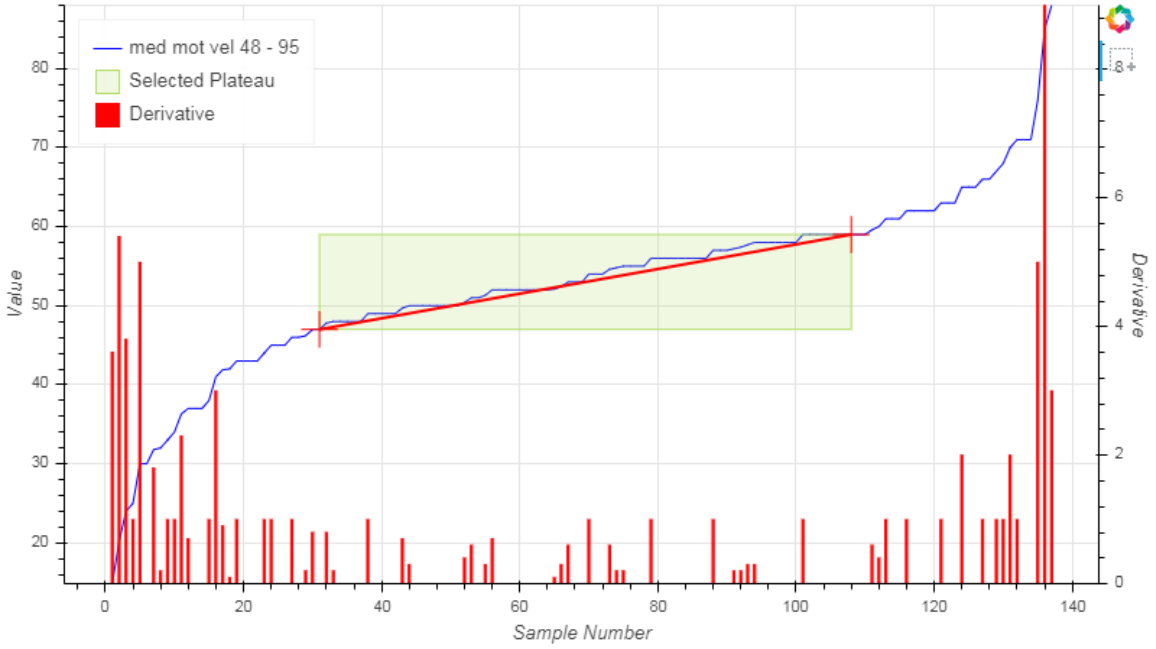


- **Amplitud distal**



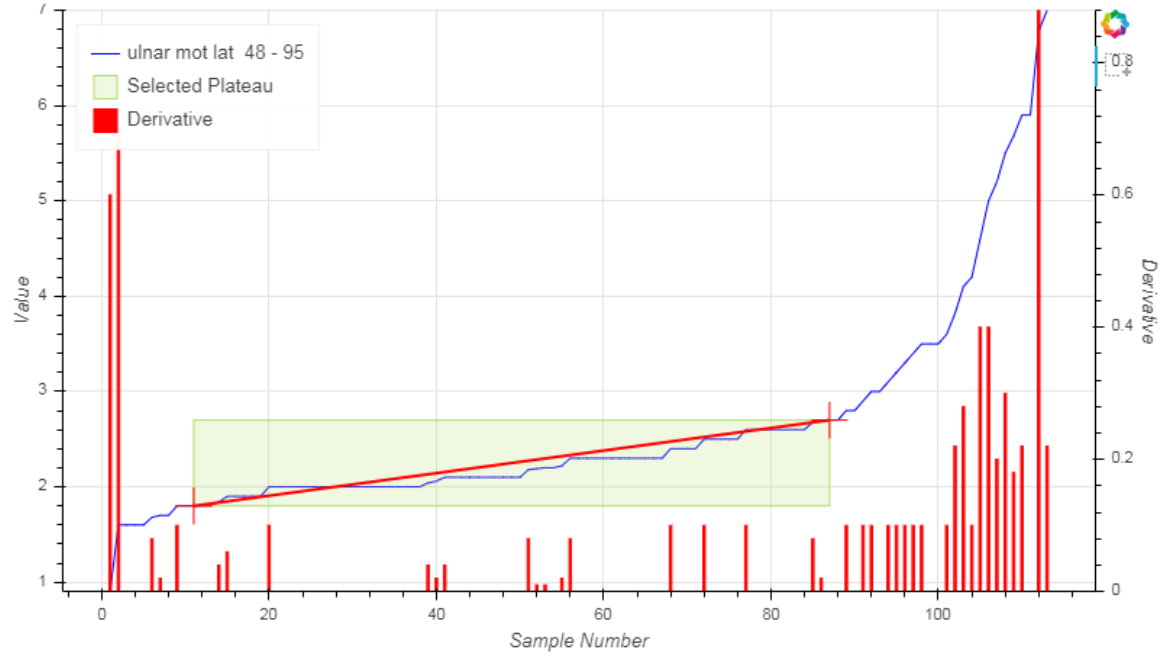


- **Velocidad de conducción**

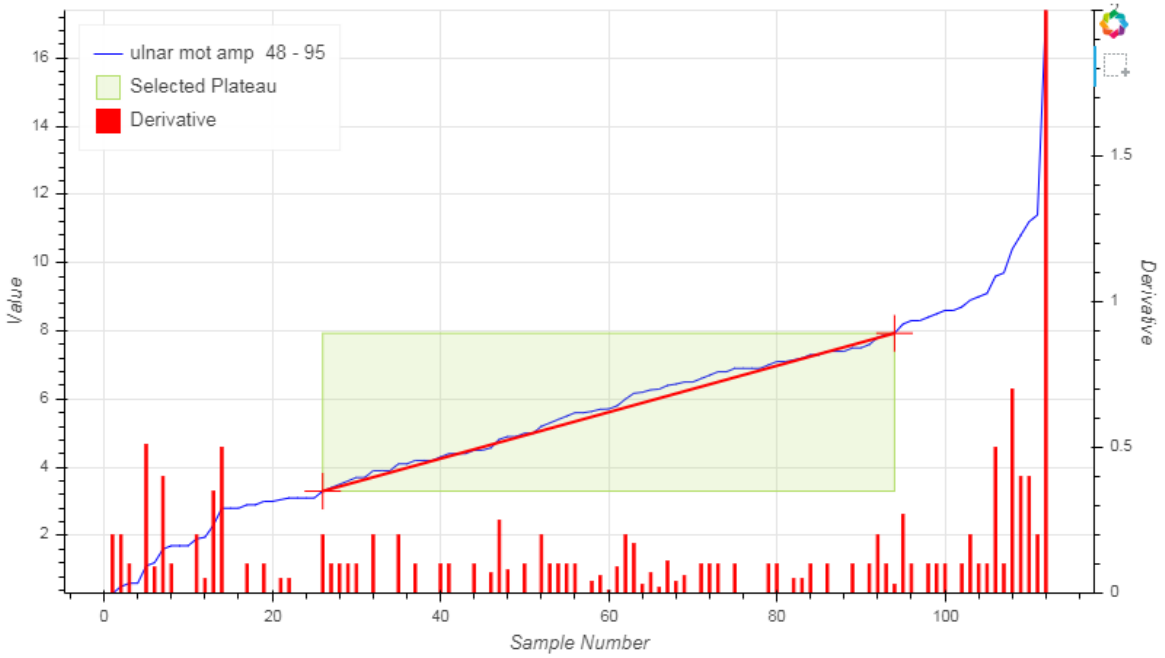


1.2.2 Nervio ulnar motor

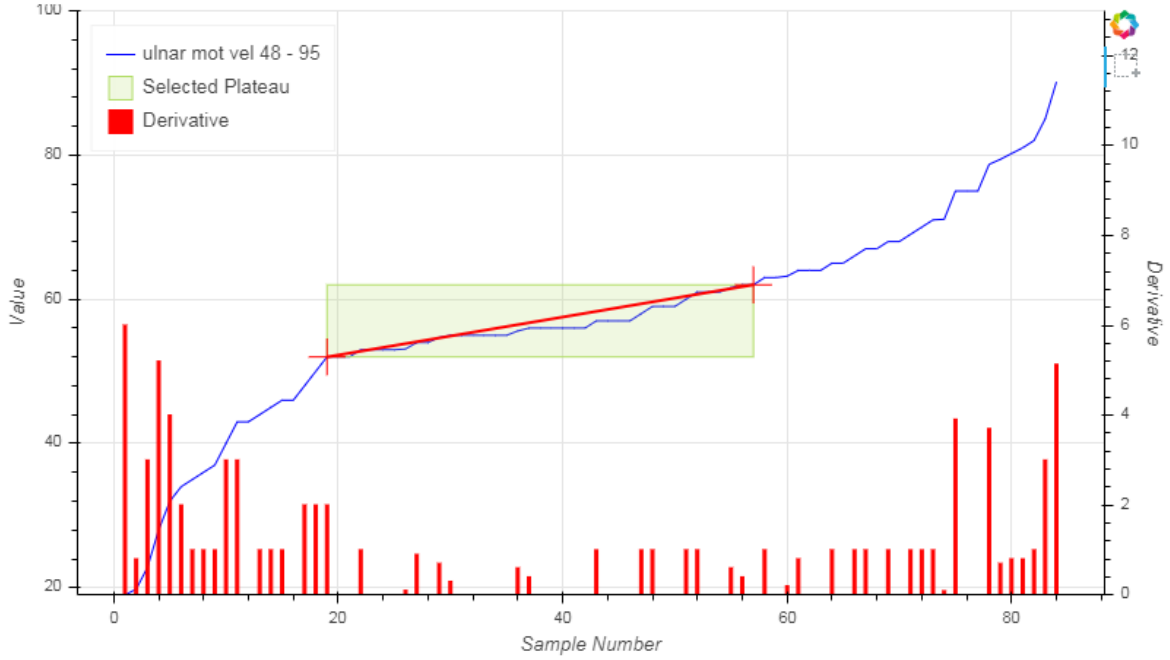
- **Latencia distal**



- **Amplitud distal**

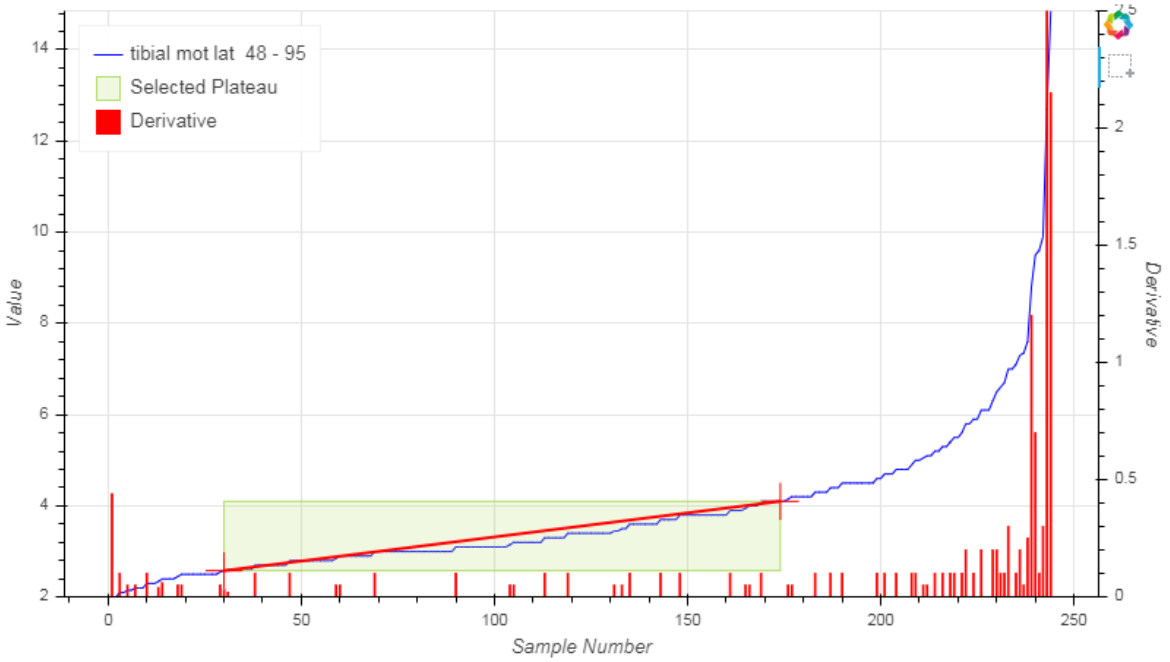


- **Velocidad de conducción**

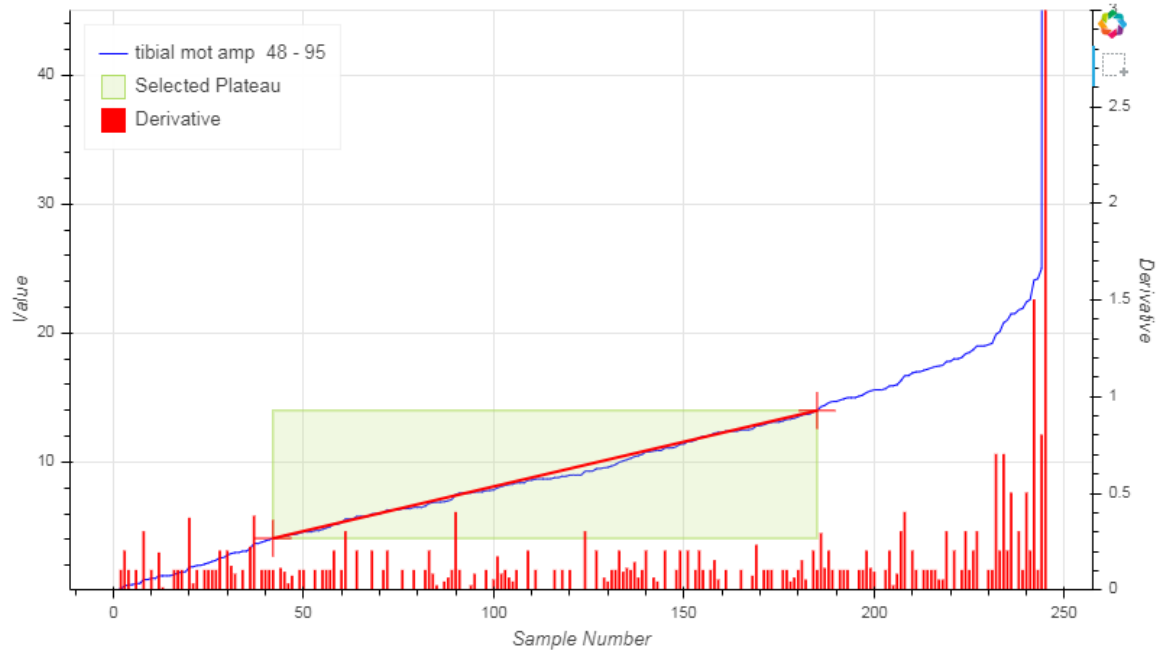


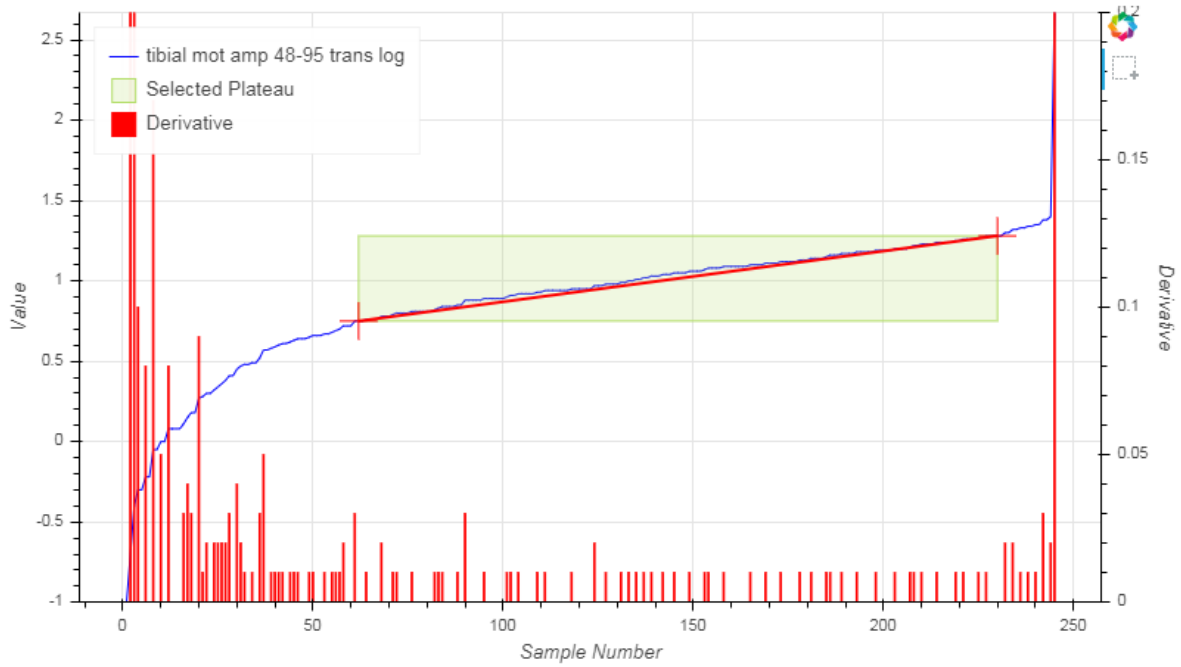
1.2.3 Nervio tibial motor

- **Latencia distal**

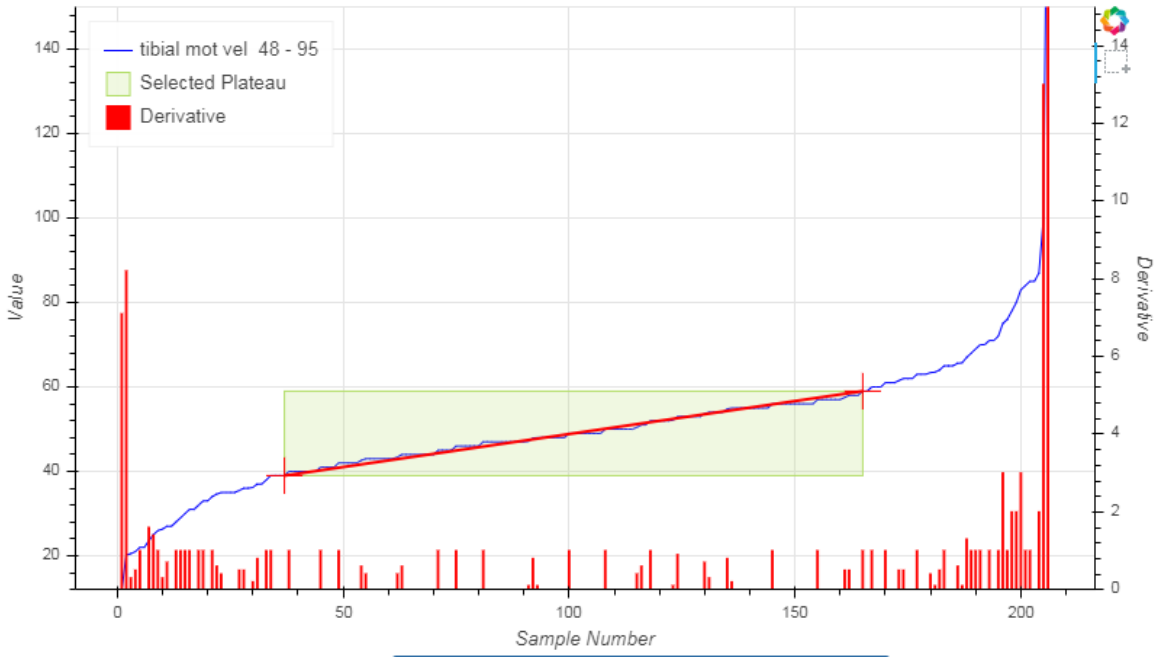


- **Amplitud distal**



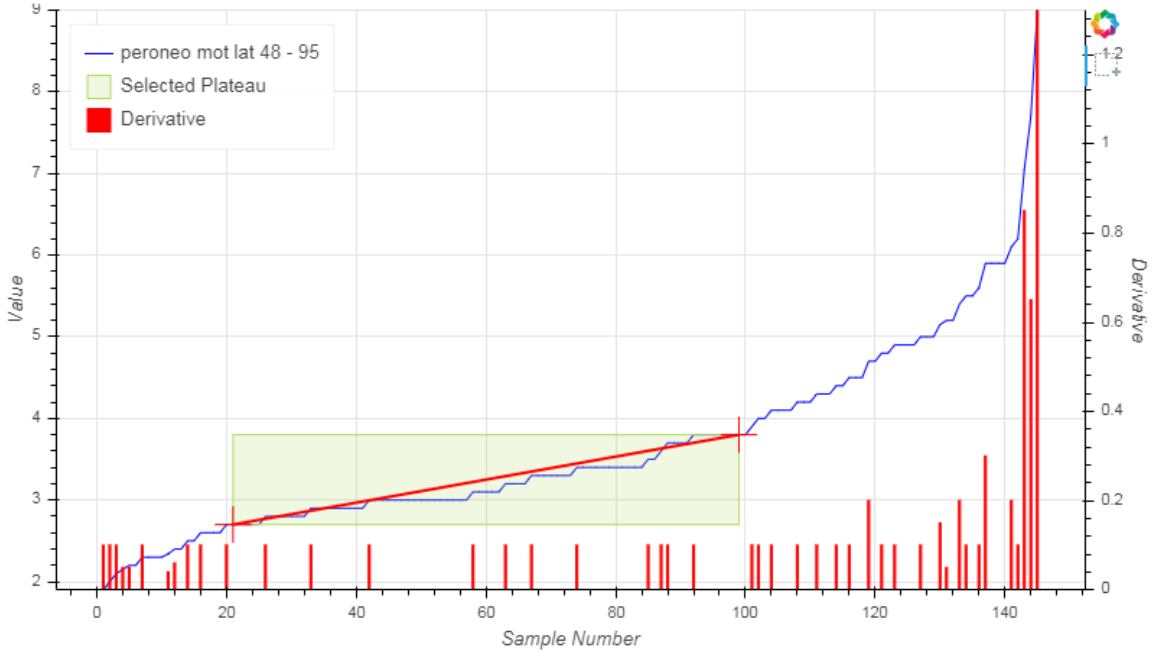


- **Velocidad de conducción**

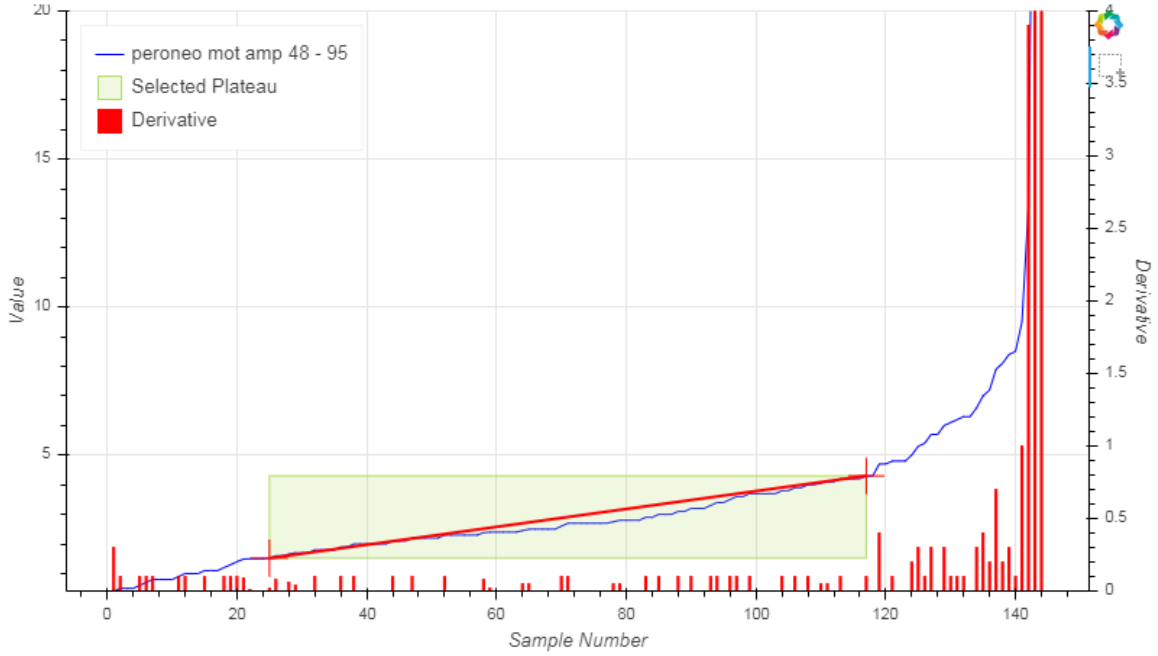


1.2.4 Nervio peroneo motor

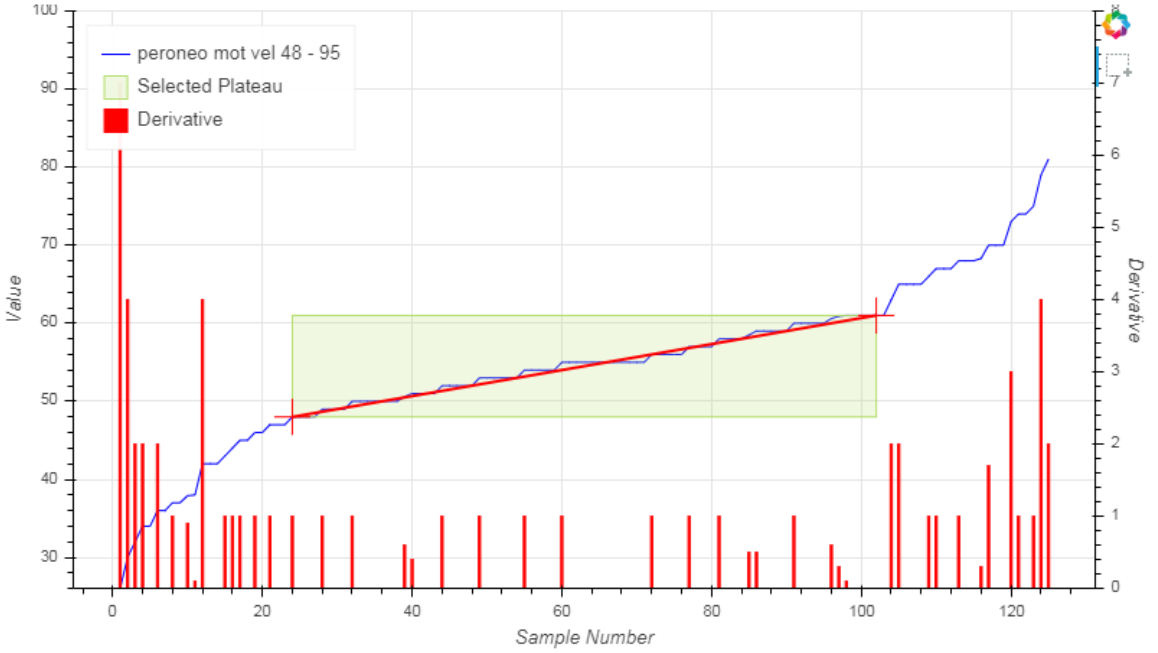
- **Latencia distal**



- **Amplitud distal**

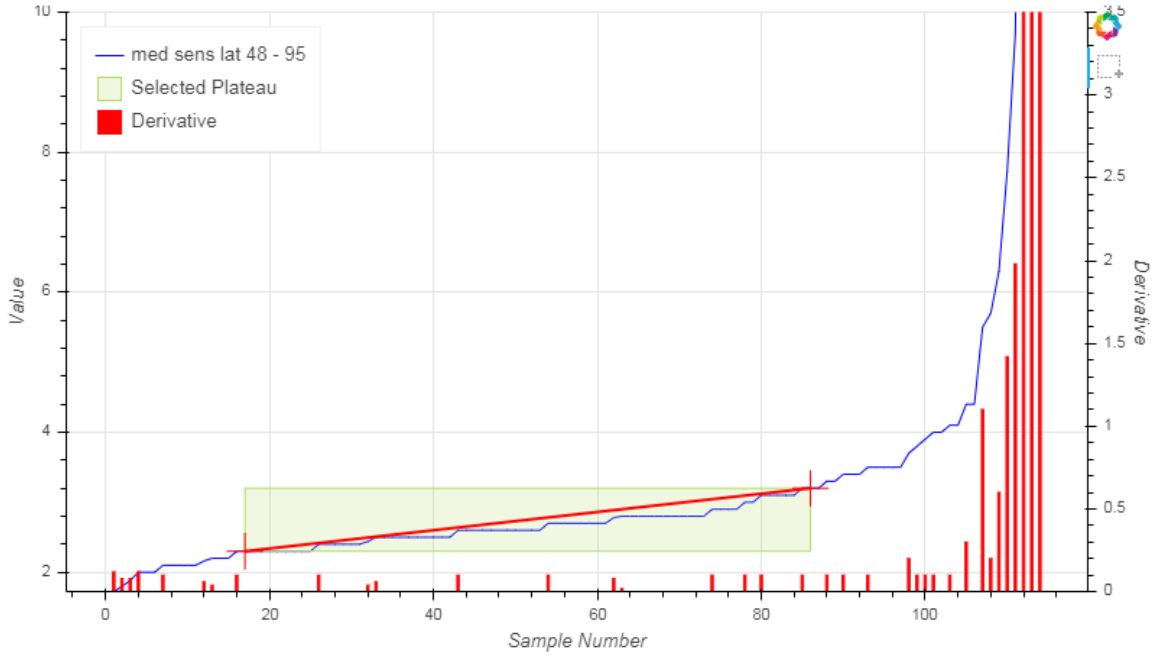


- **Velocidad de conducción**

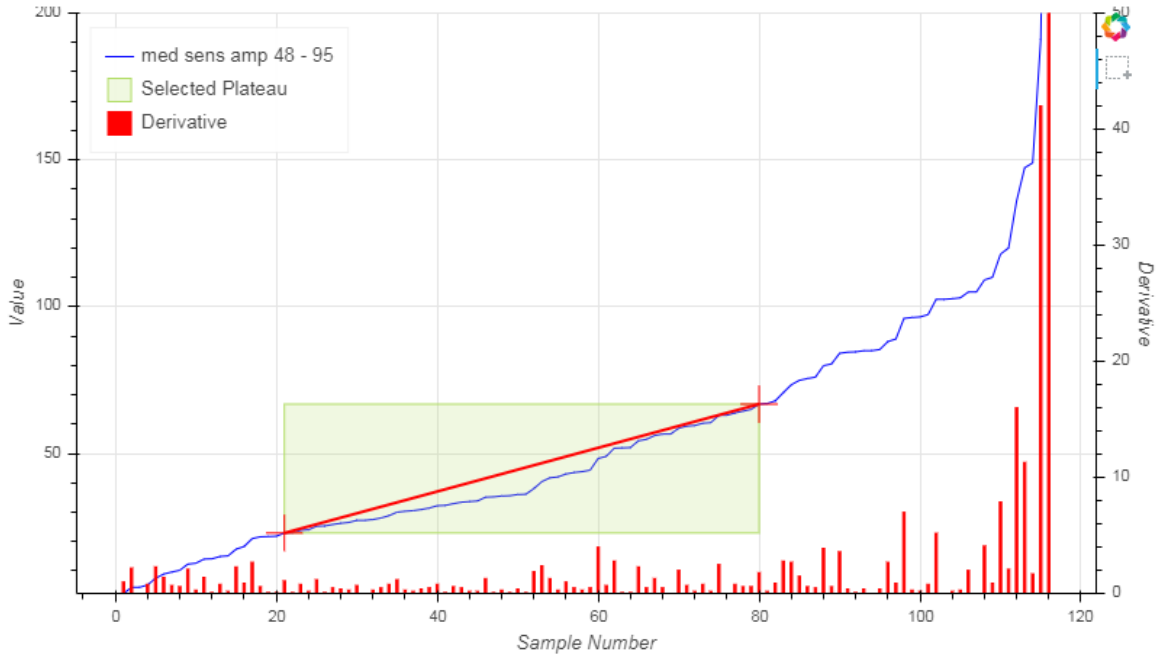


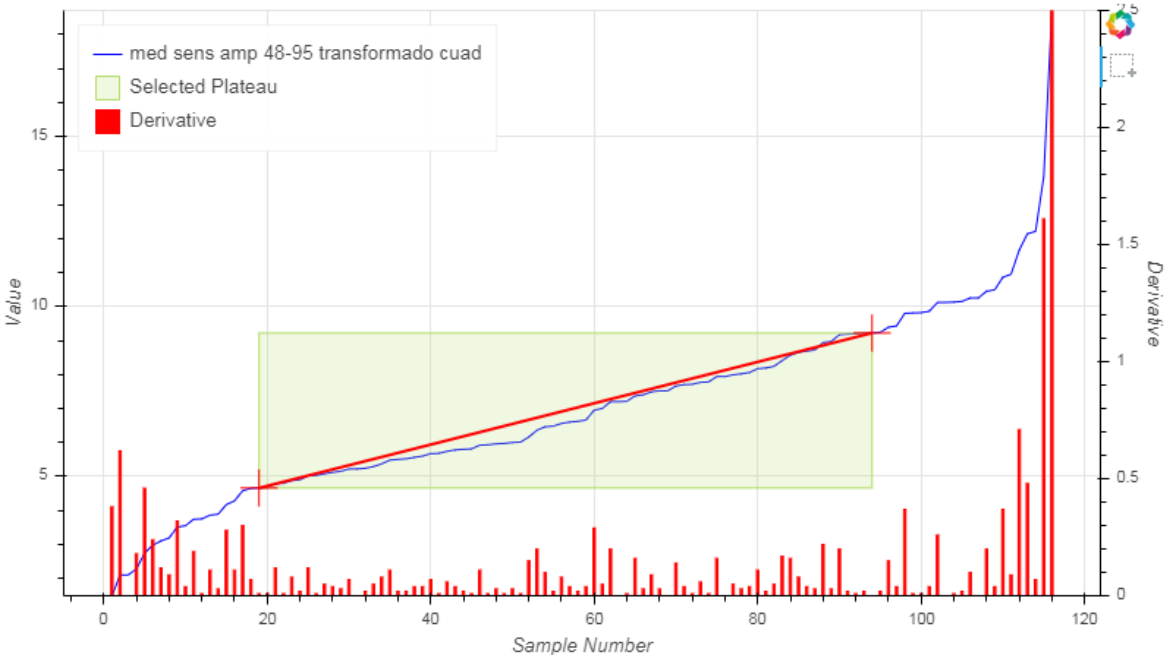
1.2.5 Nervio mediano sensitivo

- **Latencia al pico**



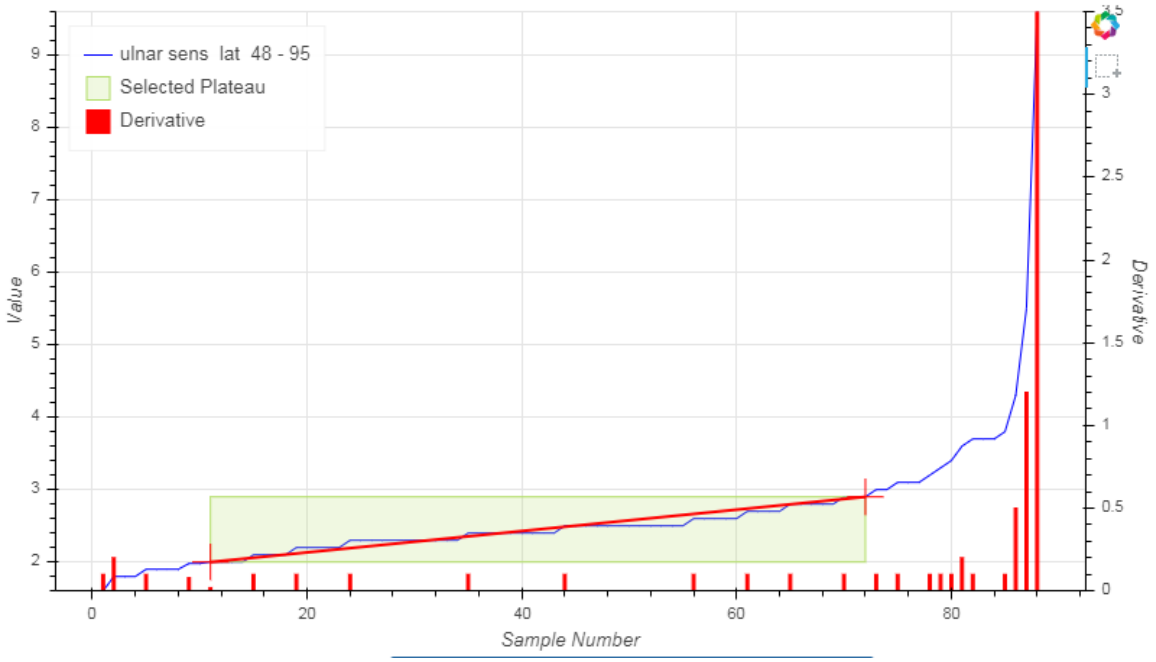
- **Amplitud inicio a pico**



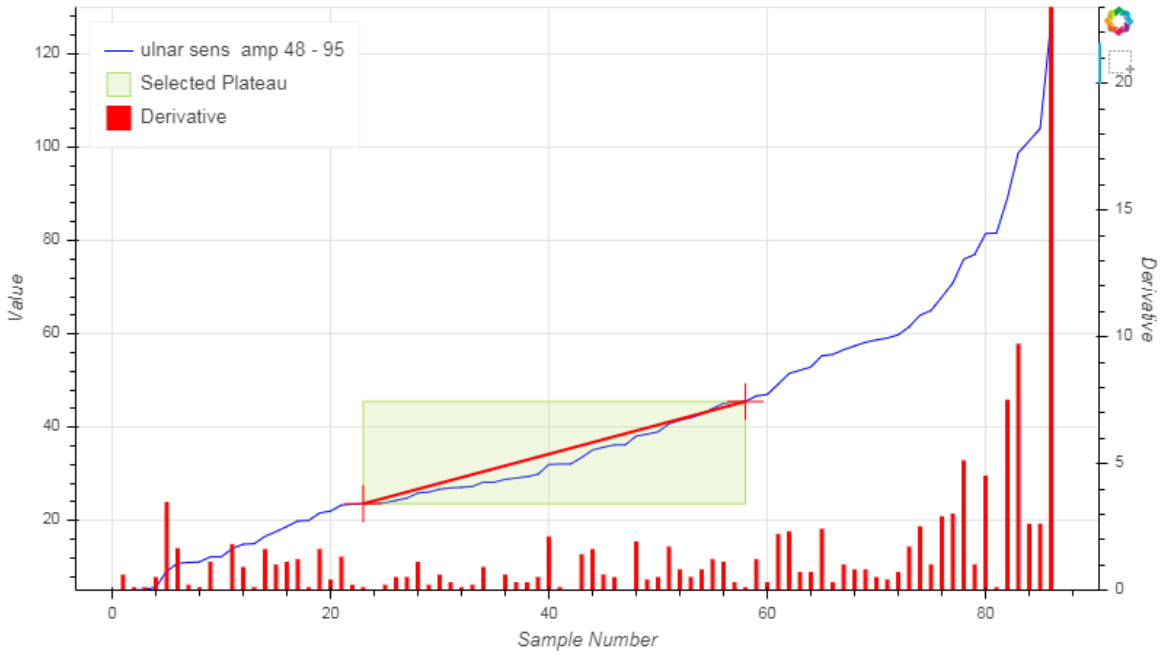


1.2.6 Nervo ulnar sensitivo

- **Latencia al pico**

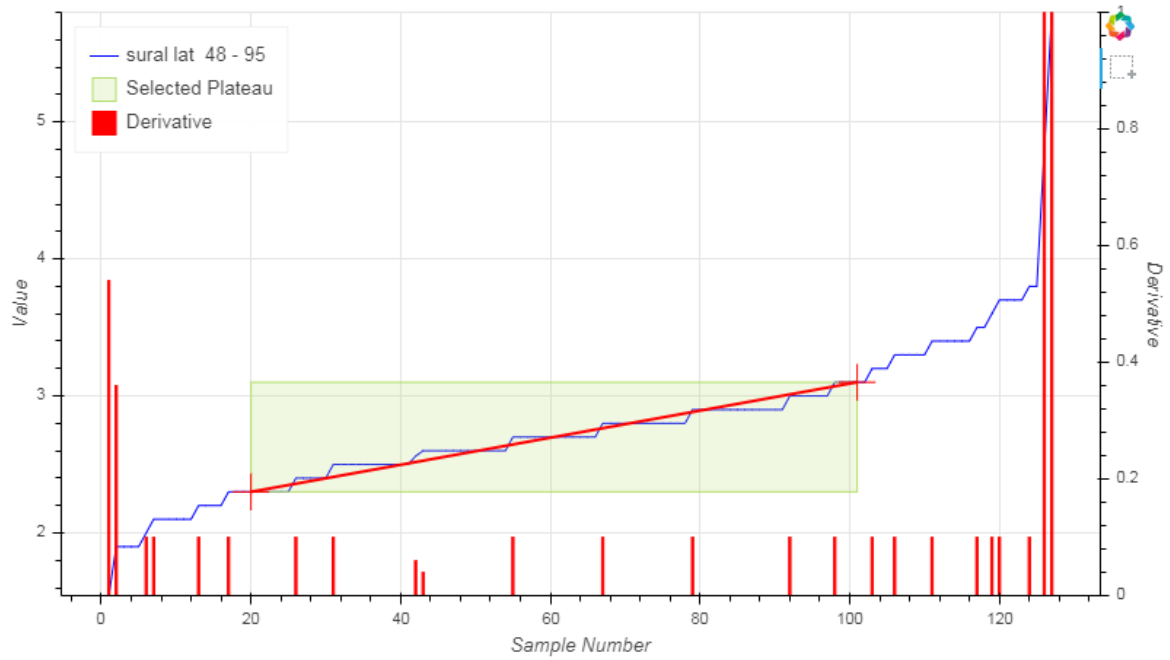


- **Amplitud inicio a pico**

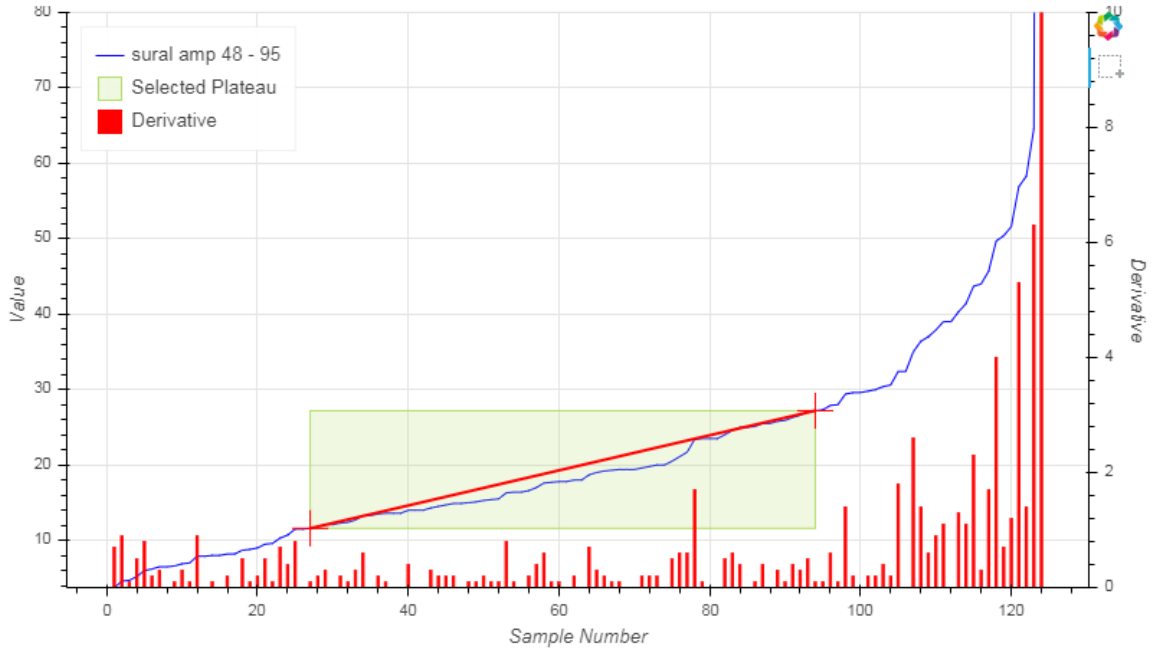


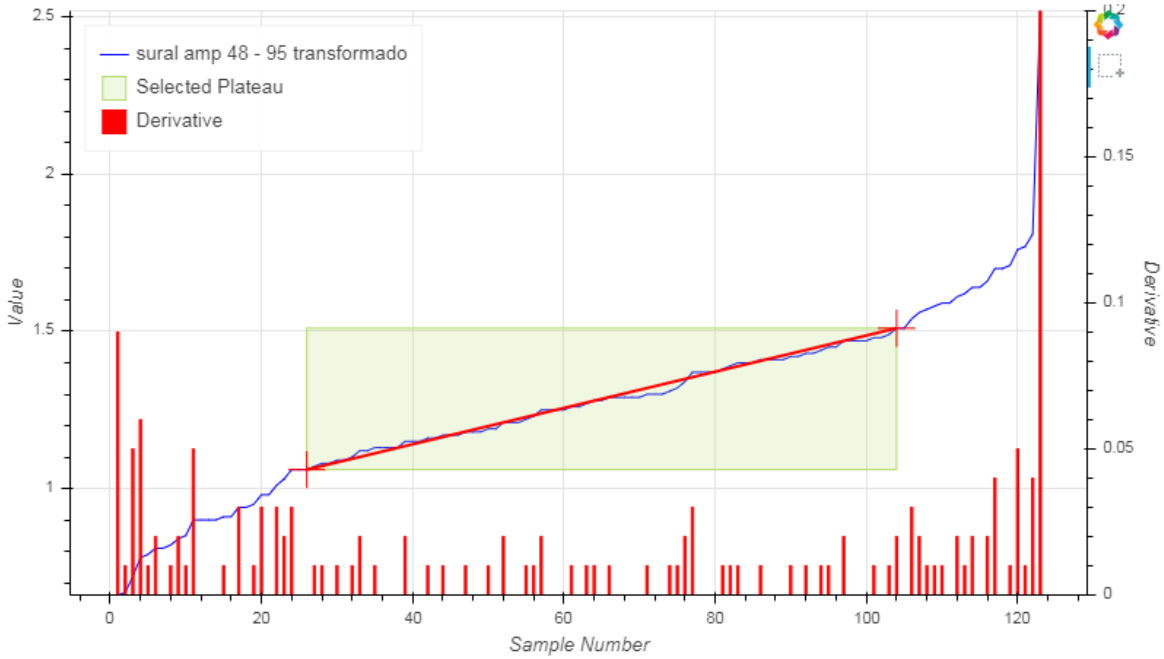
1.2.7 Nervio sural

- **Latencia al pico**



- **Amplitud inicio a pico**

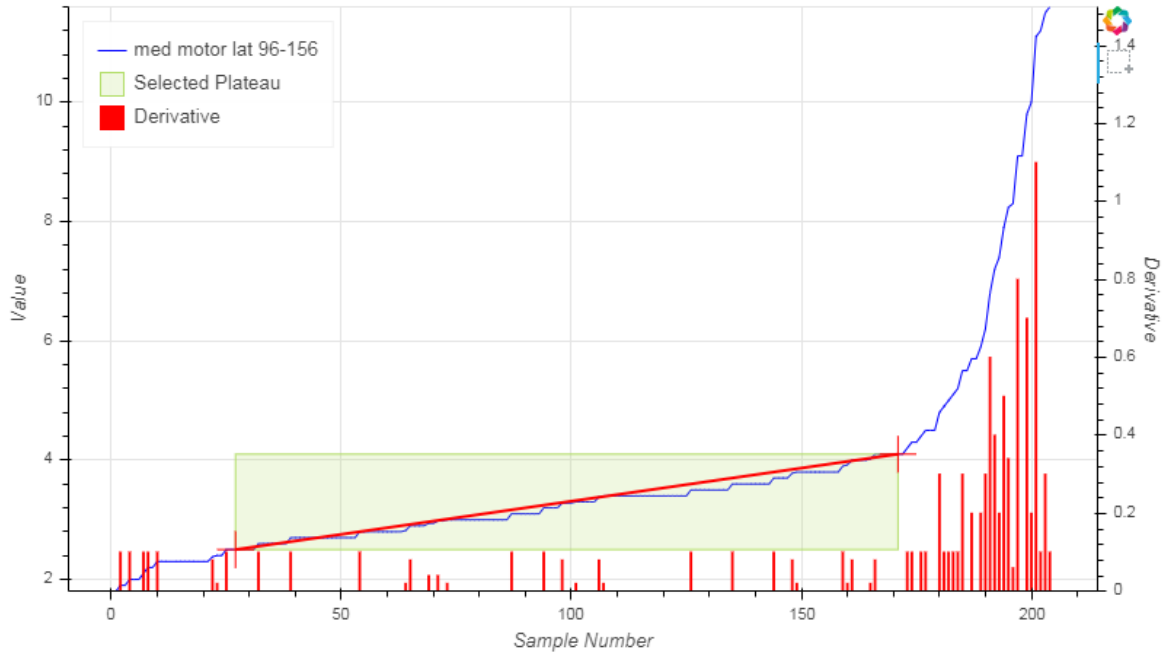




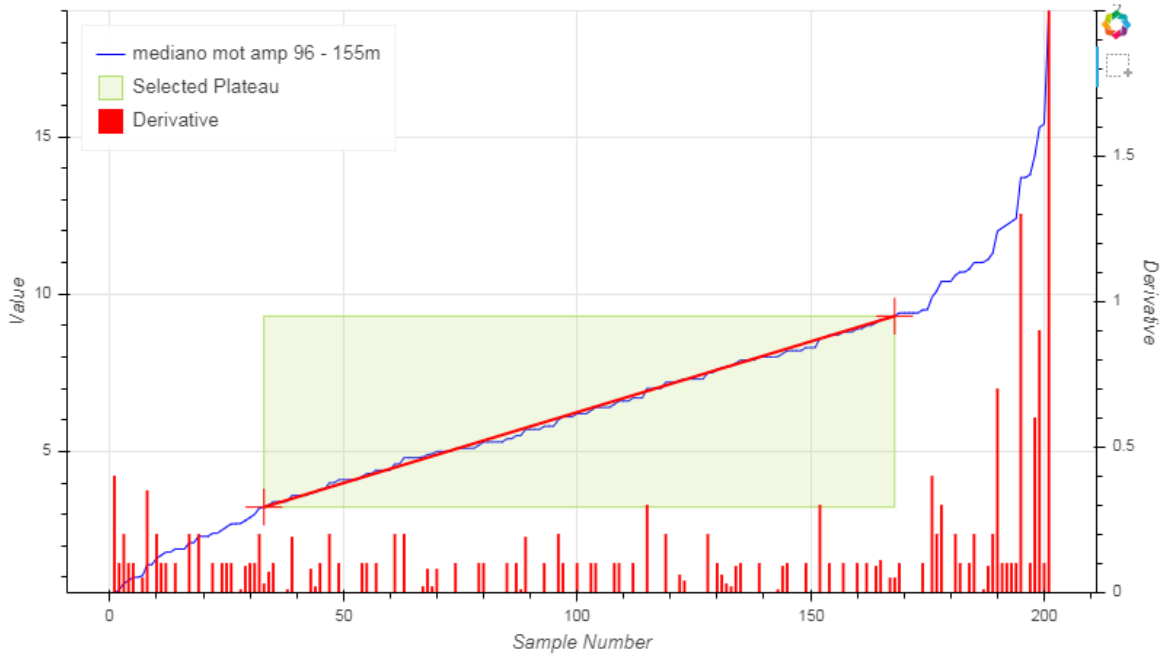
1.3 Grupo etario 96 a 155m

1.3.1 Nervio mediano motor

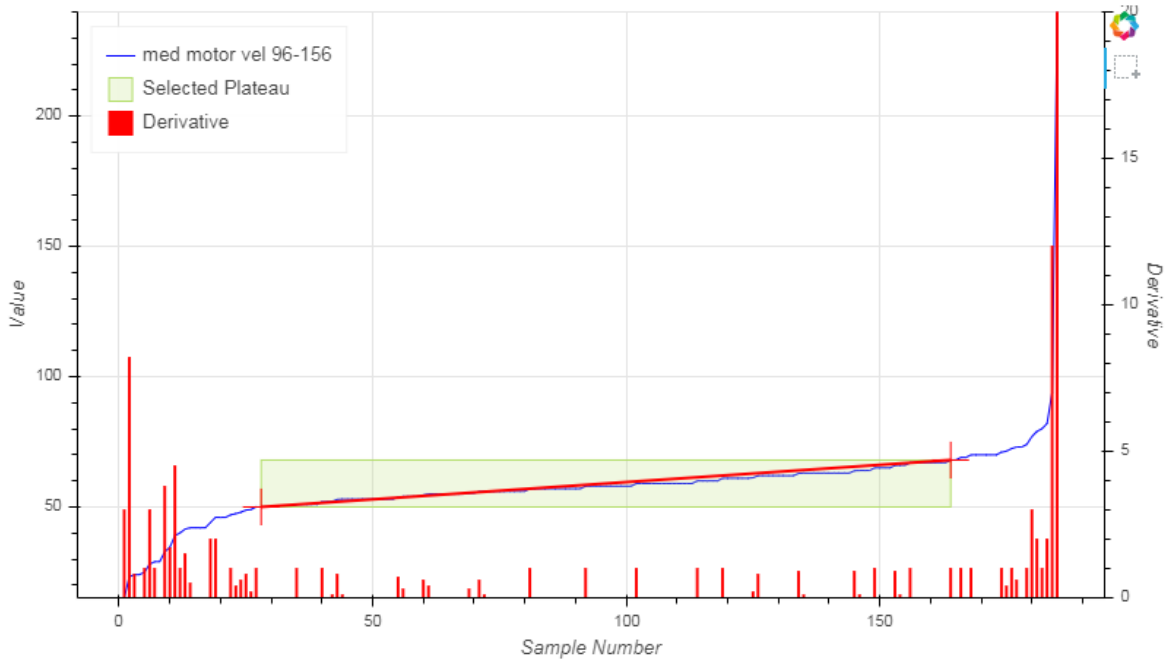
- **Latencia distal**



- **Amplitud distal**

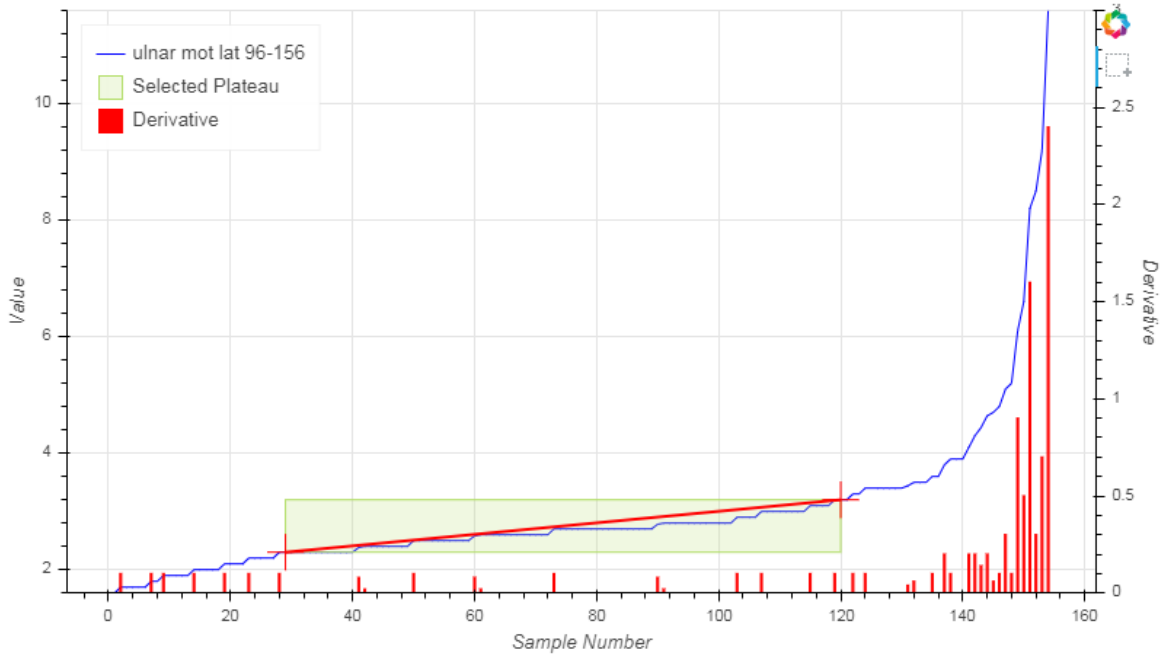


- **Velocidad de conducción**

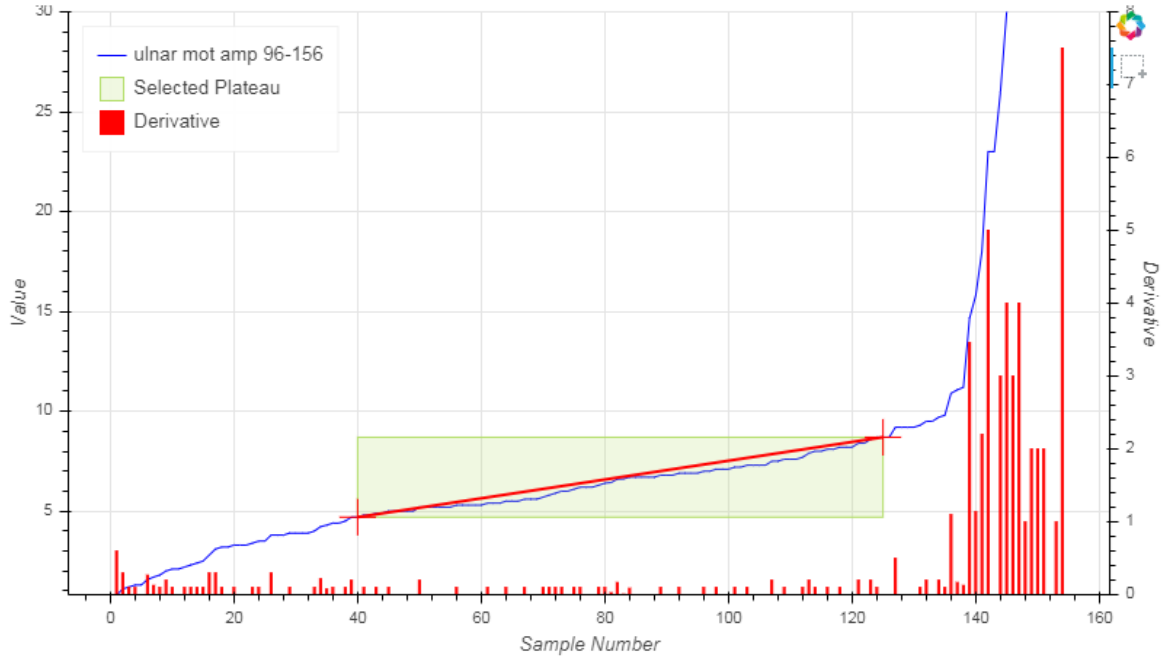


1.3.2 Nervio ulnar motor

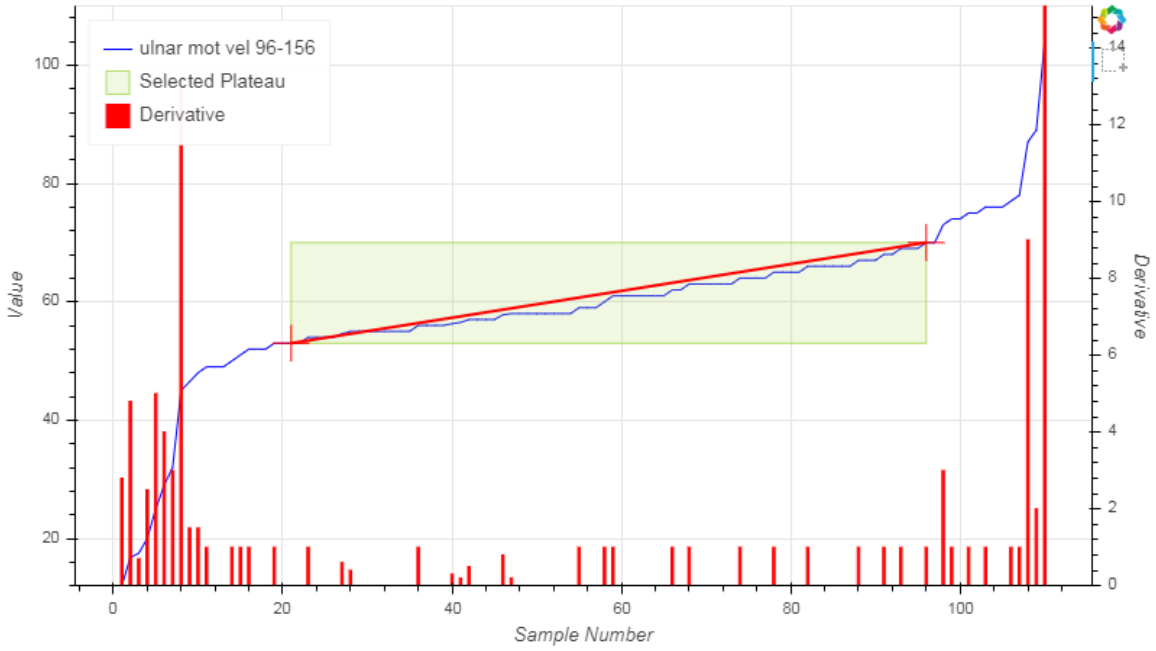
- **Latencia distal**



- **Amplitud distal**

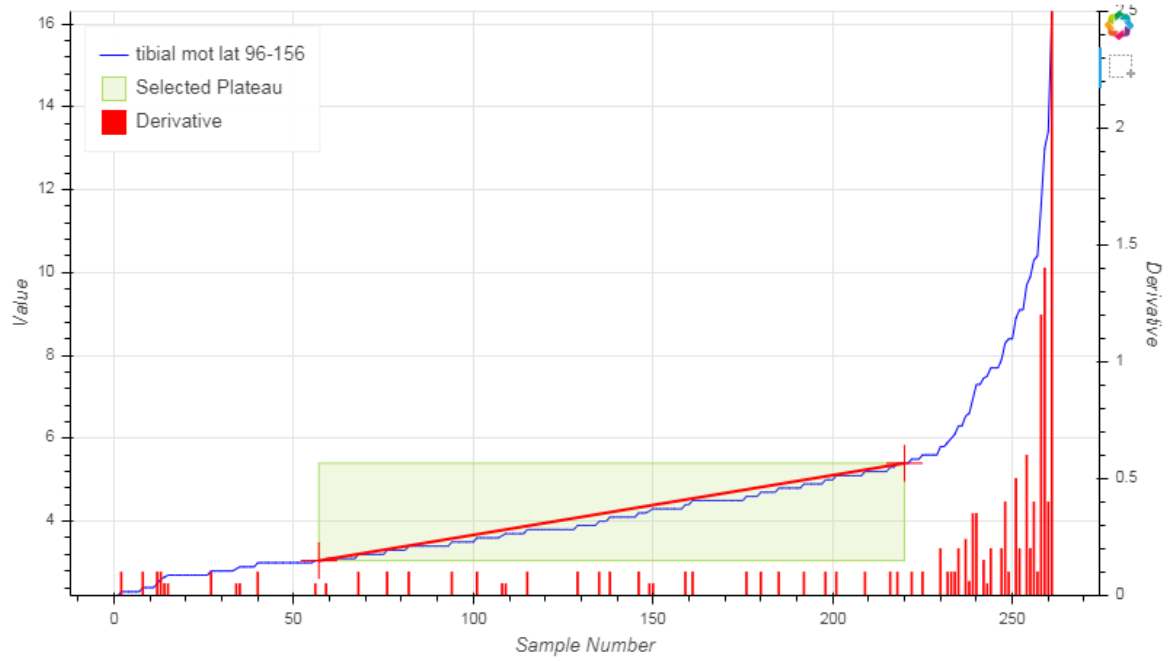


- **Velocidad de conducción**

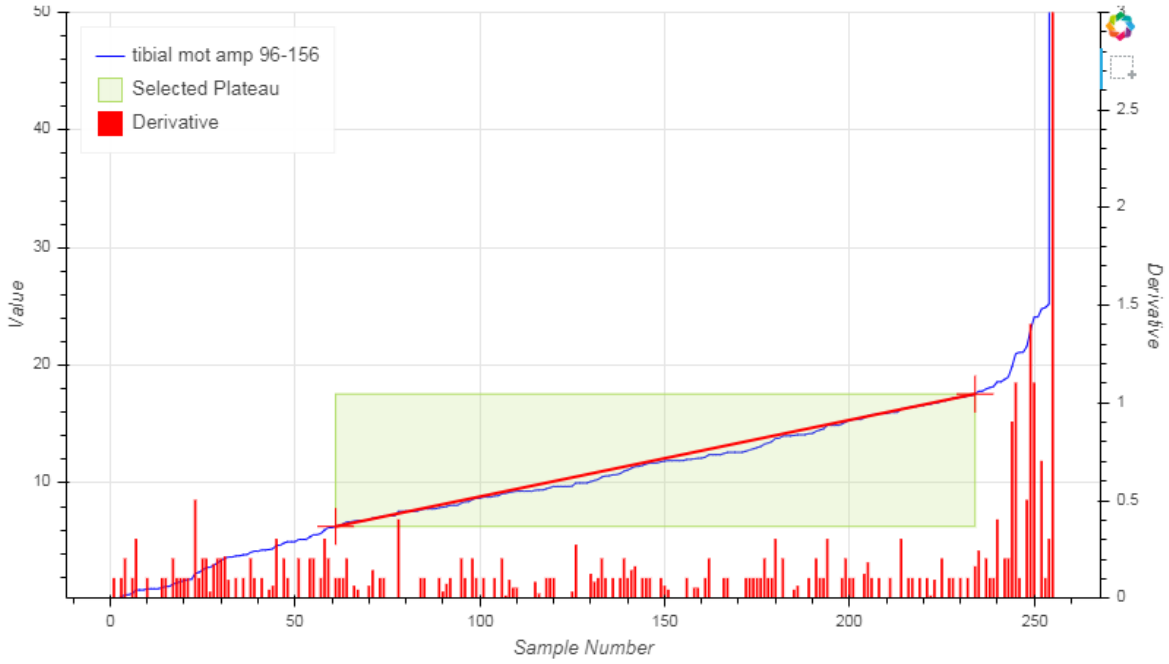


1.3.3 Nervio tibial motor

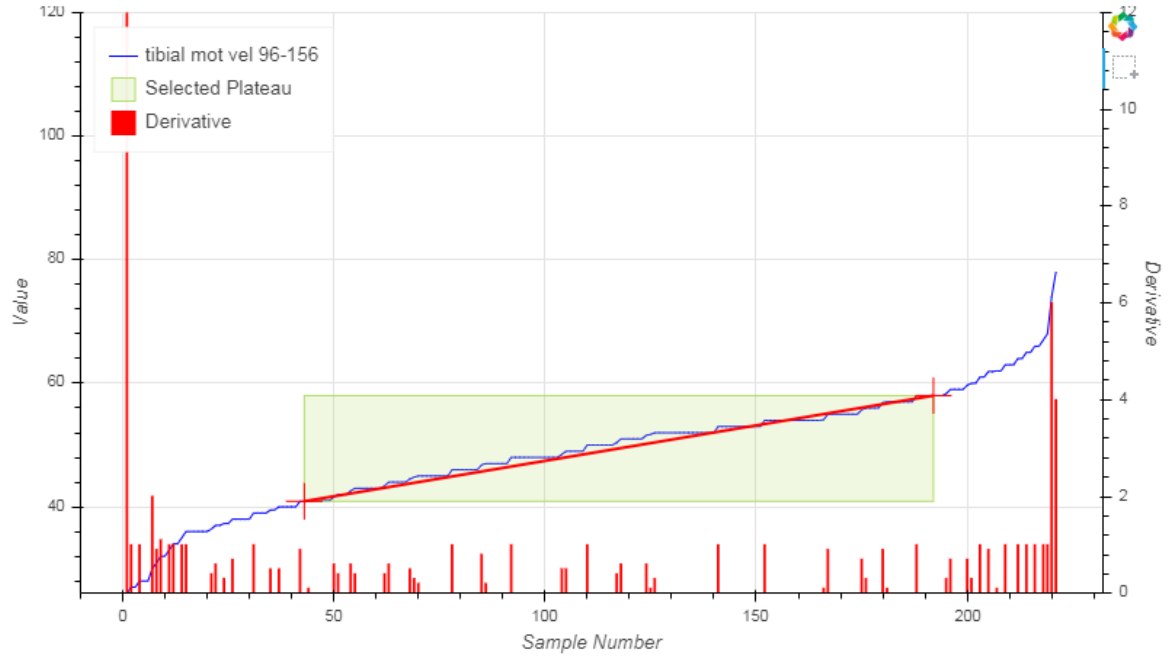
- **Latencia distal**



- **Amplitud distal**

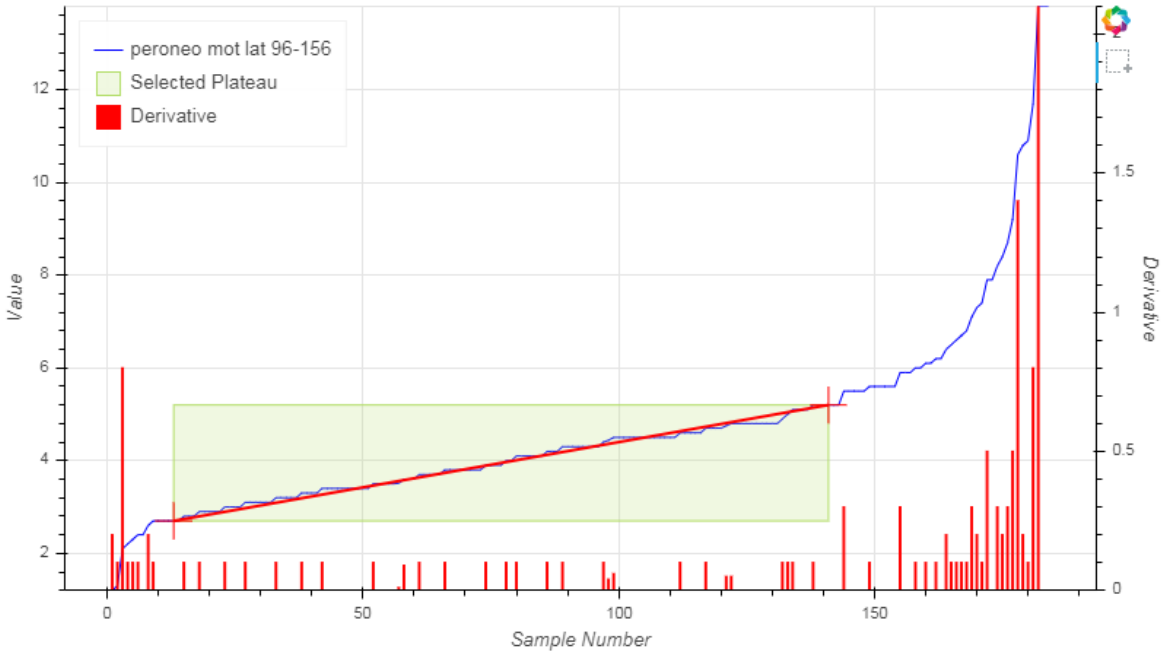


- **Velocidad de conducción**

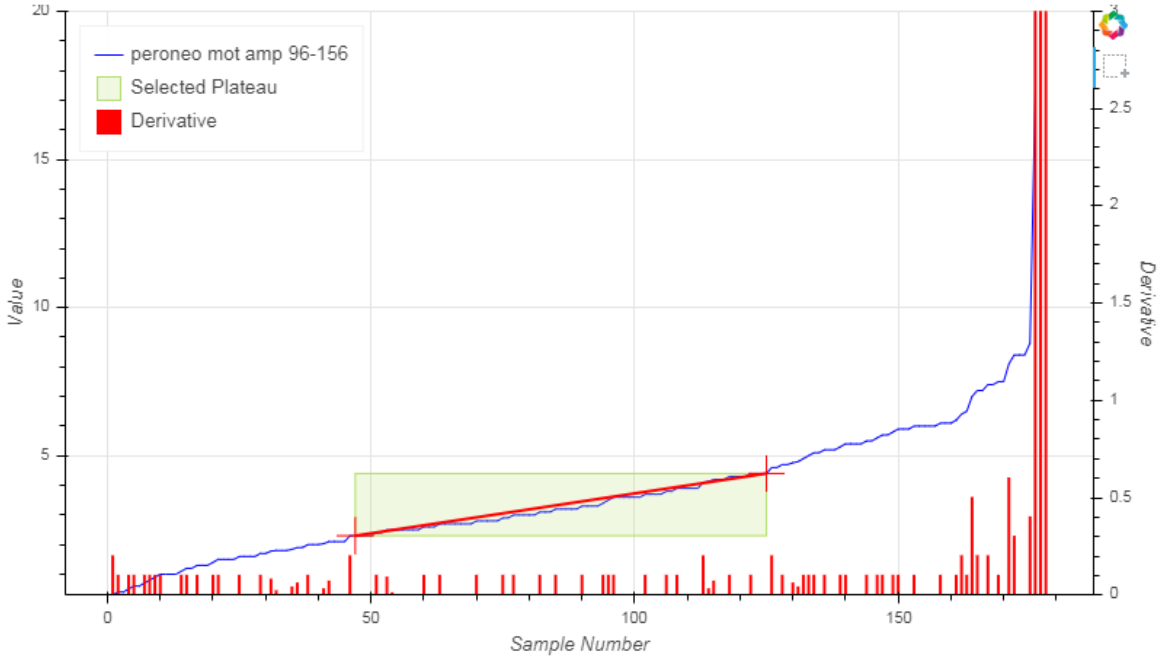


1.3.4 Nervio peroneo motor

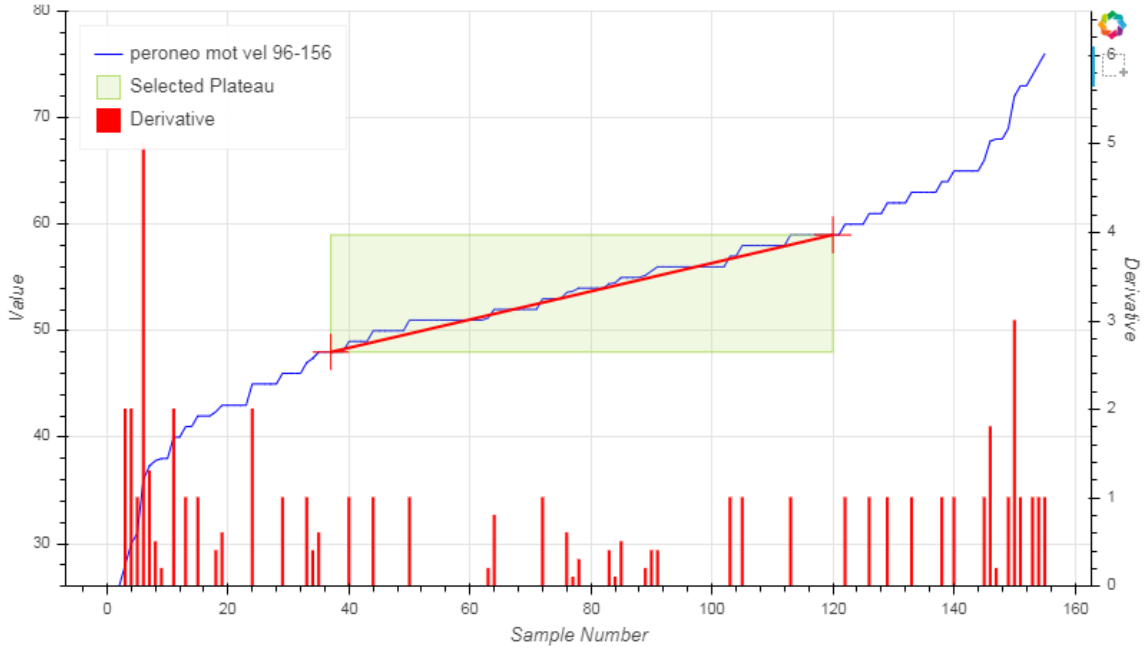
- **Latencia distal**



- **Amplitud distal**

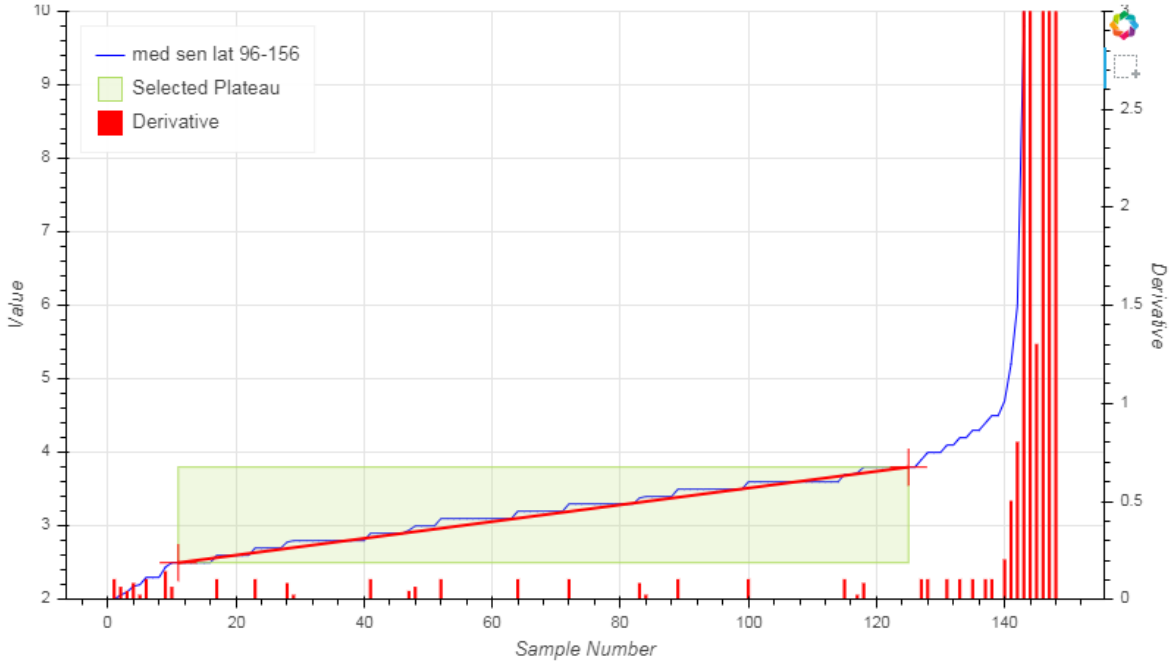


- **Velocidad de conducción**

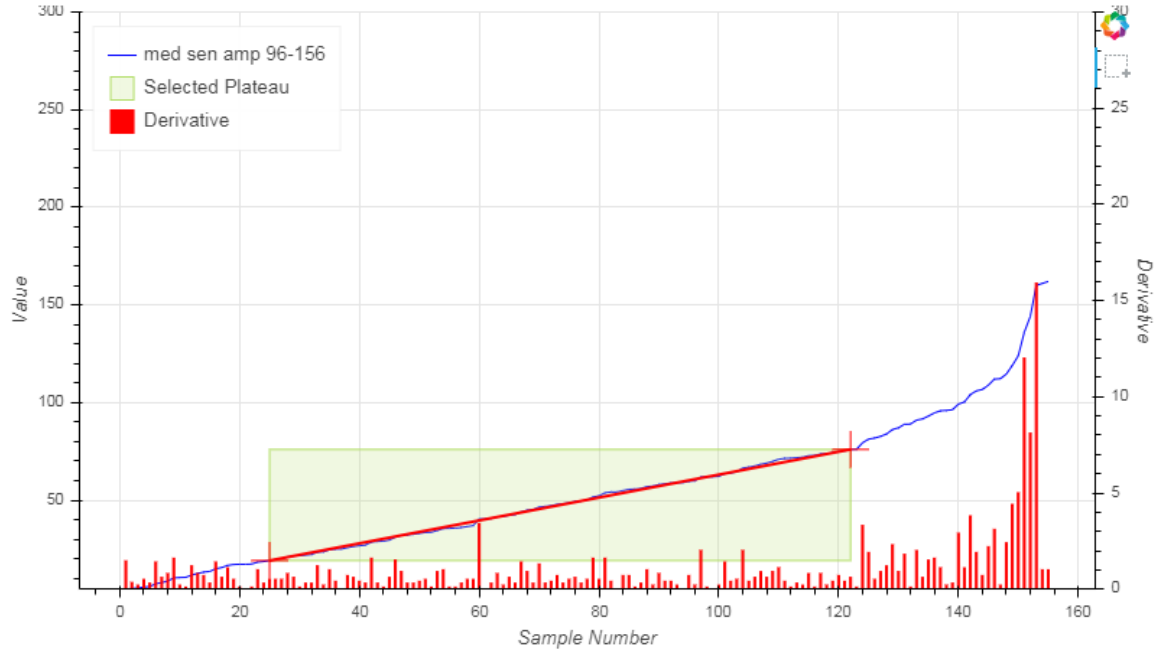


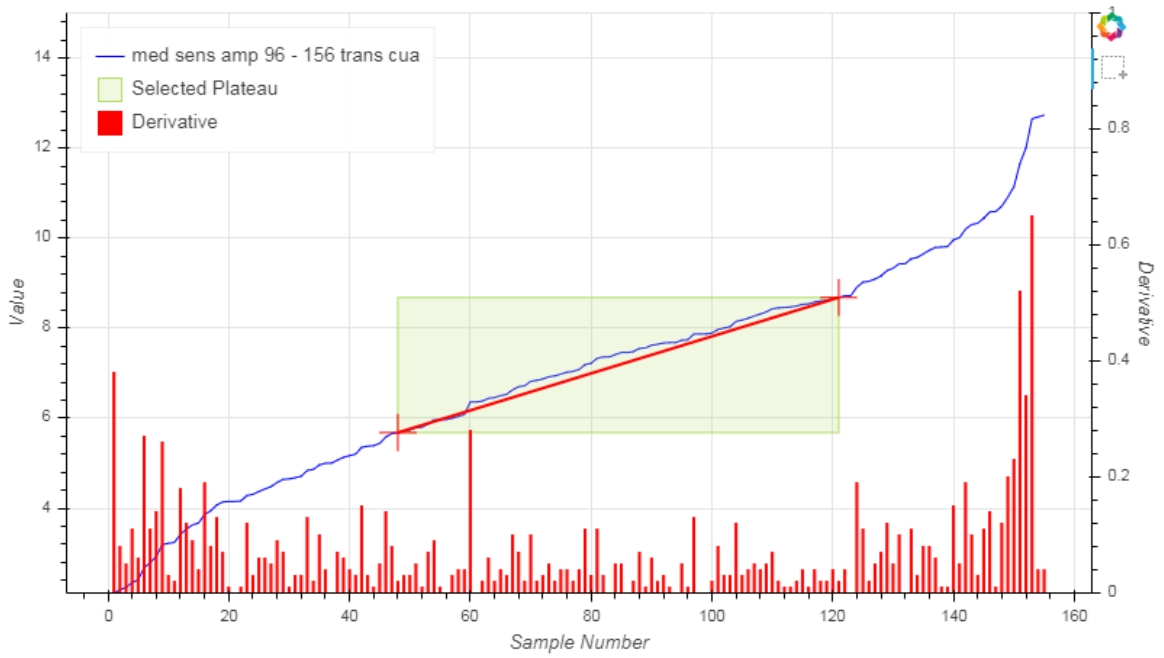
1.3.5 Nervio mediano sensitivo

- **Latencia al pico**



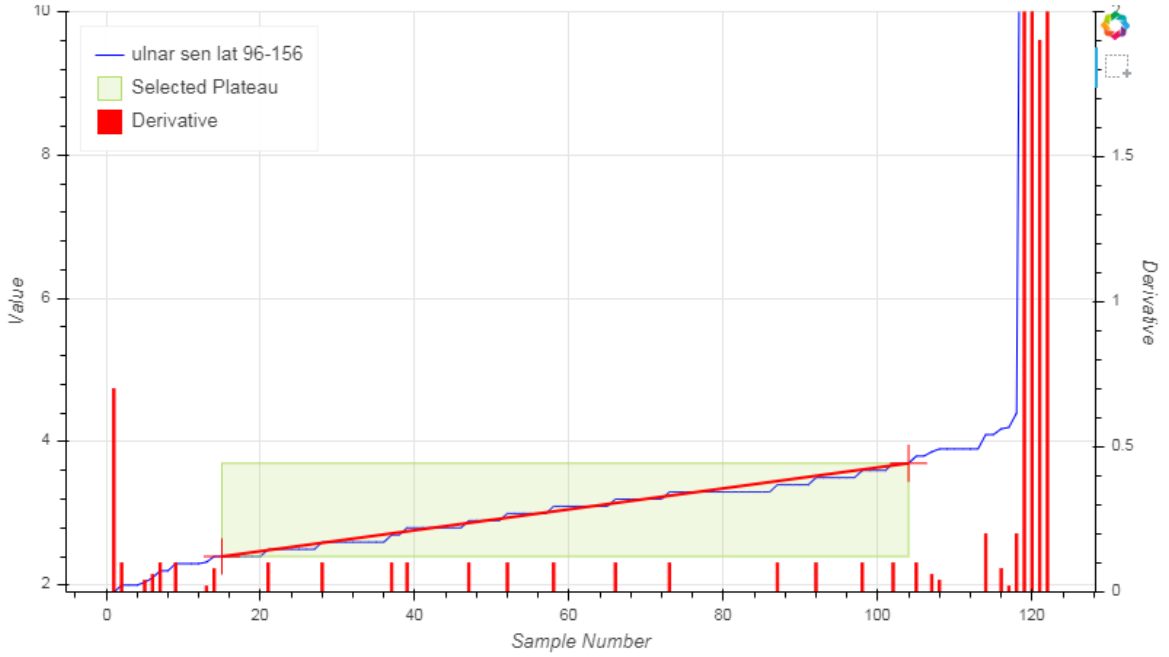
- **Amplitud inicio a pico**



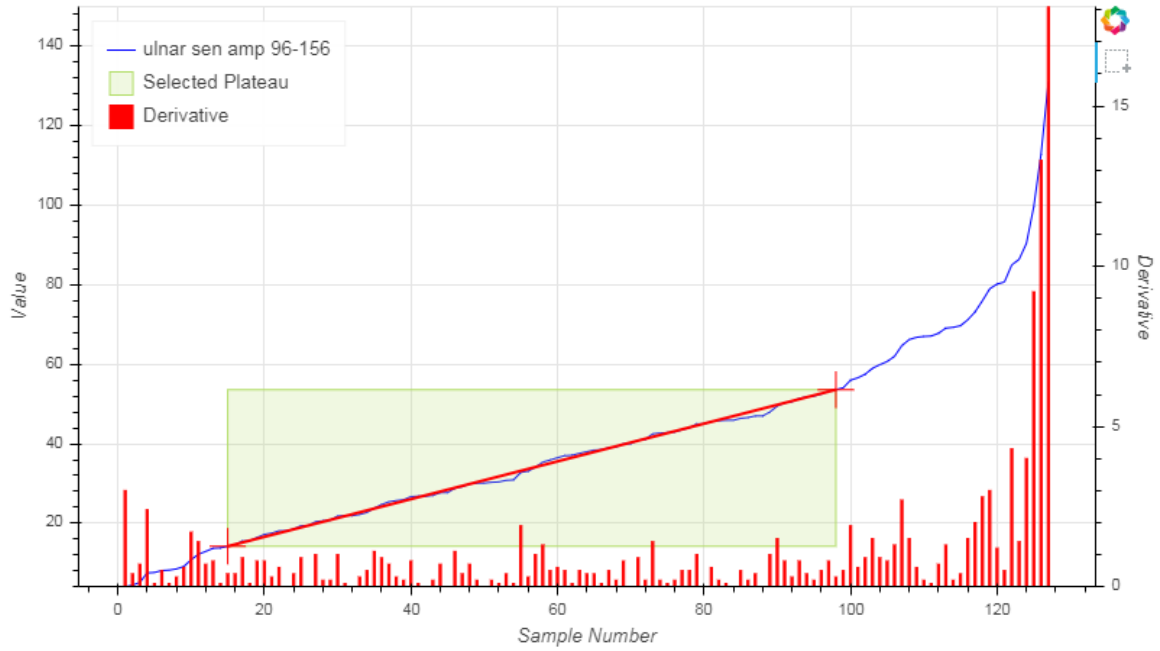


1.3.6 Nervio ulnar sensitivo

- **Latencia al pico**

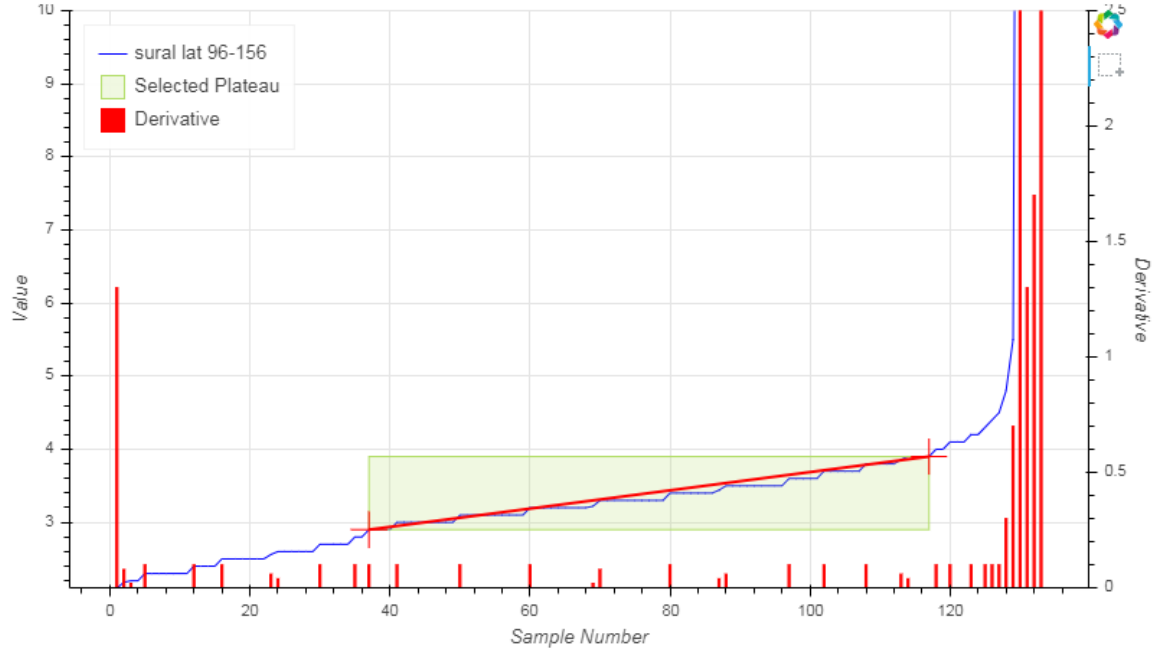


- **Amplitud inicio a pico**

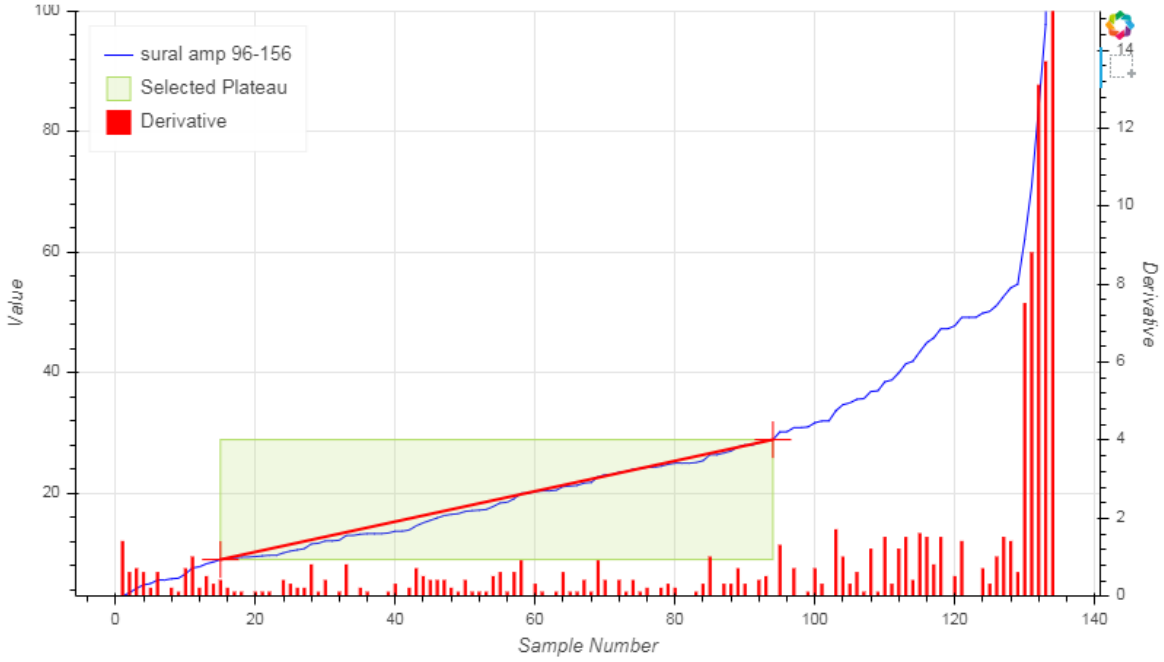


1.3.7 Nervio sural

- **Latencia al pico**



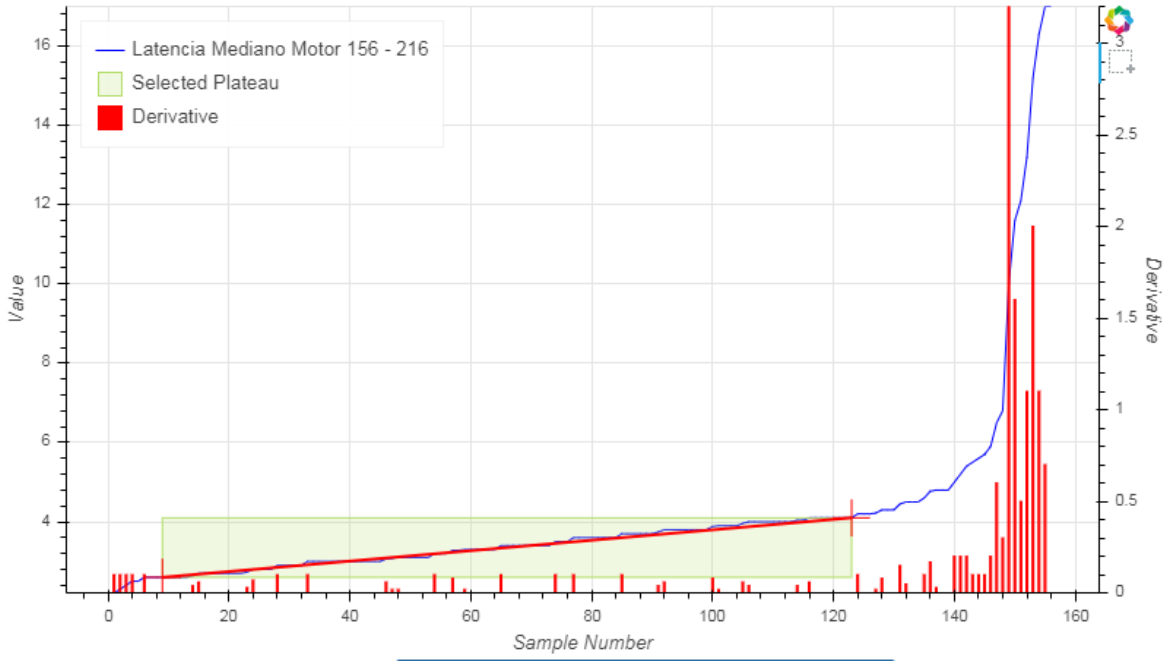
- **Amplitud inicio a pico**



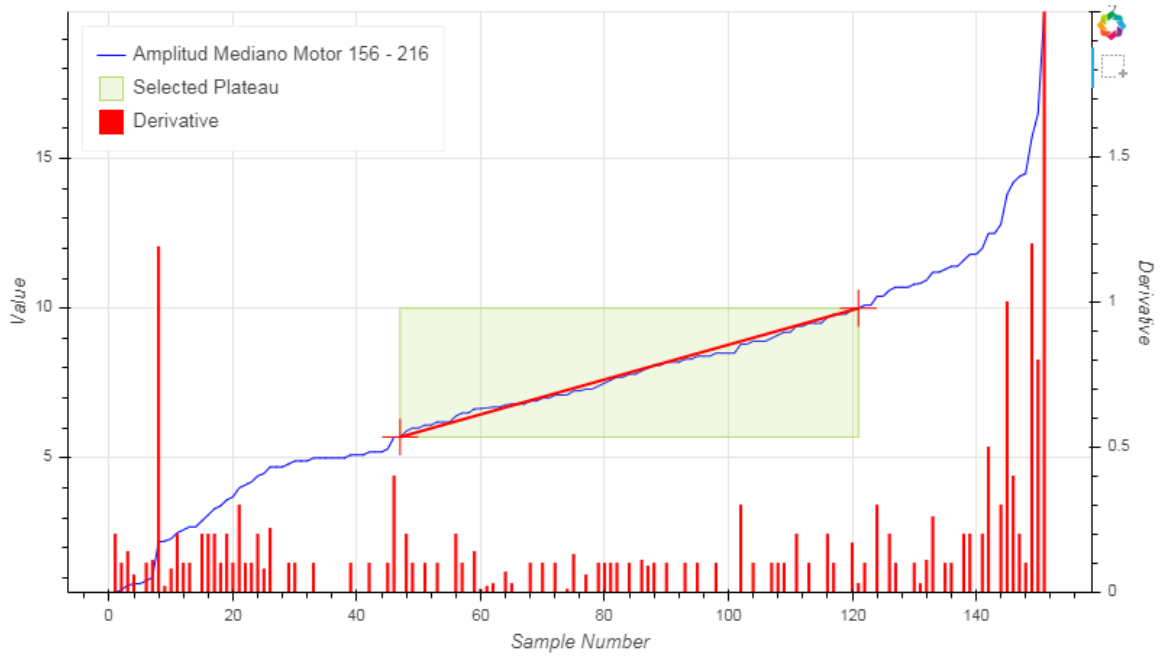
1.4 Grupo etario 156 a 216m

1.4.1 Nervio mediano motor

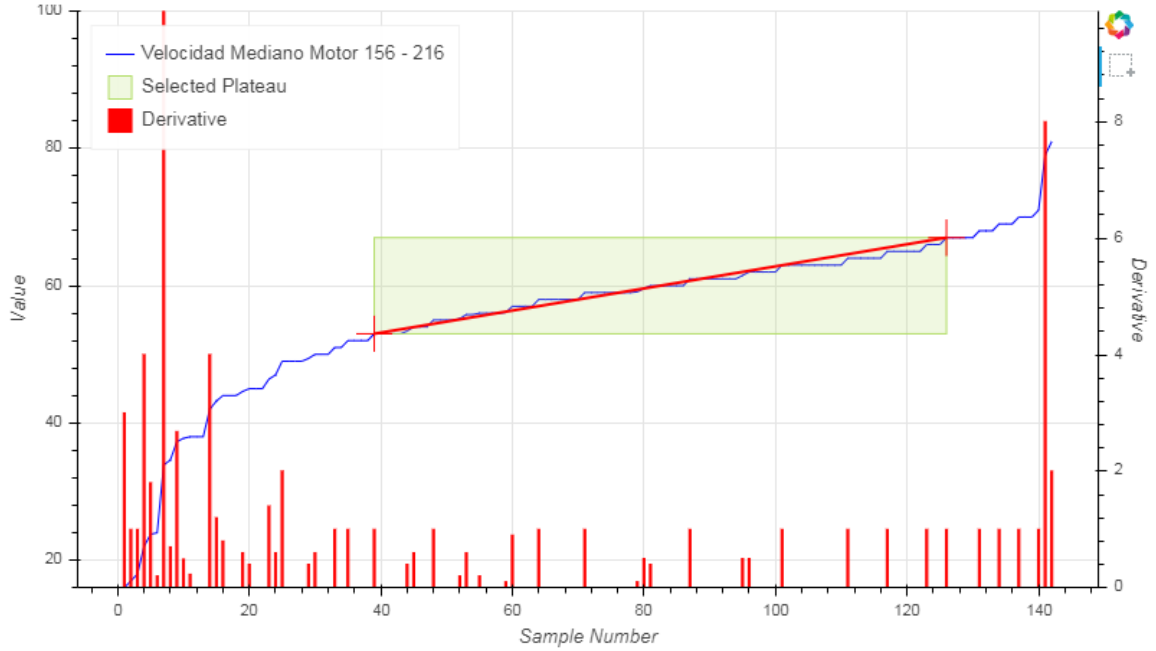
- **Latencia distal**



- **Amplitud distal**

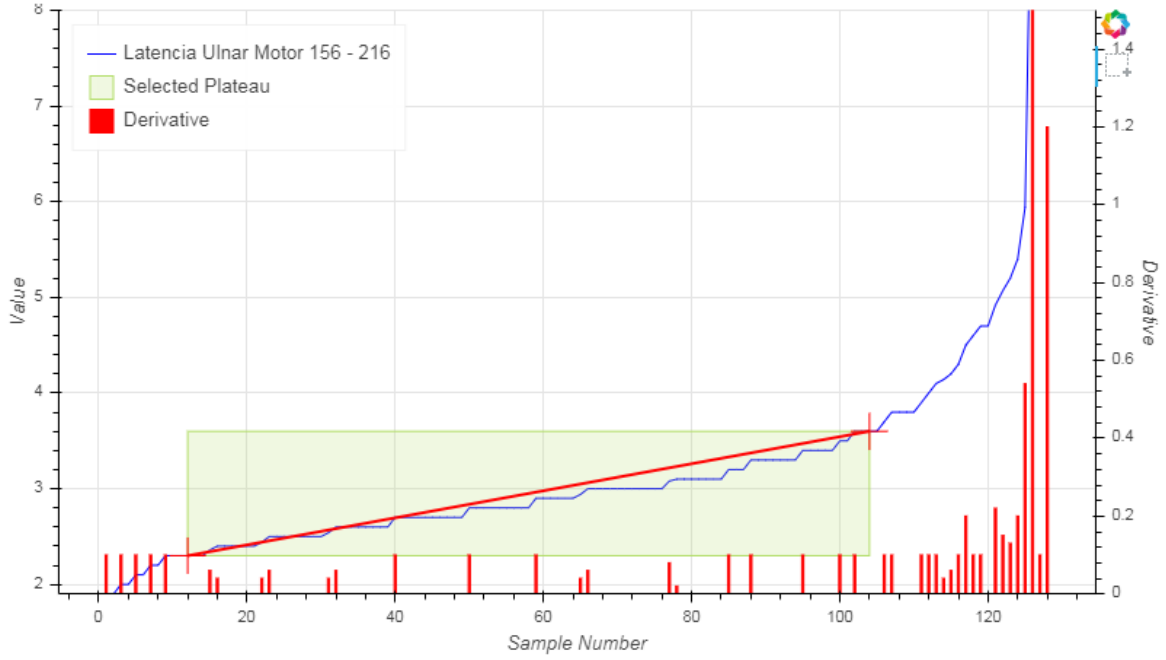


- **Velocidad de conducción**

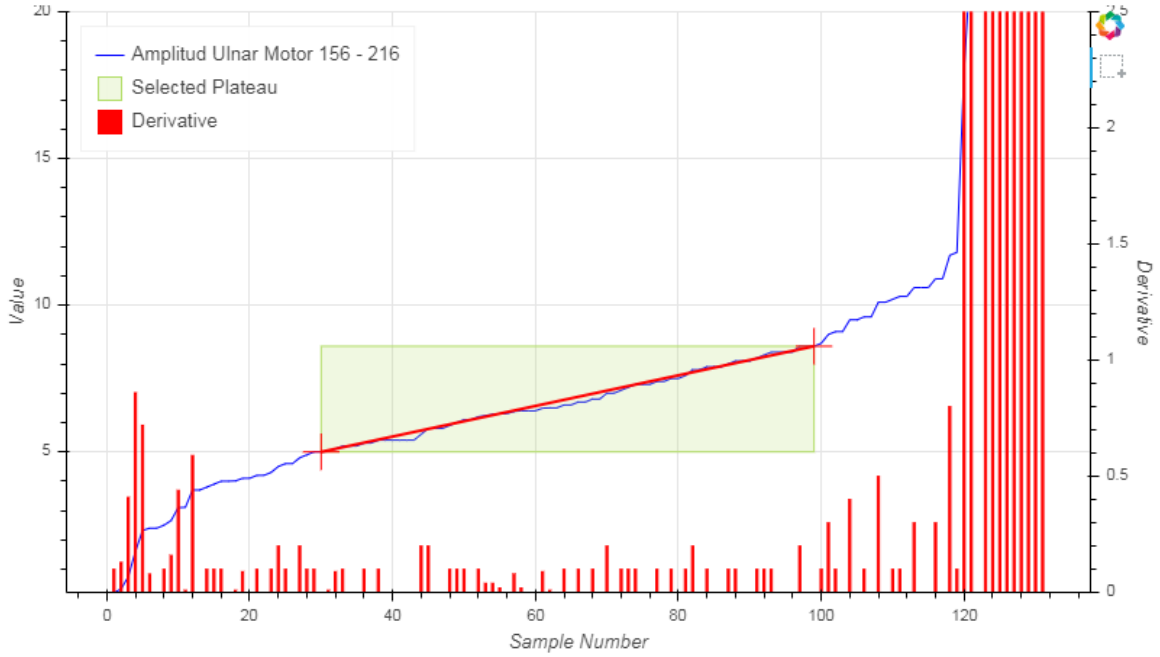


1.4.2 Nervio ulnar motor

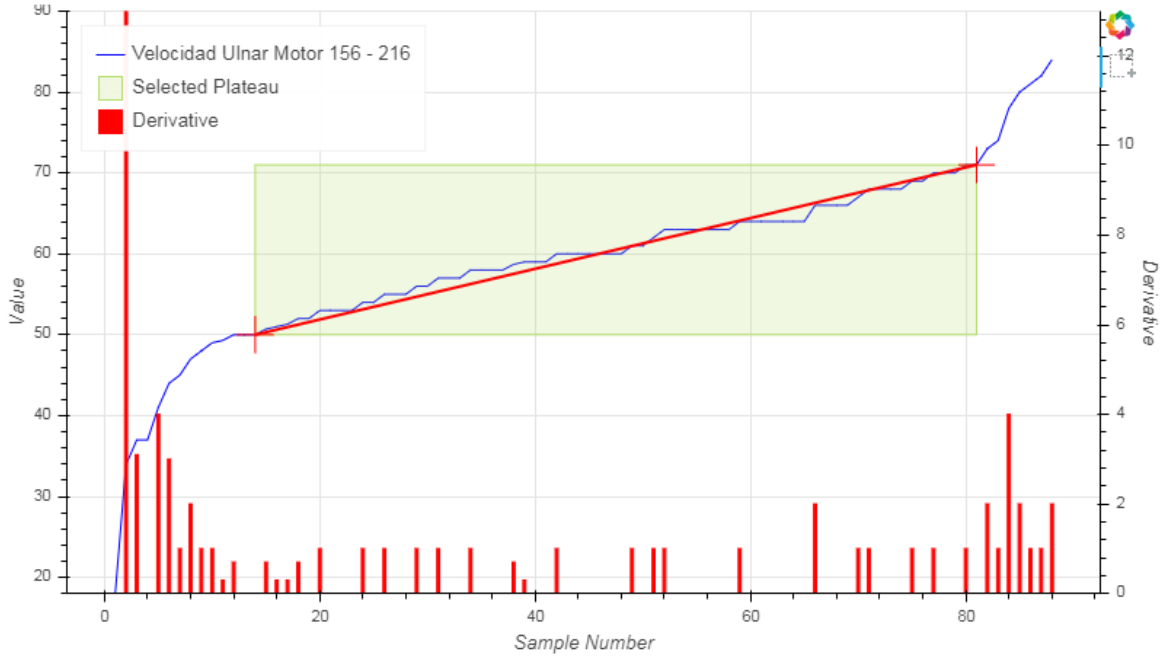
- **Latencia distal**



- **Amplitud distal**

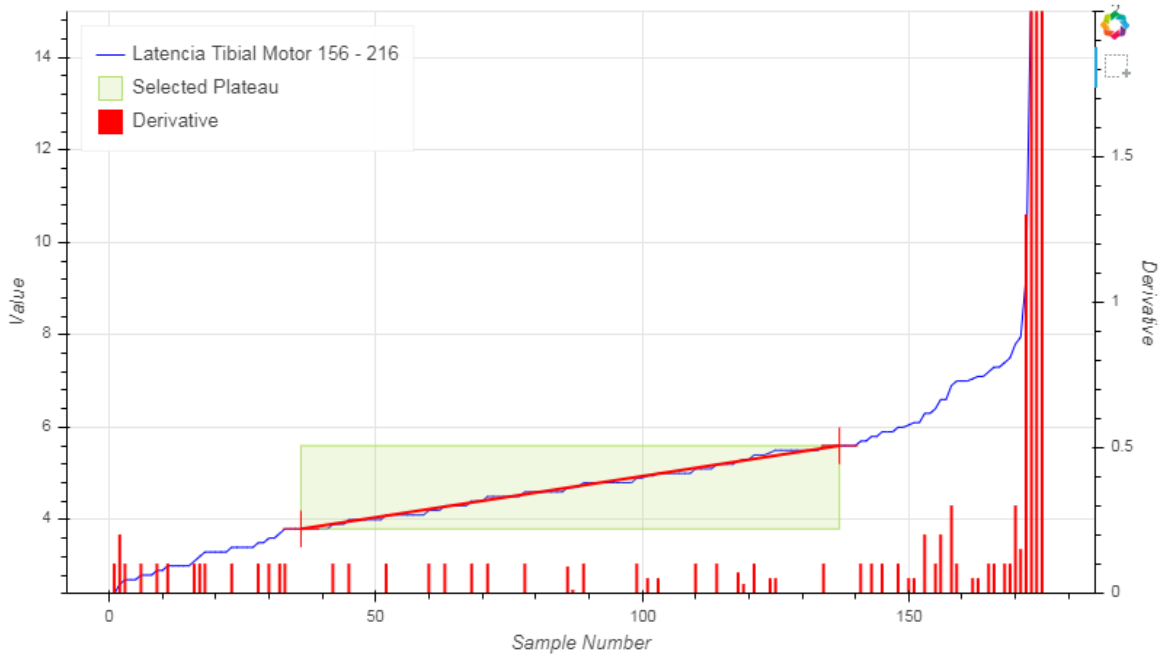


- **Velocidad de conducción**

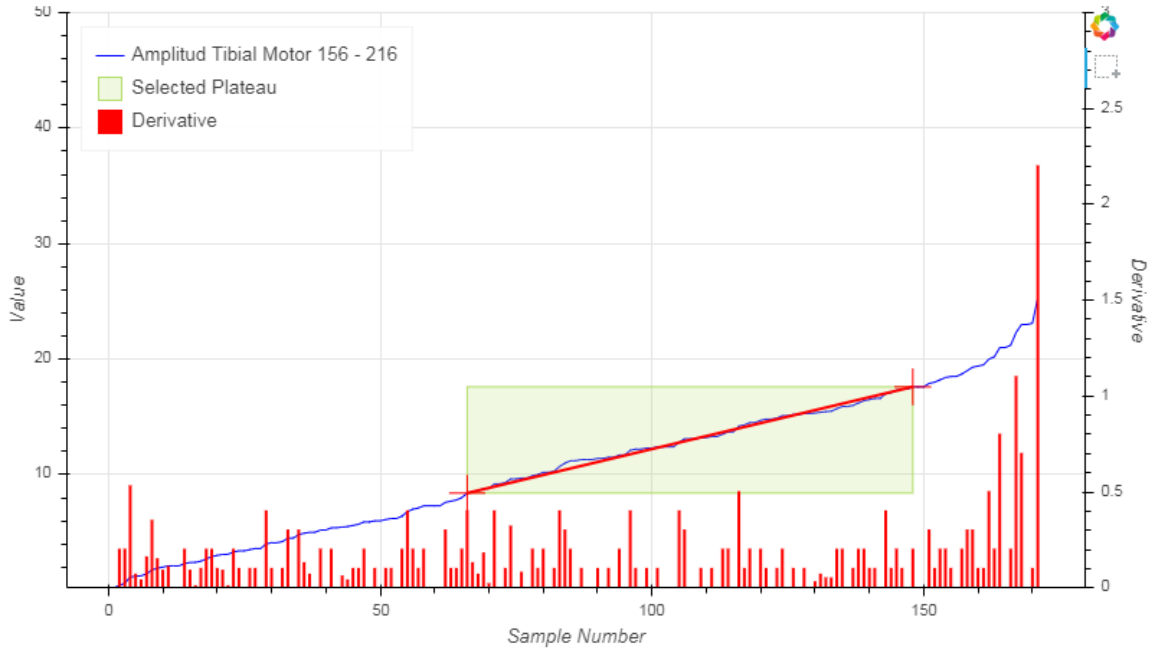


1.4.3 Nervio tibial motor

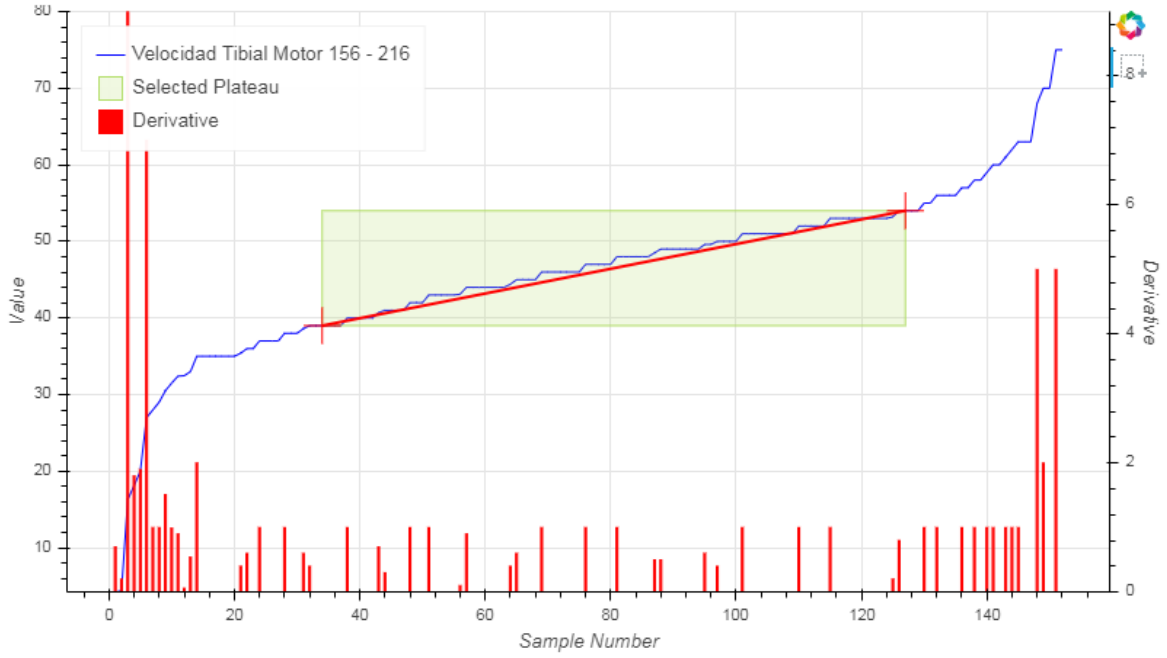
- **Latencia distal**



- **Amplitud distal**

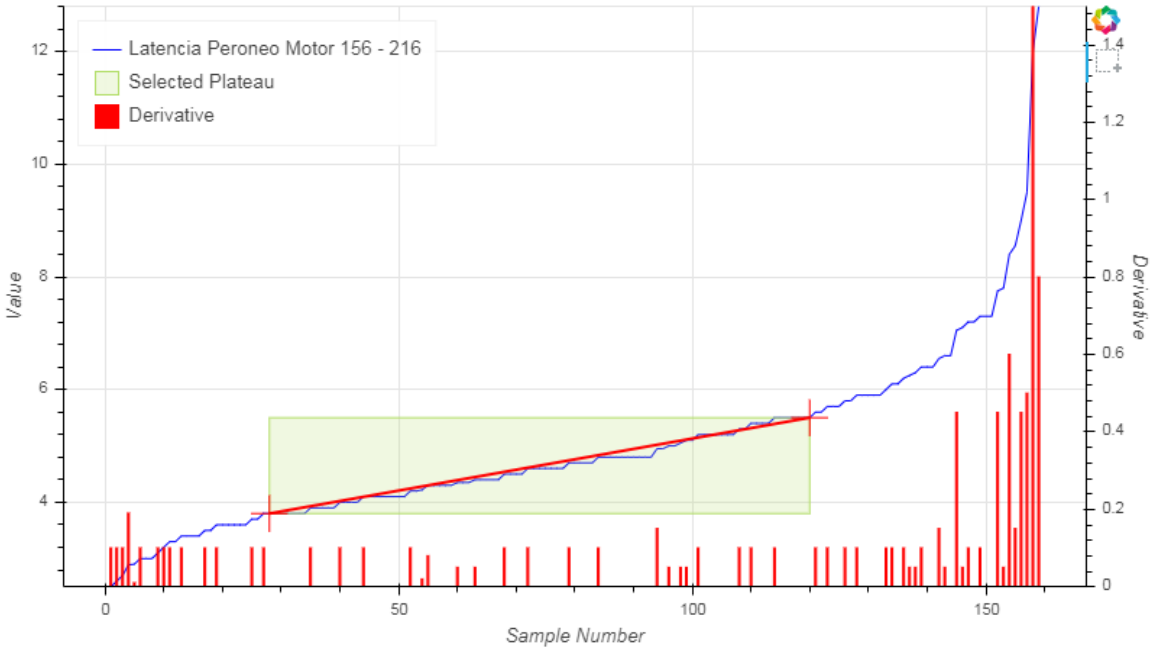


- **Velocidad de conducción**

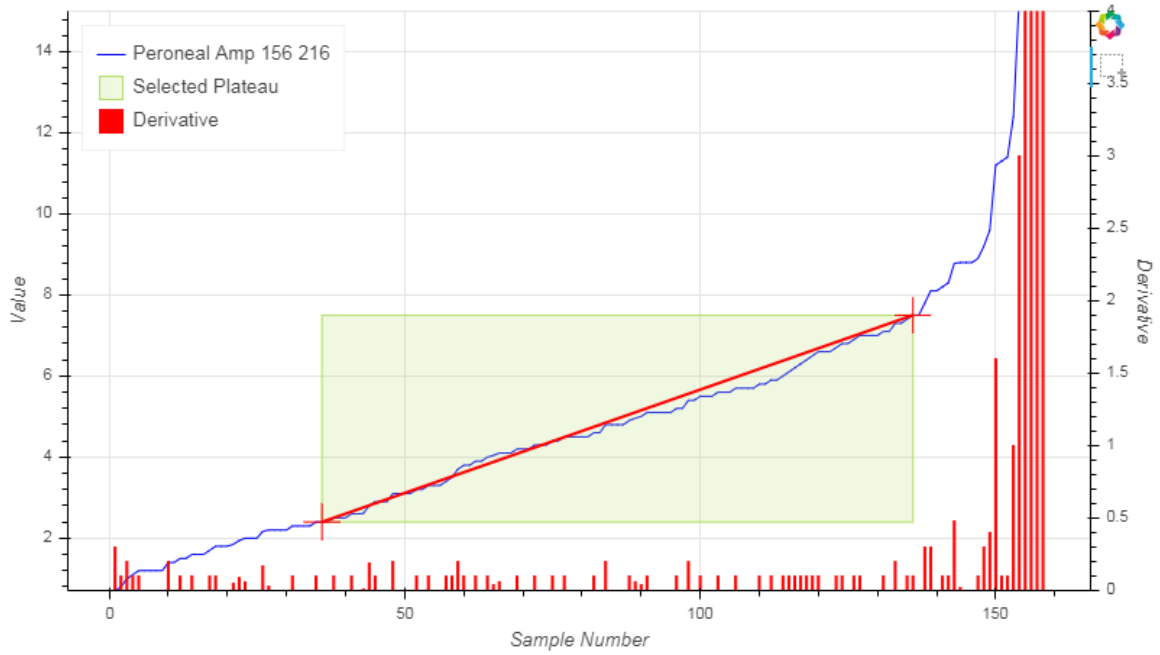


1.4.4 Nervio peroneo motor

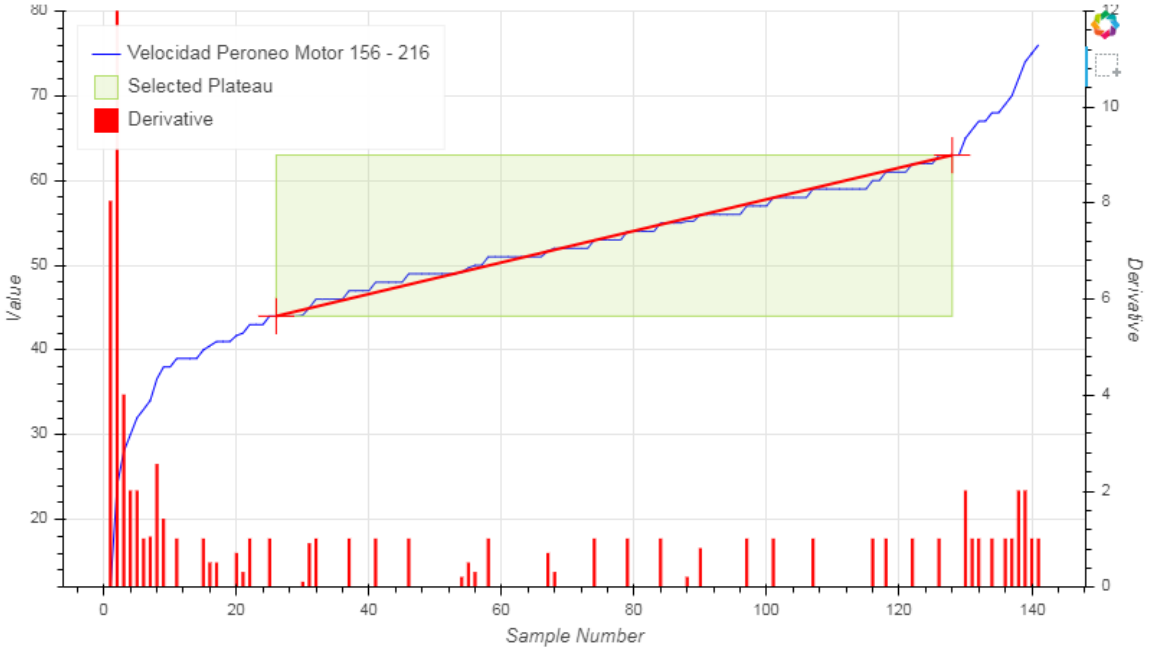
- **Latencia distal**



- **Amplitud distal**

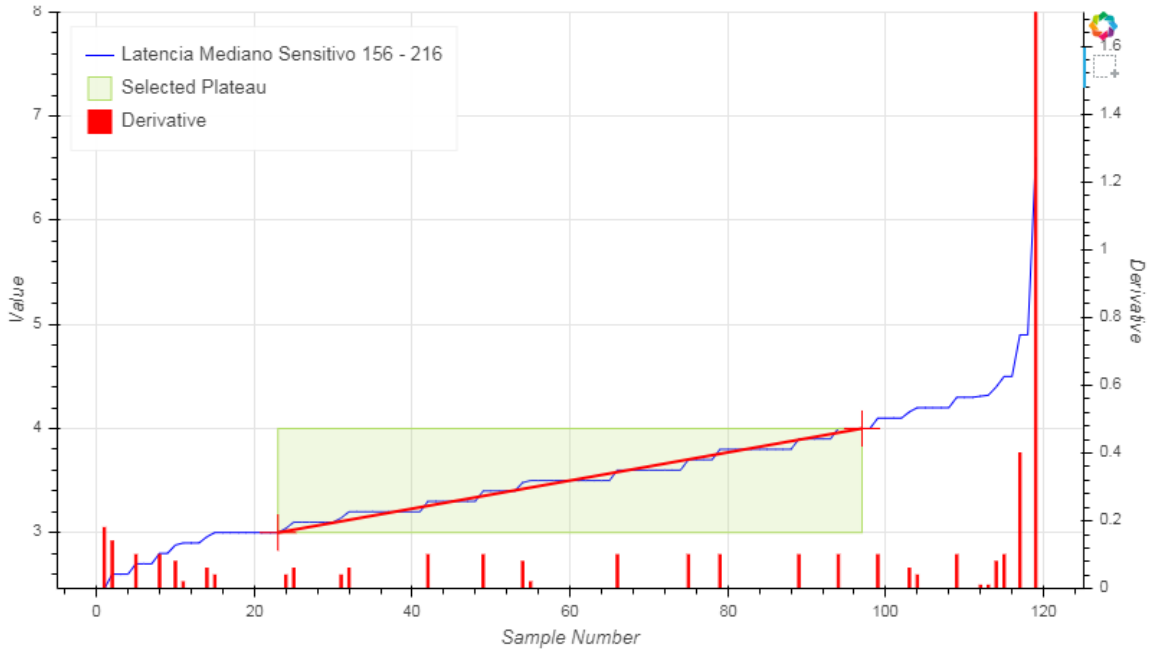


- **Velocidad de conducción**

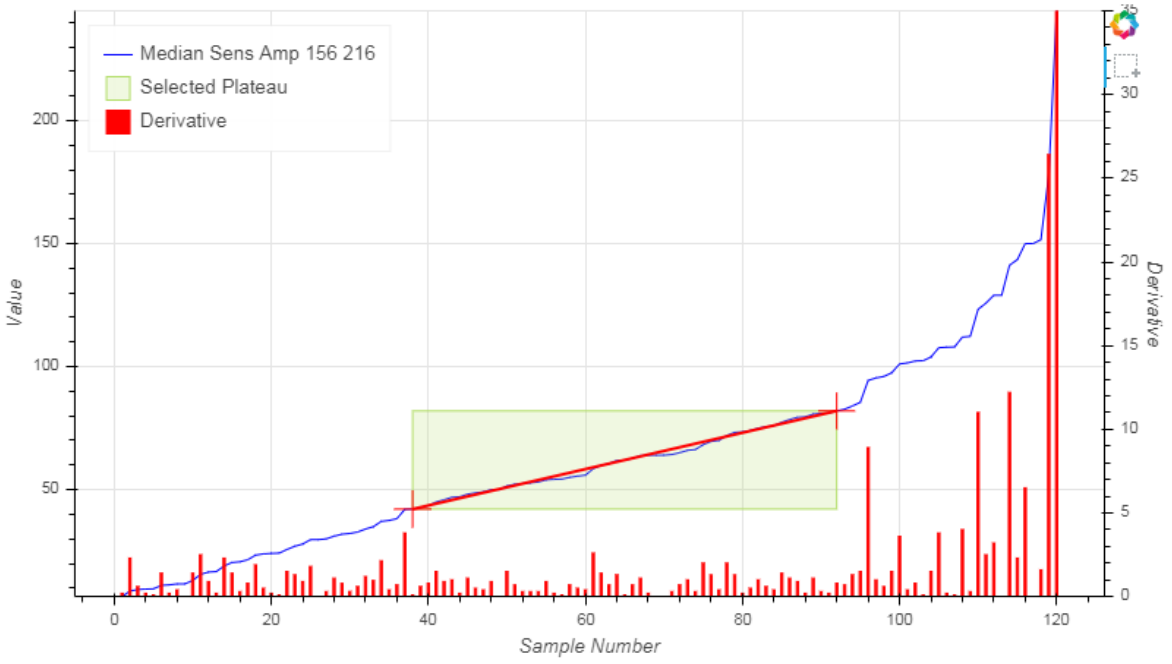


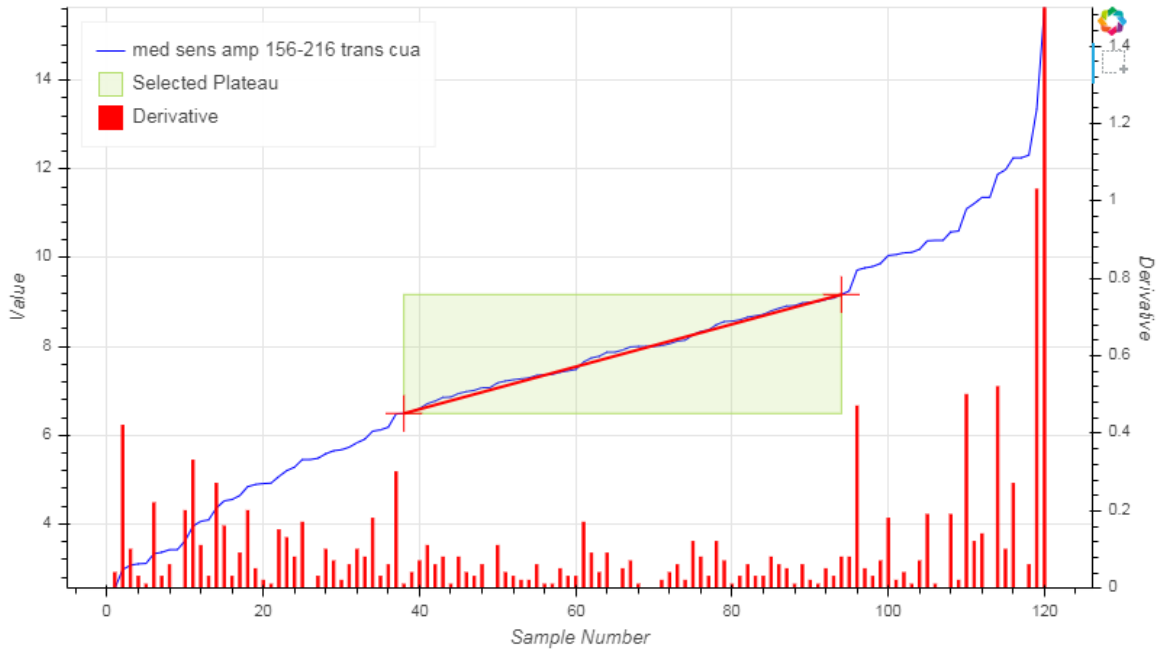
1.4.5 Nervio mediano sensitivo

- **Latencia al pico**



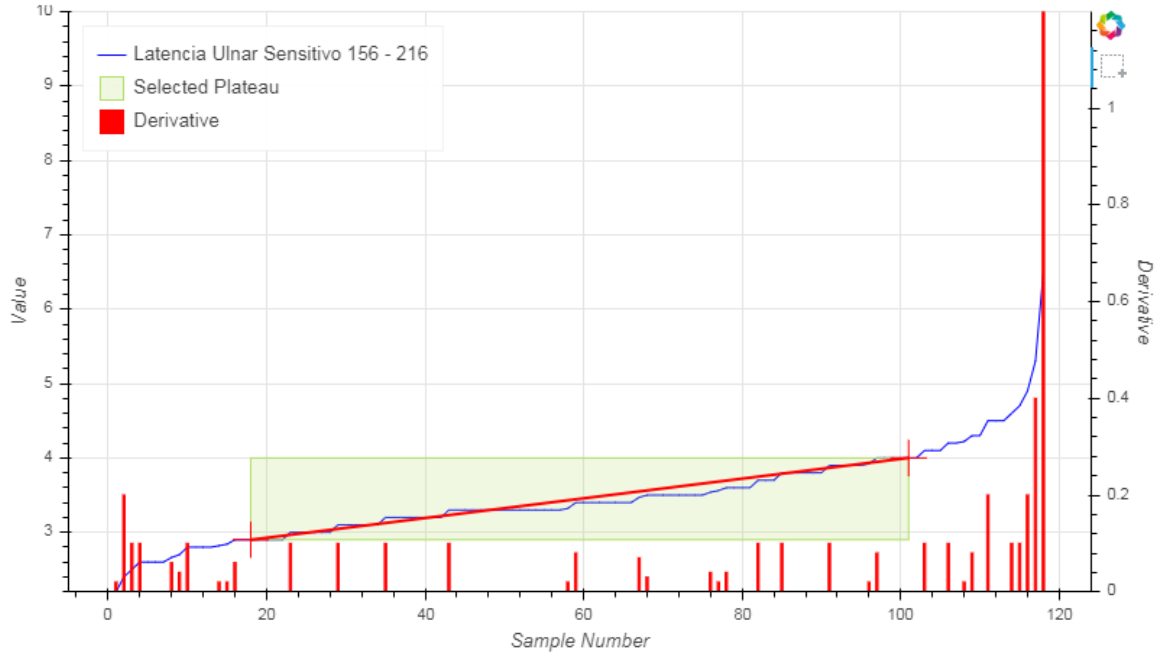
- **Amplitud inicio a pico**



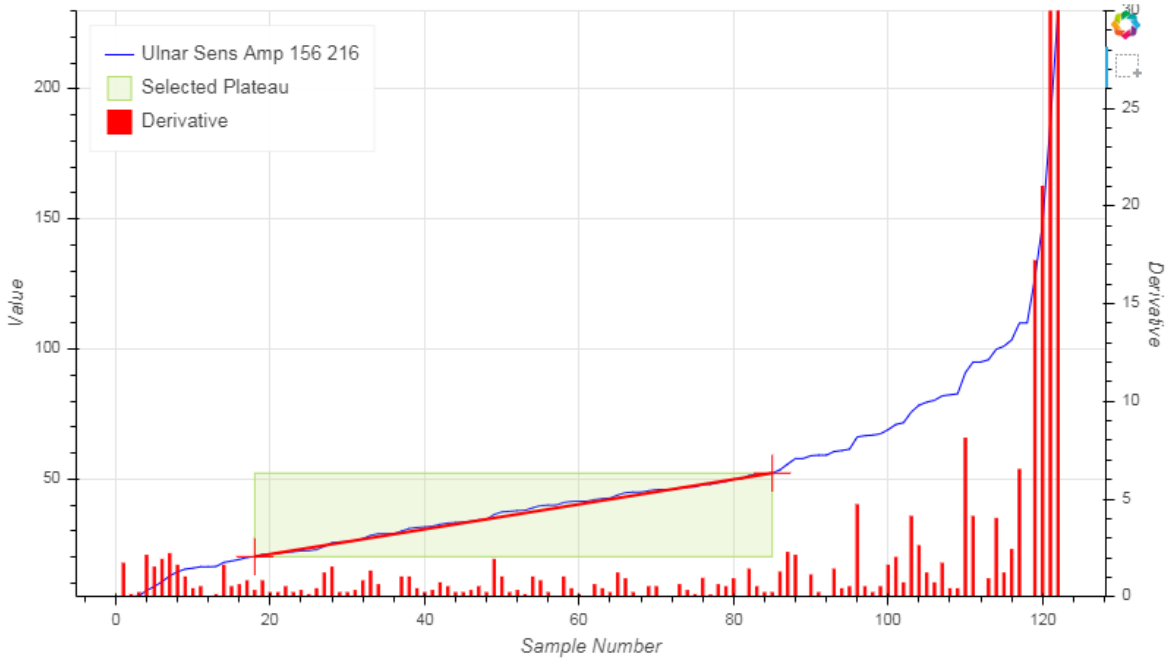


1.4.6 Nervio ulnar sensitivo

- **Latencia al pico**

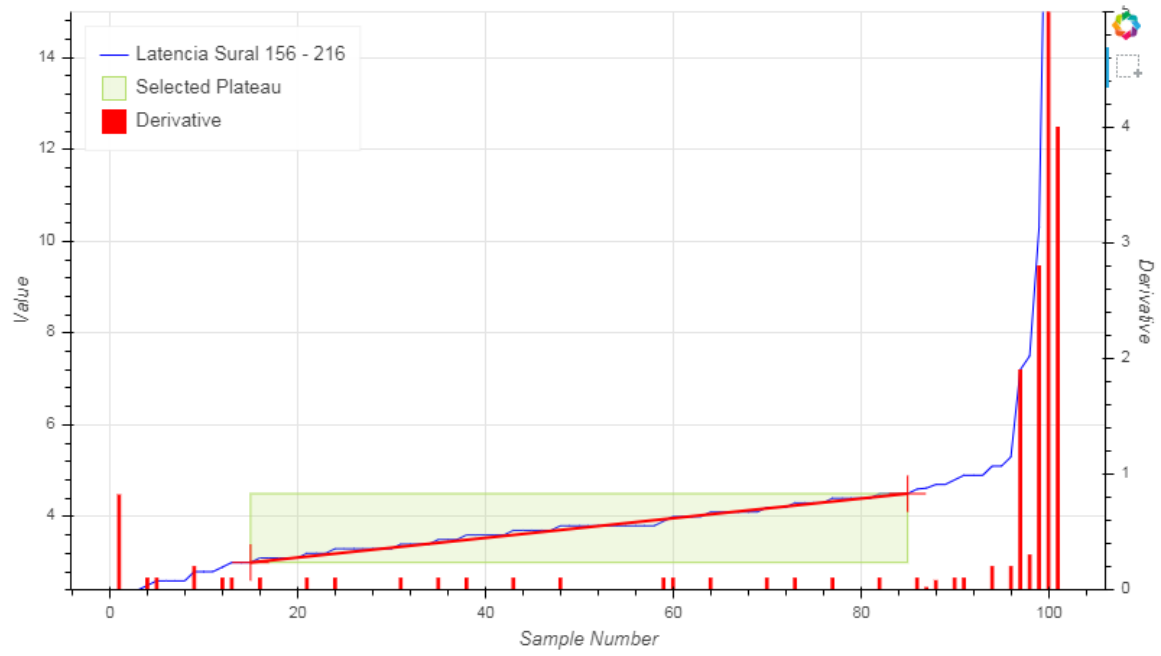


- **Amplitud inicio a pico**

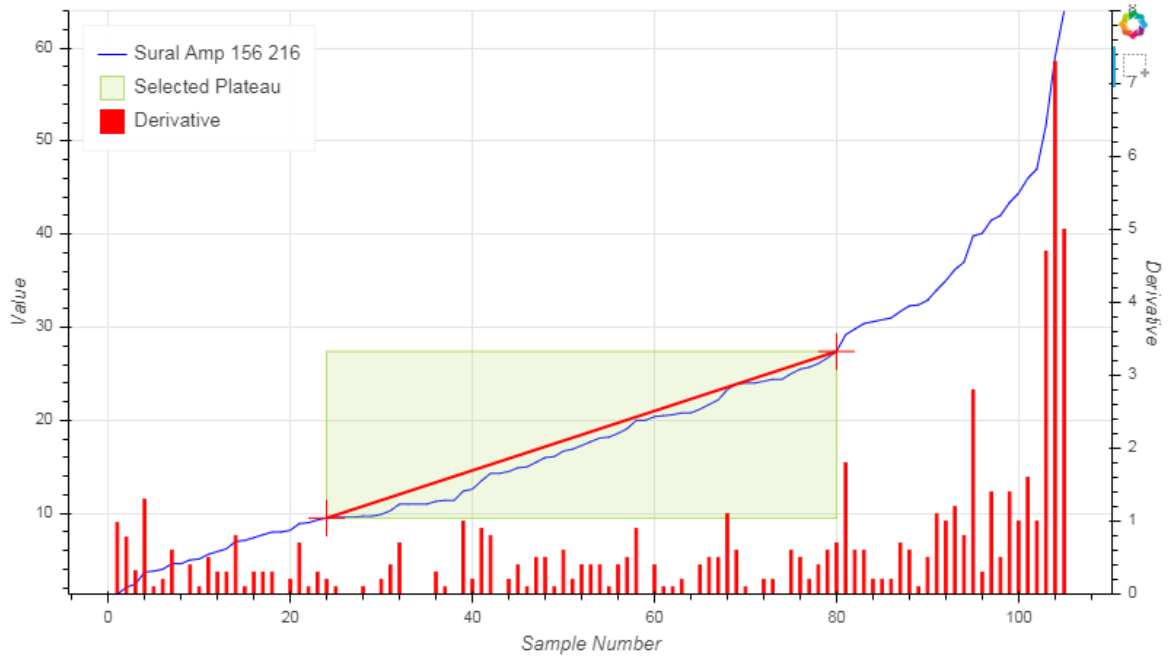


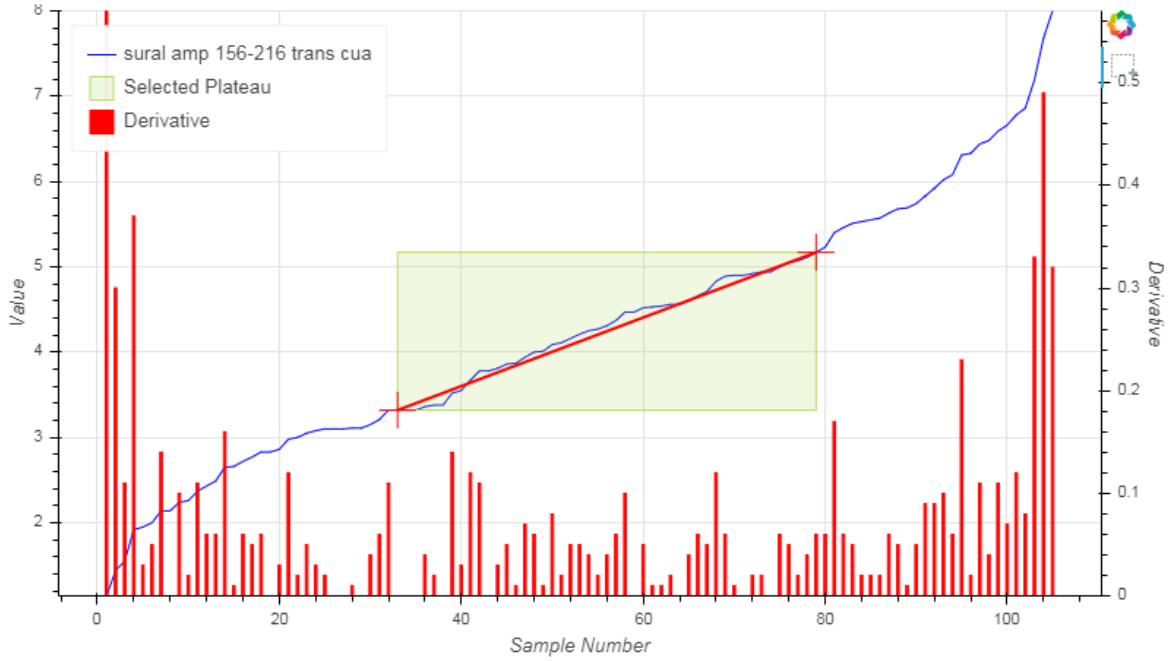
1.4.7 Nervio sural

- **Latencia al pico**



- **Amplitud inicio a pico**



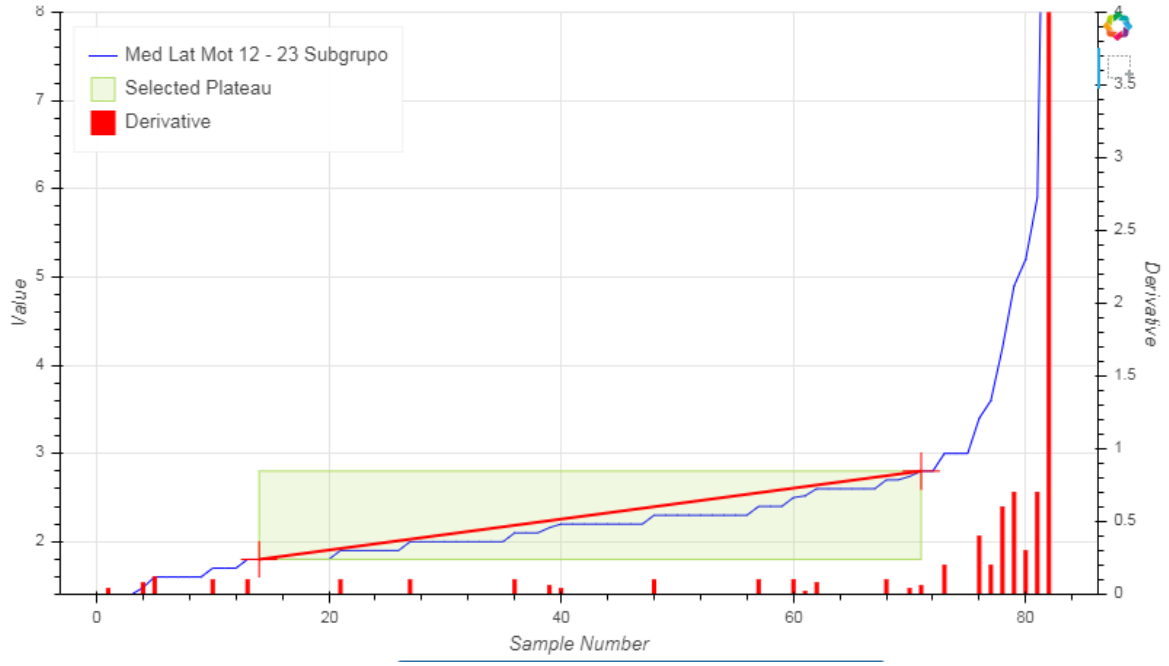


2 Graficas de E-norm por subgrupos etarios

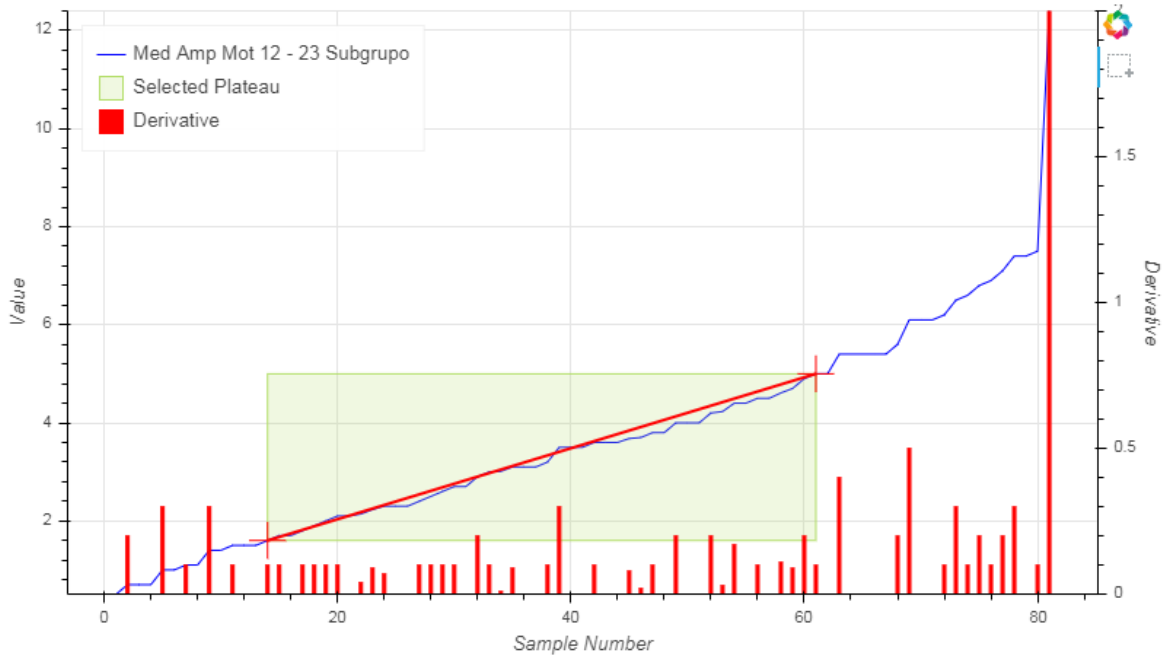
2.1 Subgrupo etario 12 a 24m

2.1.1 Nervio mediano motor

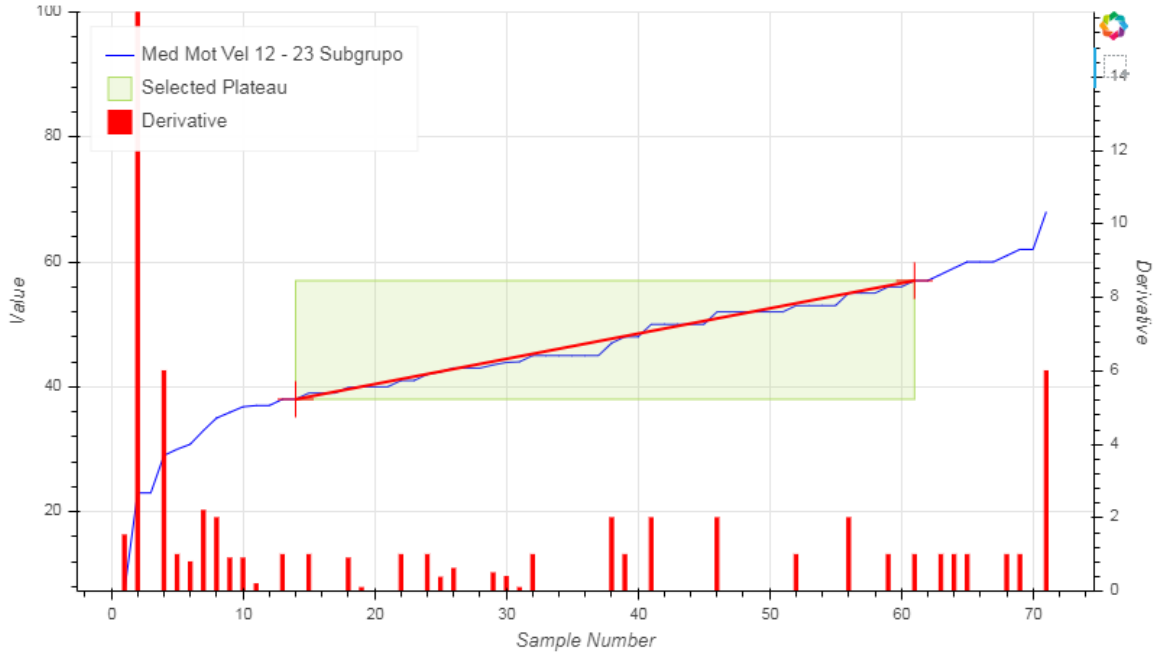
- **Latencia distal**



- **Amplitud distal**

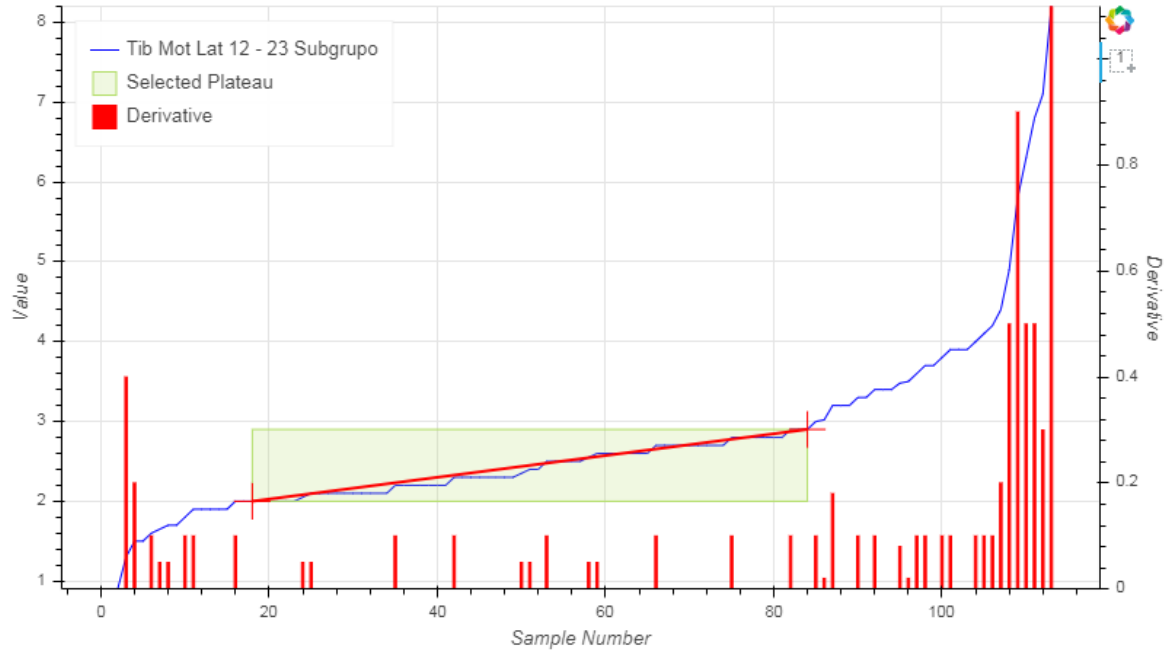


- **Velocidad de conducción**

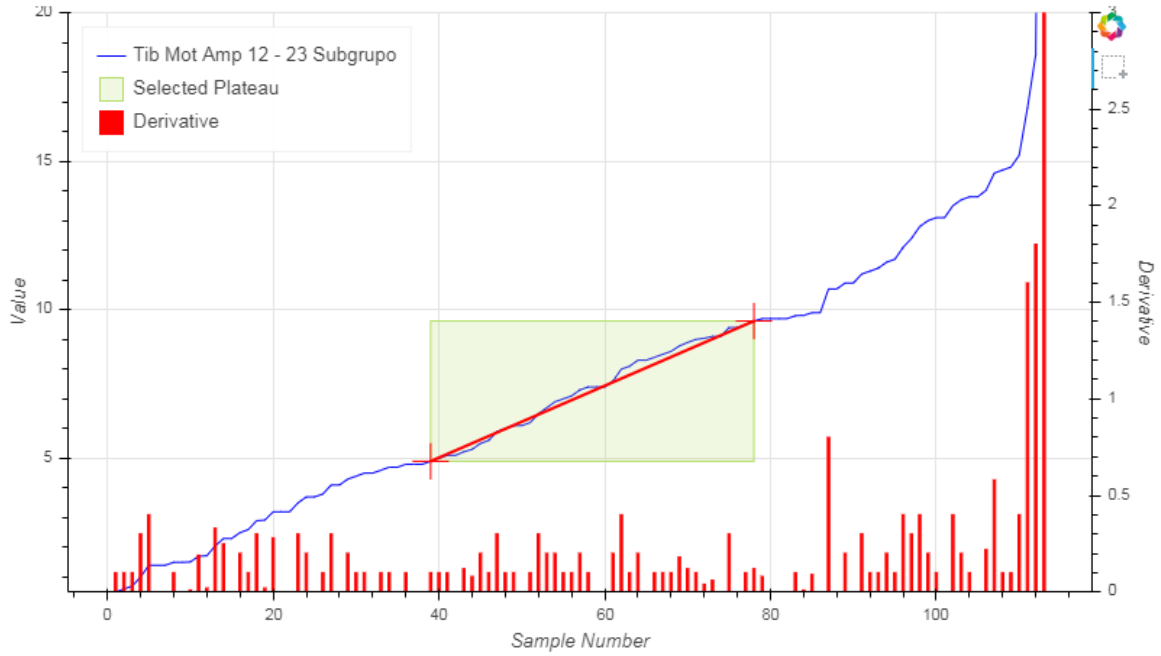


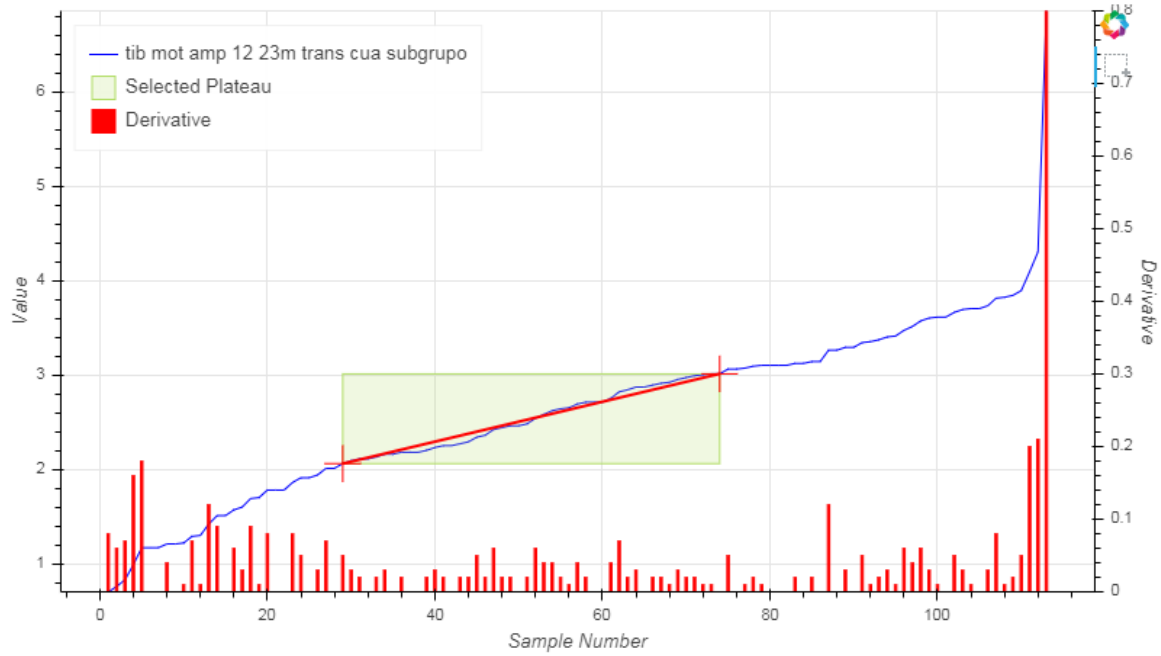
2.1.2 Nervio tibial motor

- **Latencia distal**

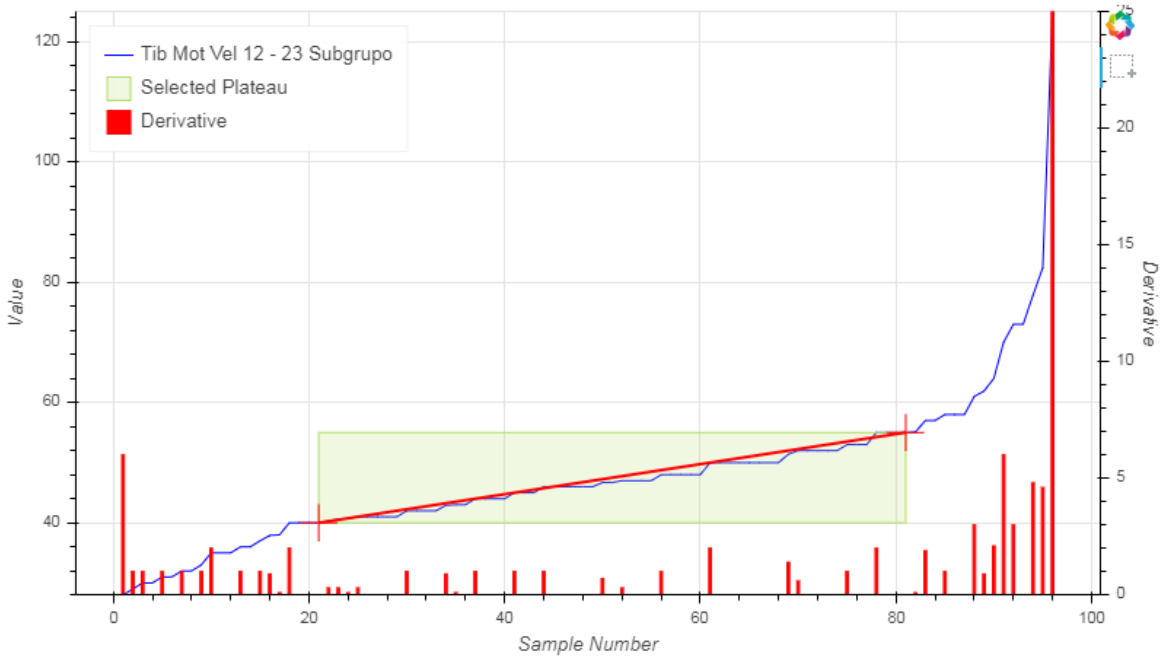


- **Amplitud distal**



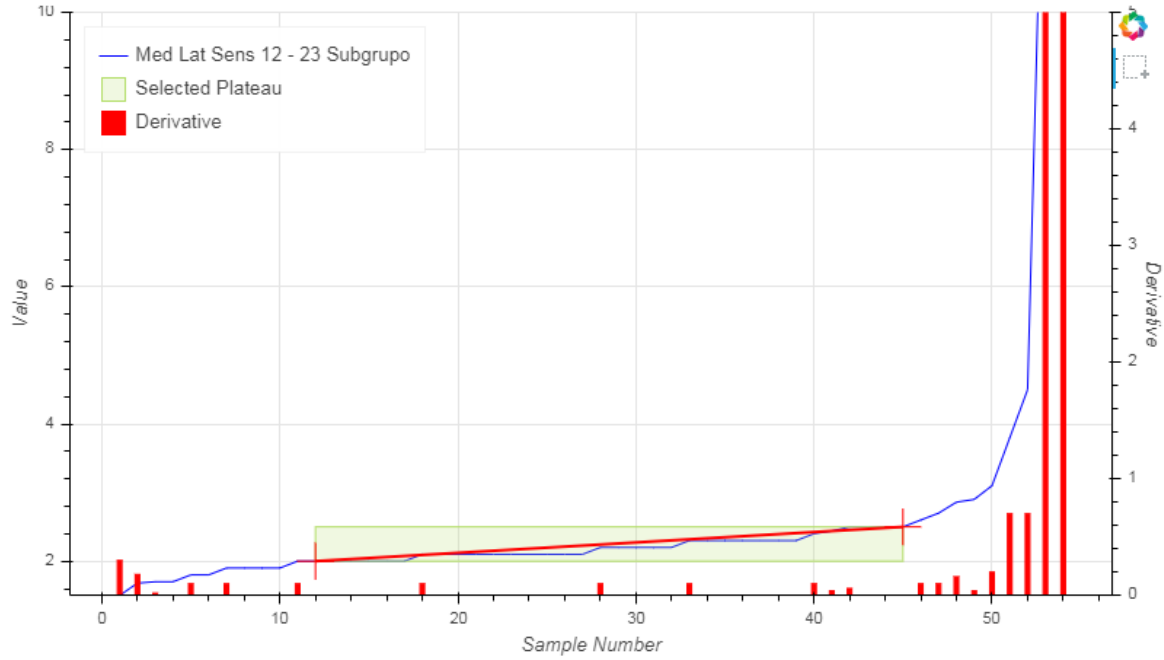


- **Velocidad de conducción**

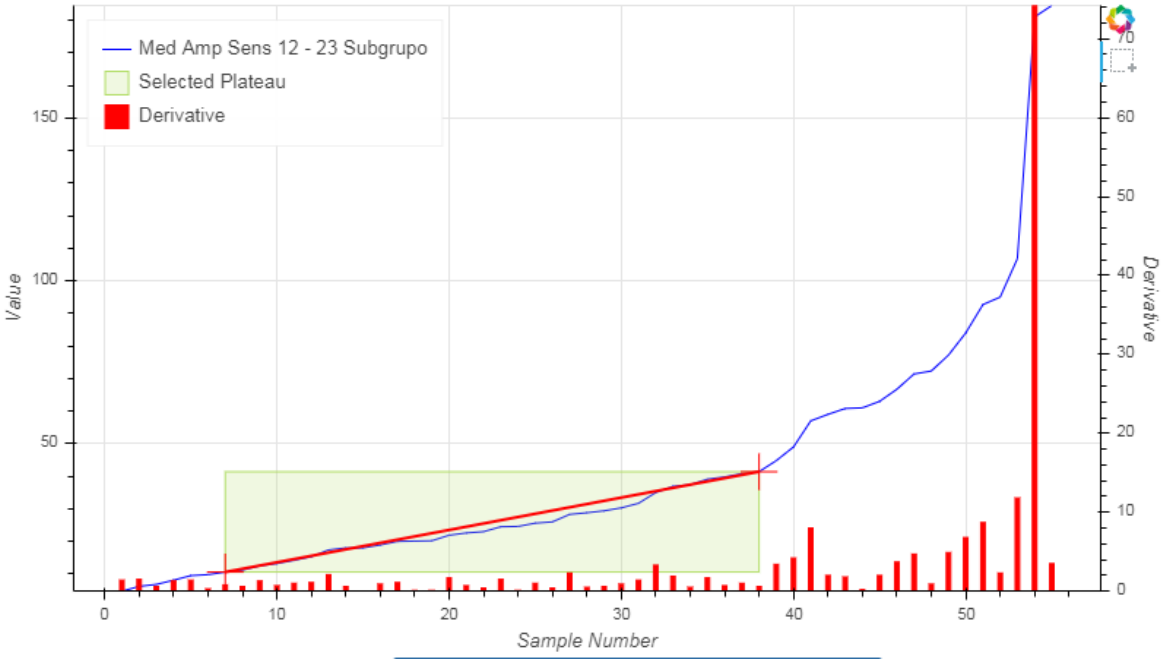


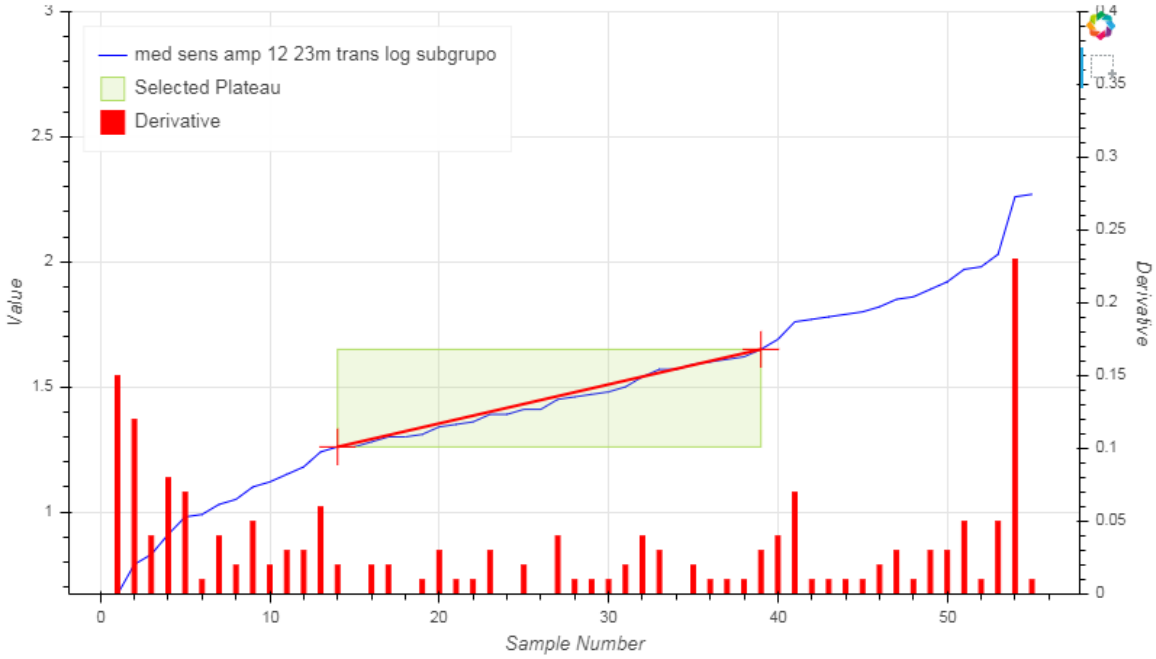
2.1.3 Nervio mediano sensitivo

- **Latencia al pico**



- **Amplitud inicio a pico**

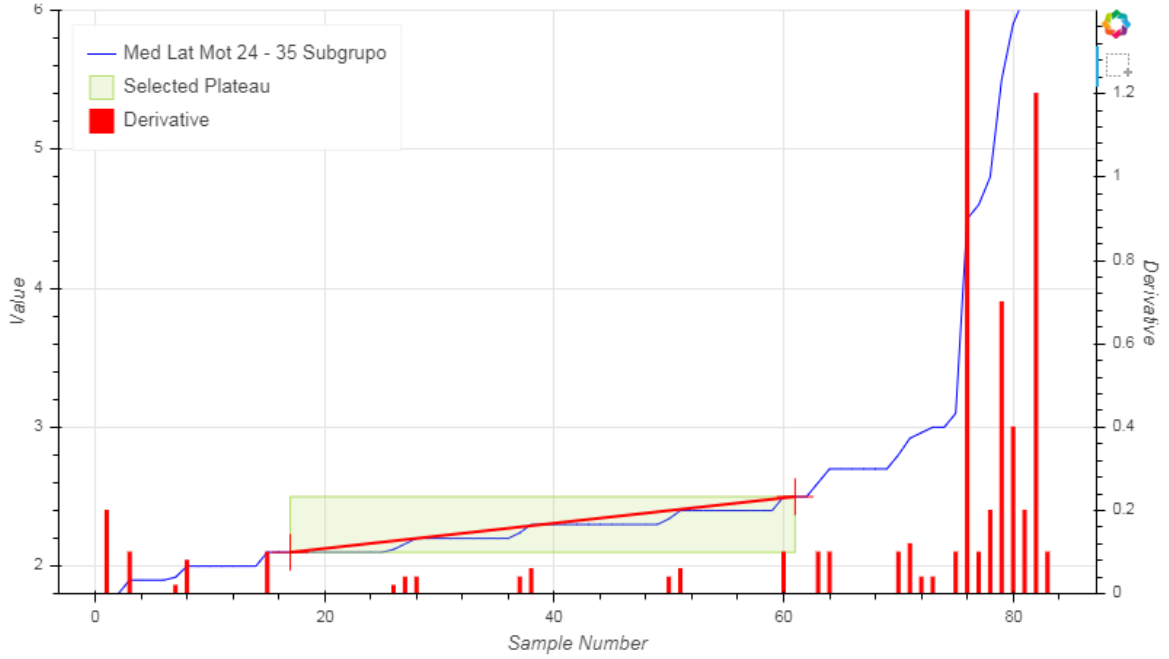




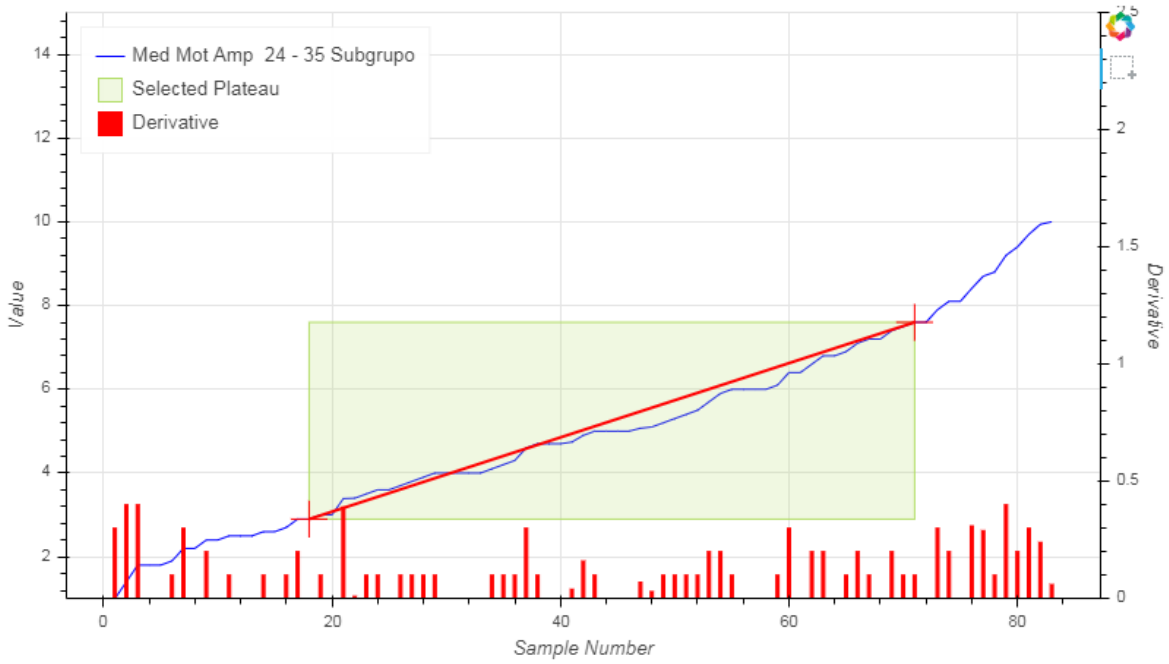
2.2 Subgrupo etario 24 a 35m

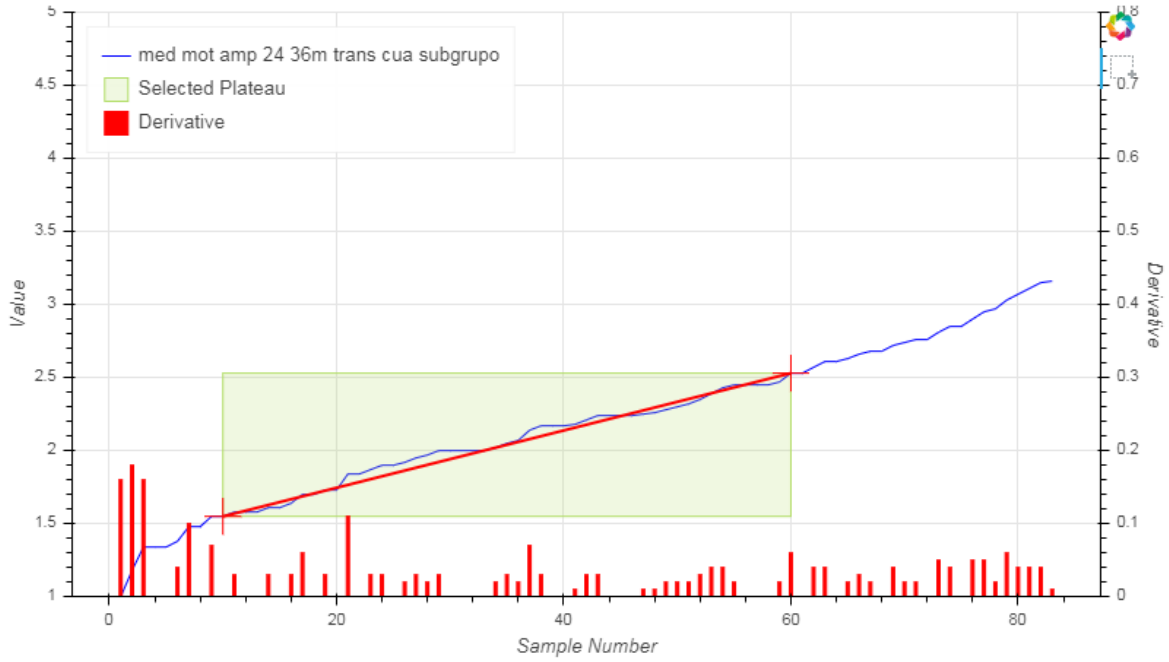
2.2.1 Nervio mediano motor

- **Latencia distal**

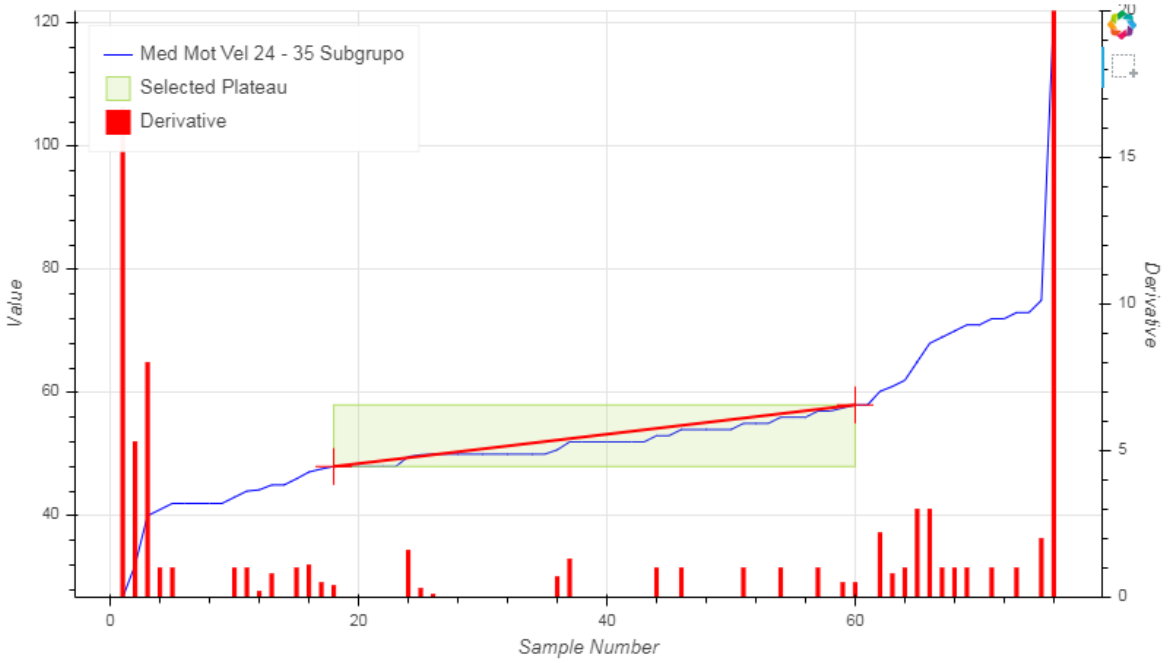


- **Amplitud distal**



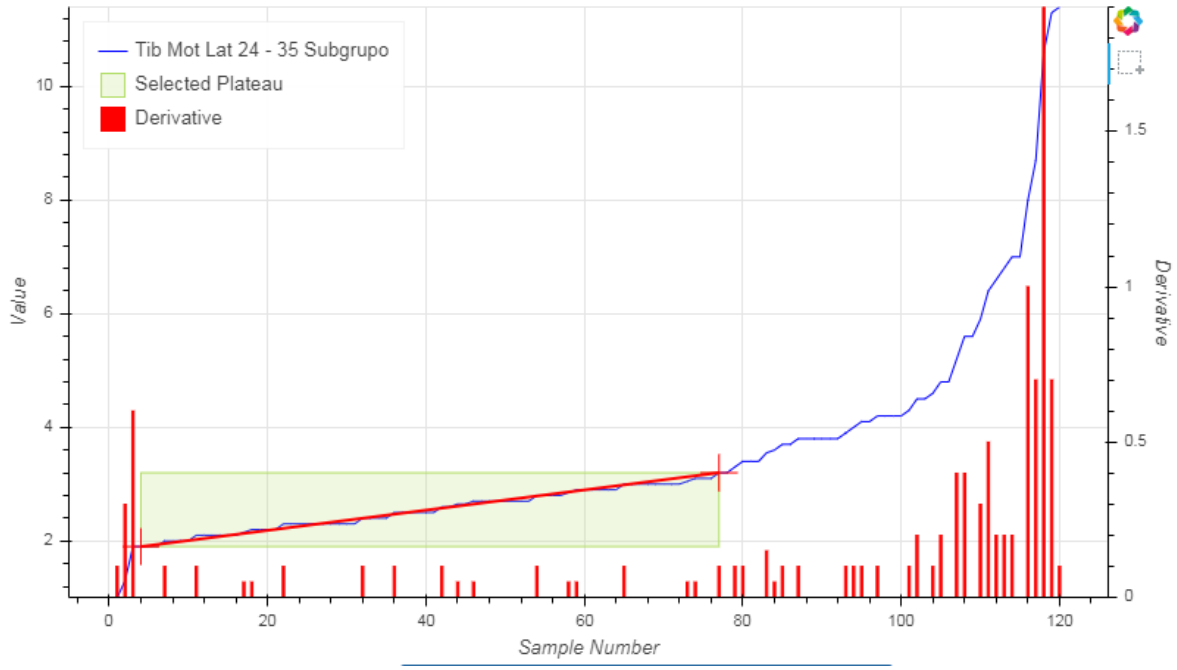


- **Velocidad de conducción**

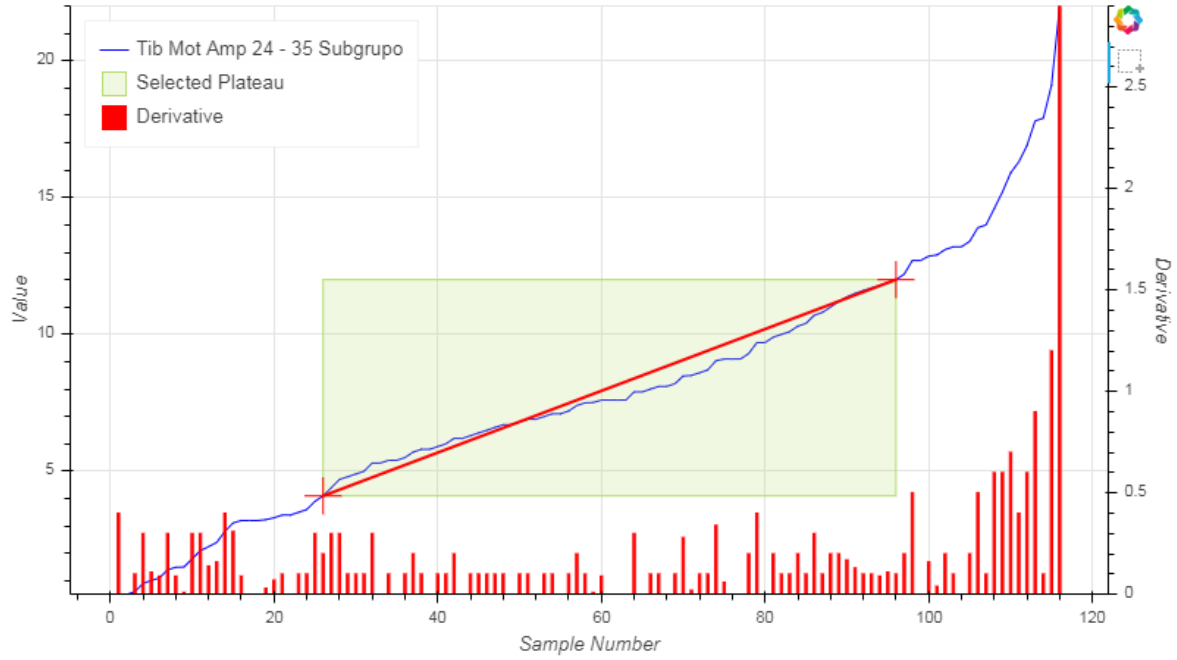


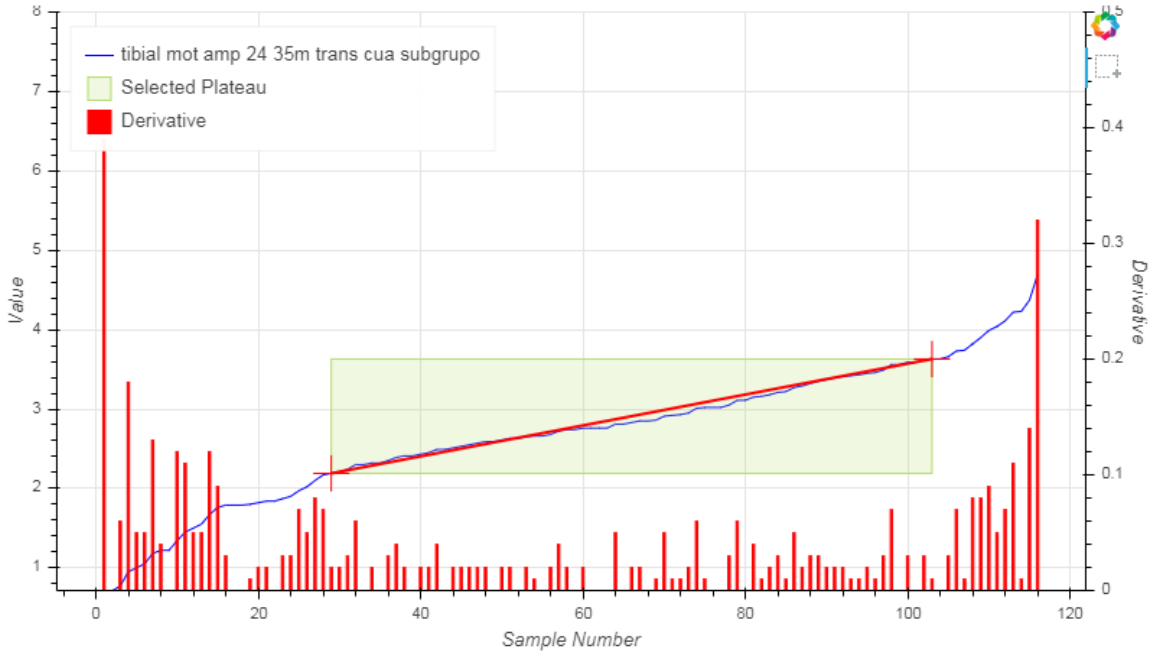
2.2.2 Nervio tibial motor

- **Latencia distal**

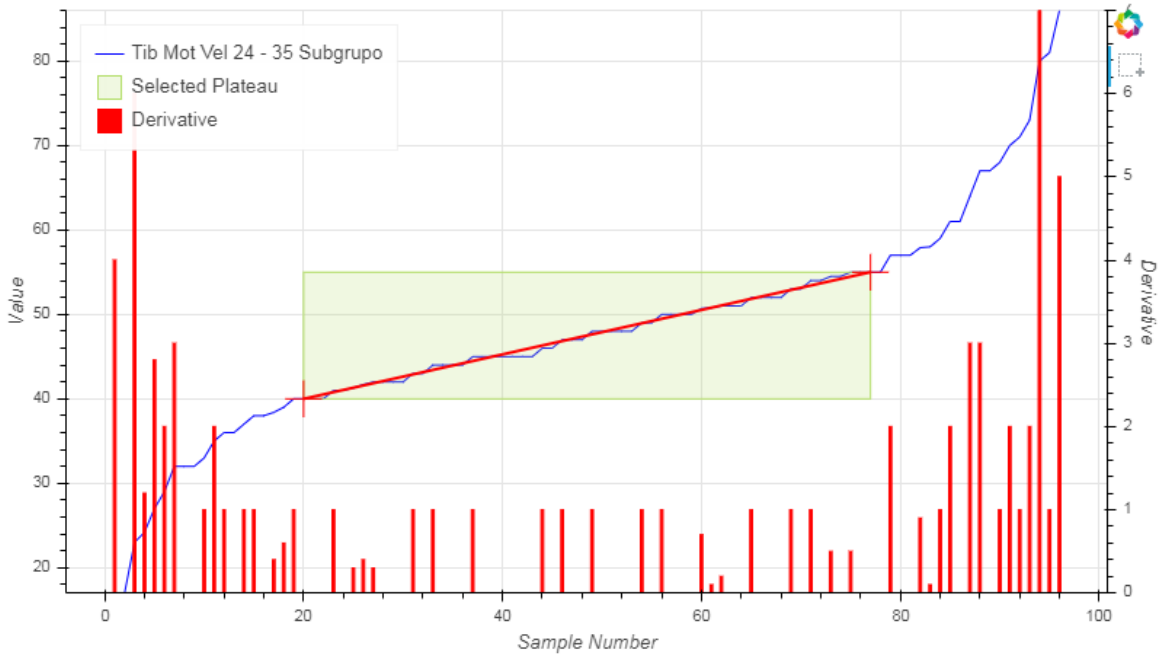


- **Amplitud distal**



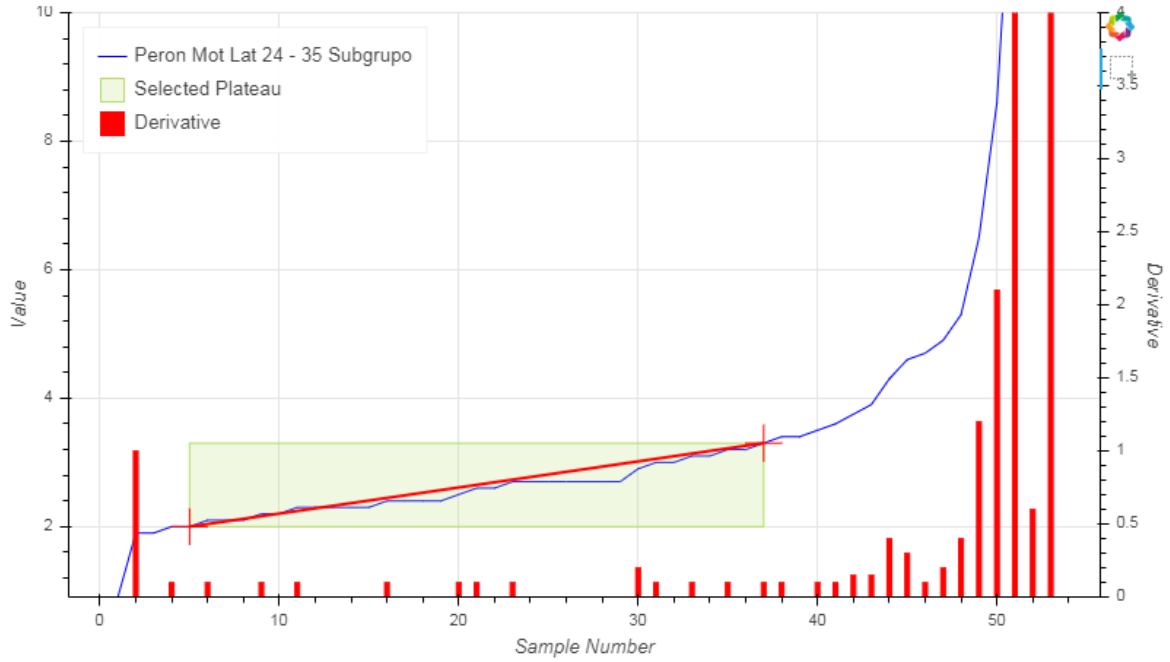


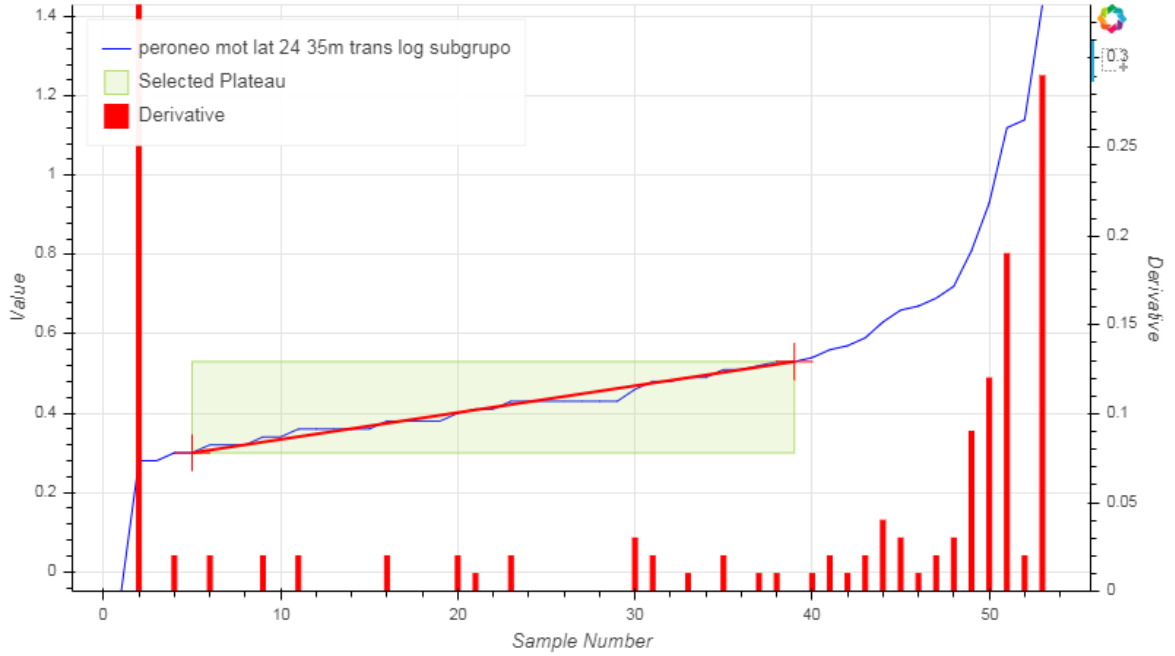
- **Velocidad de conducción**



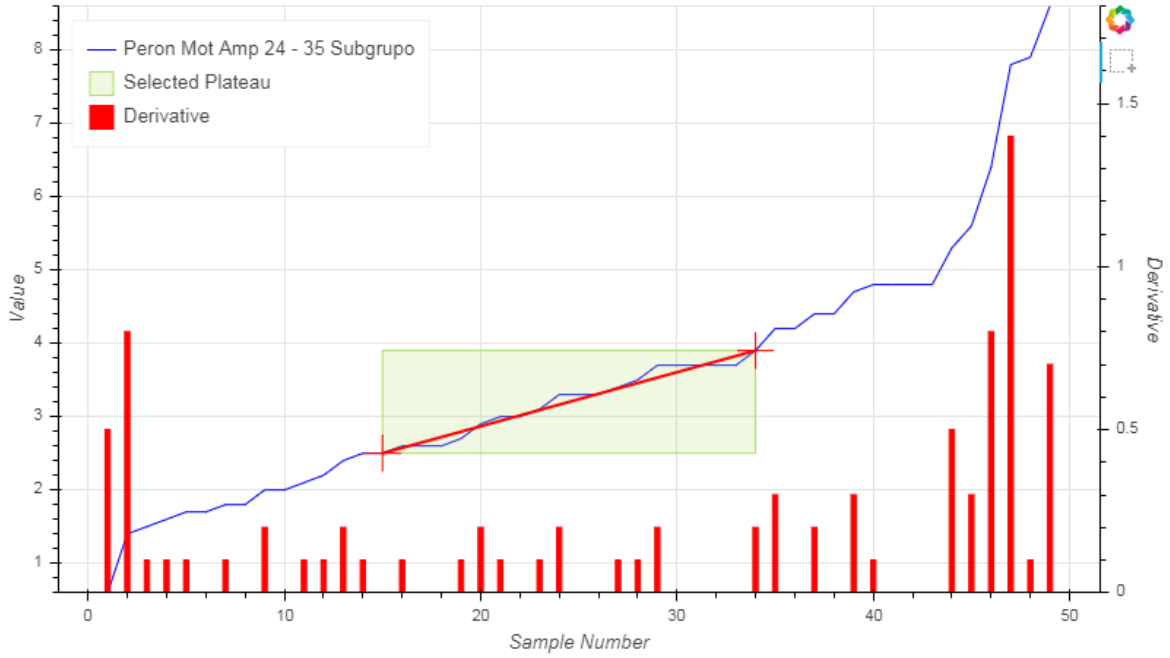
2.2.3 Nervio peroneo motor

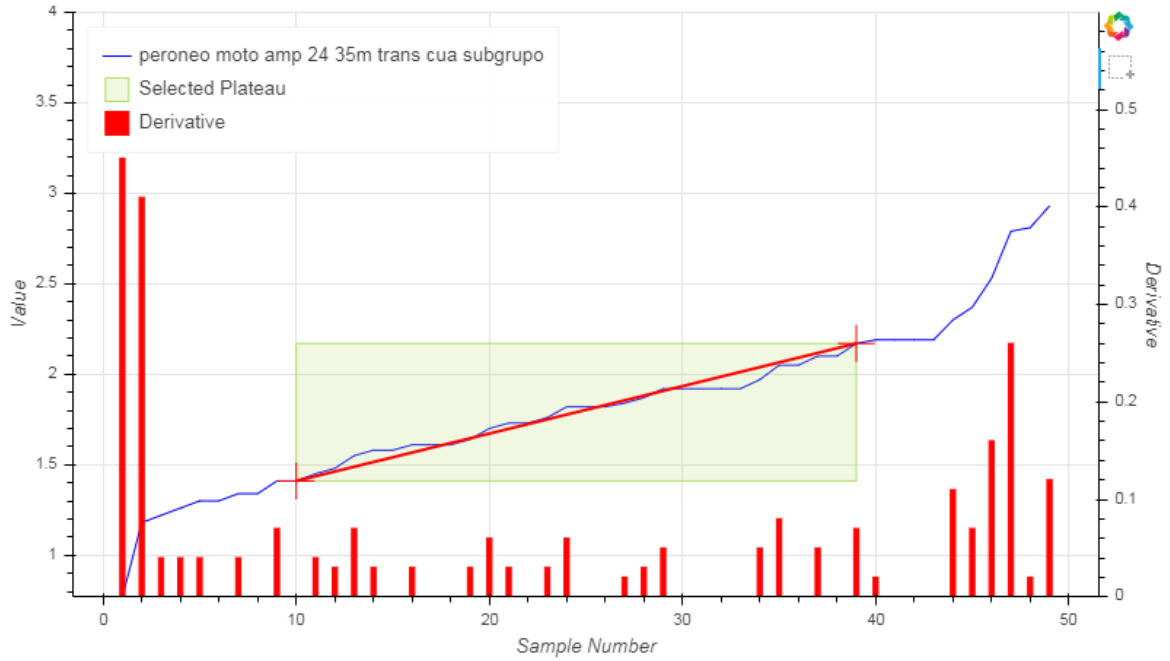
- **Latencia distal**



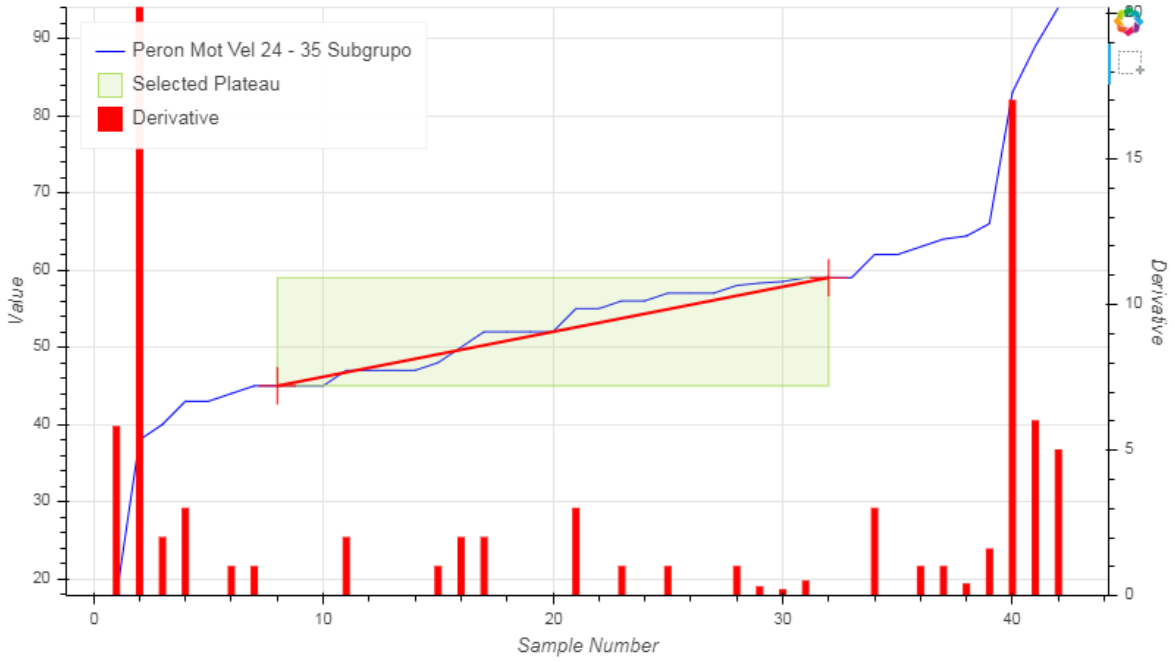


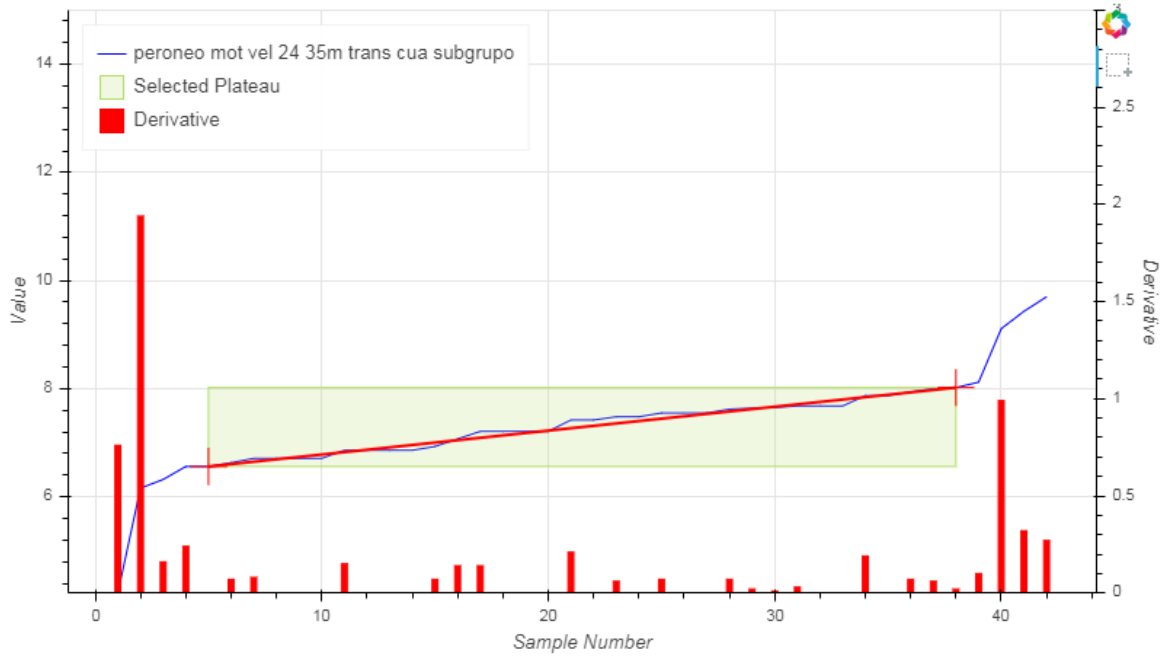
- **Amplitud distal**





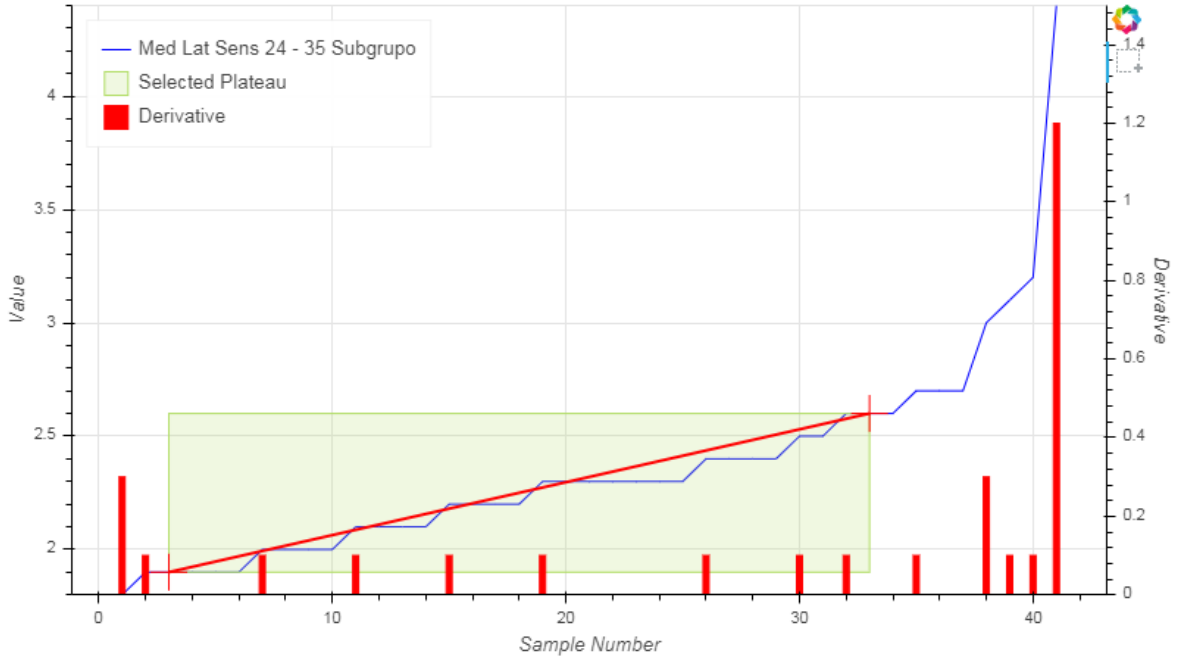
- **Velocidad de conducción**

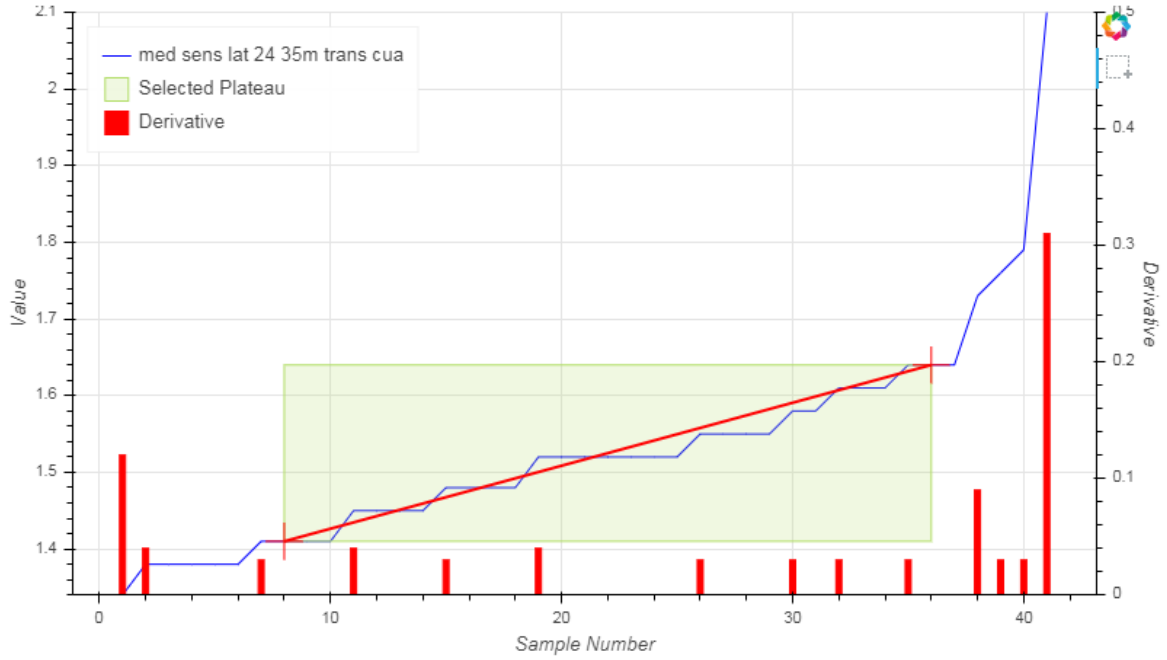




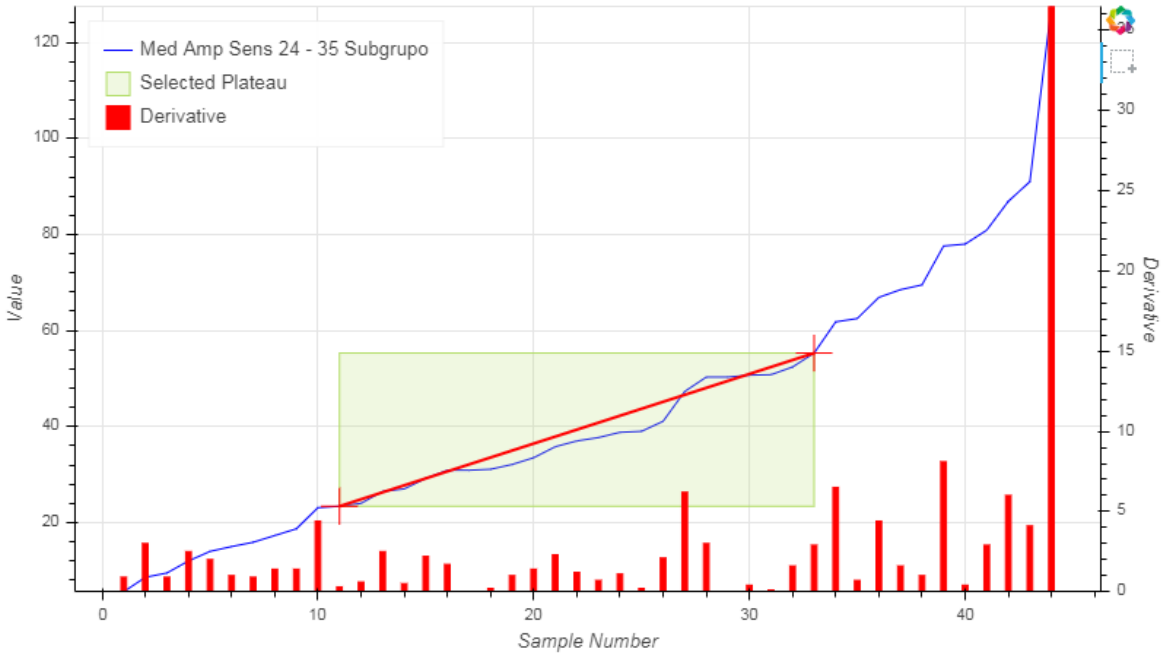
2.2.4 Nervio mediano sensitivo

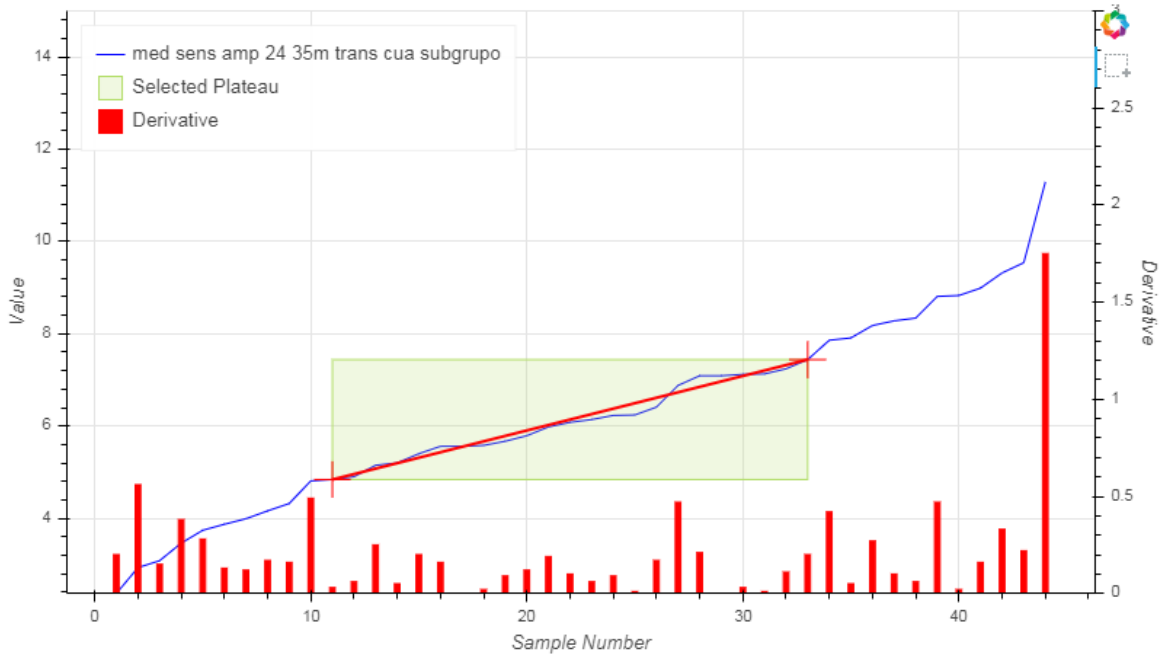
- **Latencia al pico**





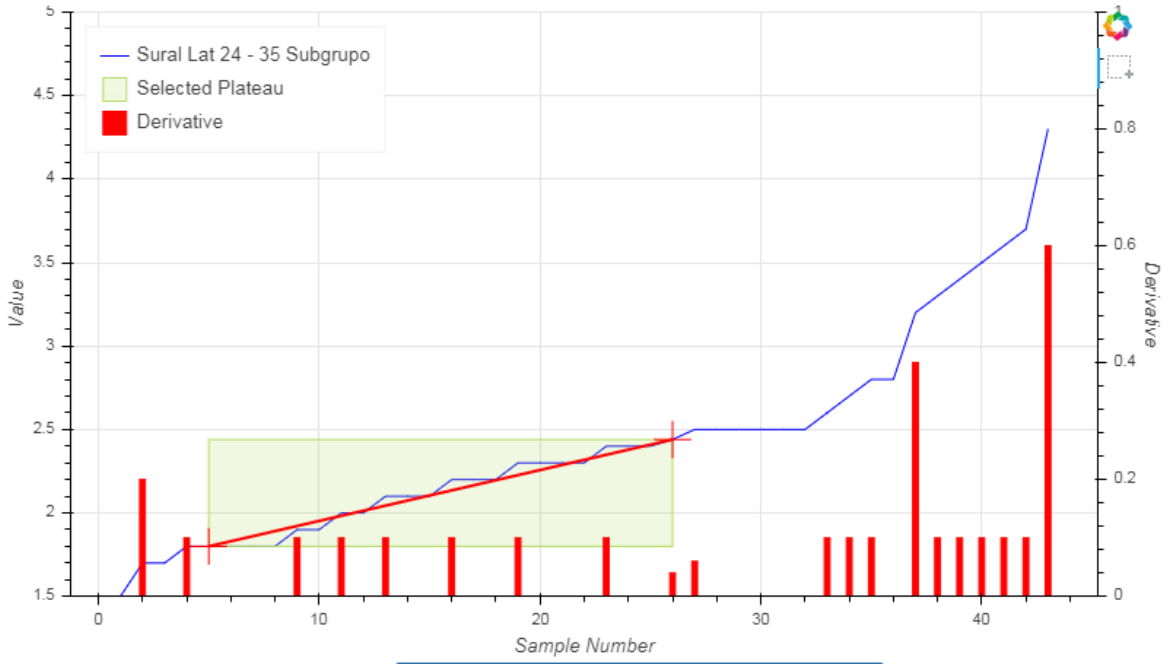
- **Amplitud inicio a pico**

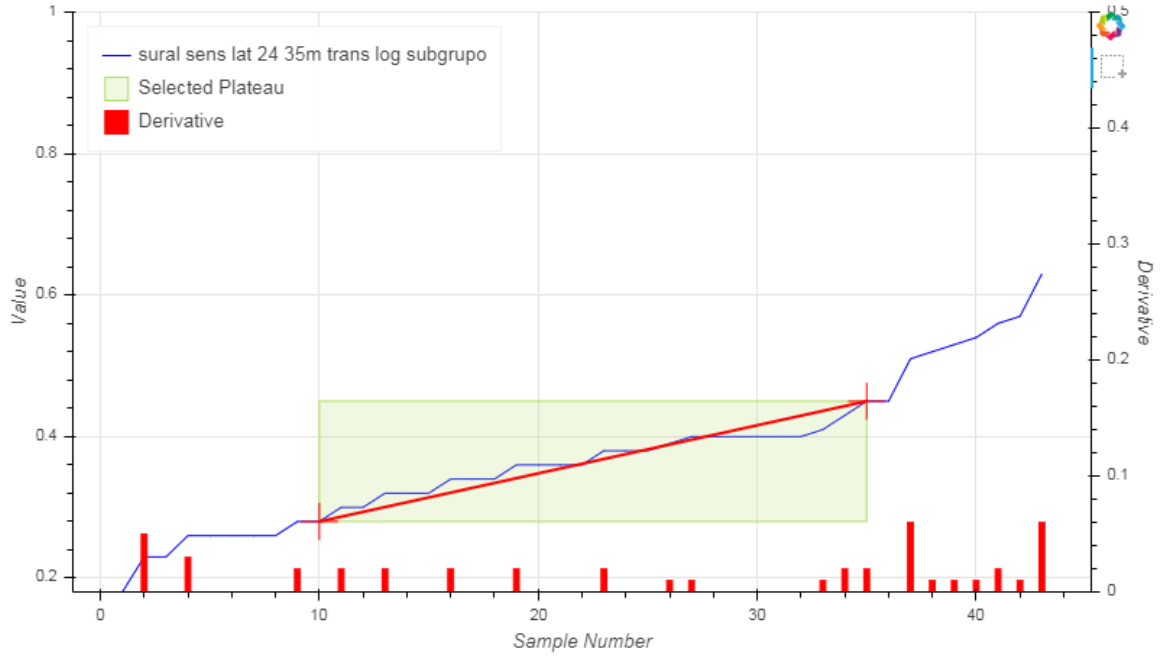




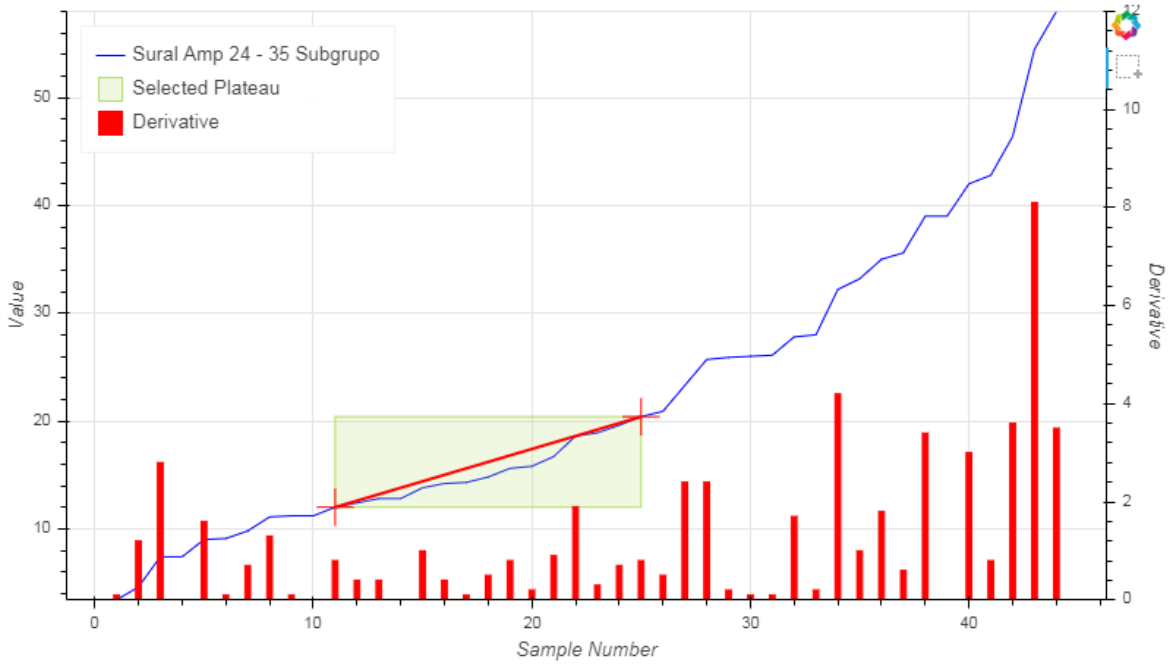
2.2.5 Nervio sural

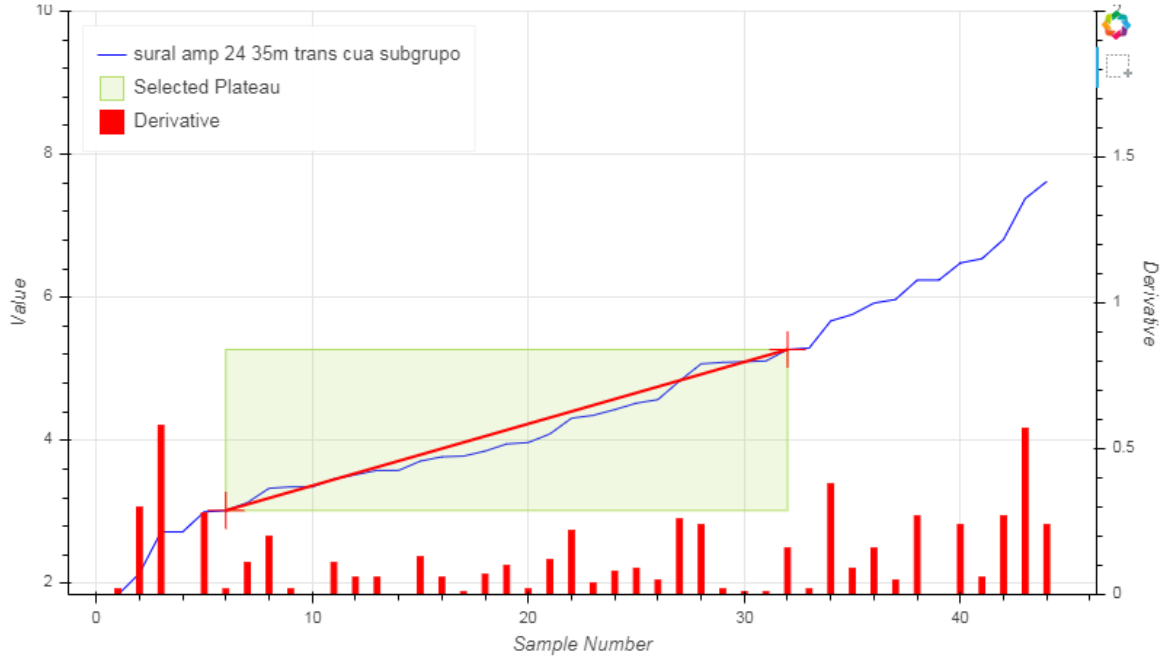
- **Latencia al pico**





- **Amplitud inicio a pico**

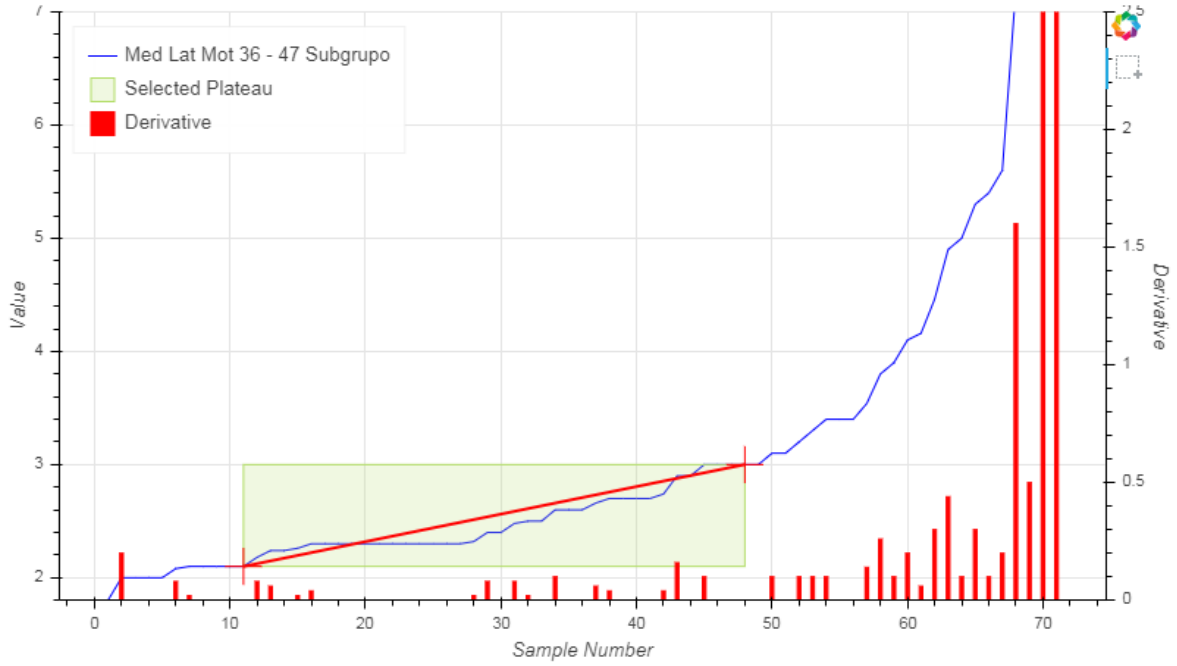


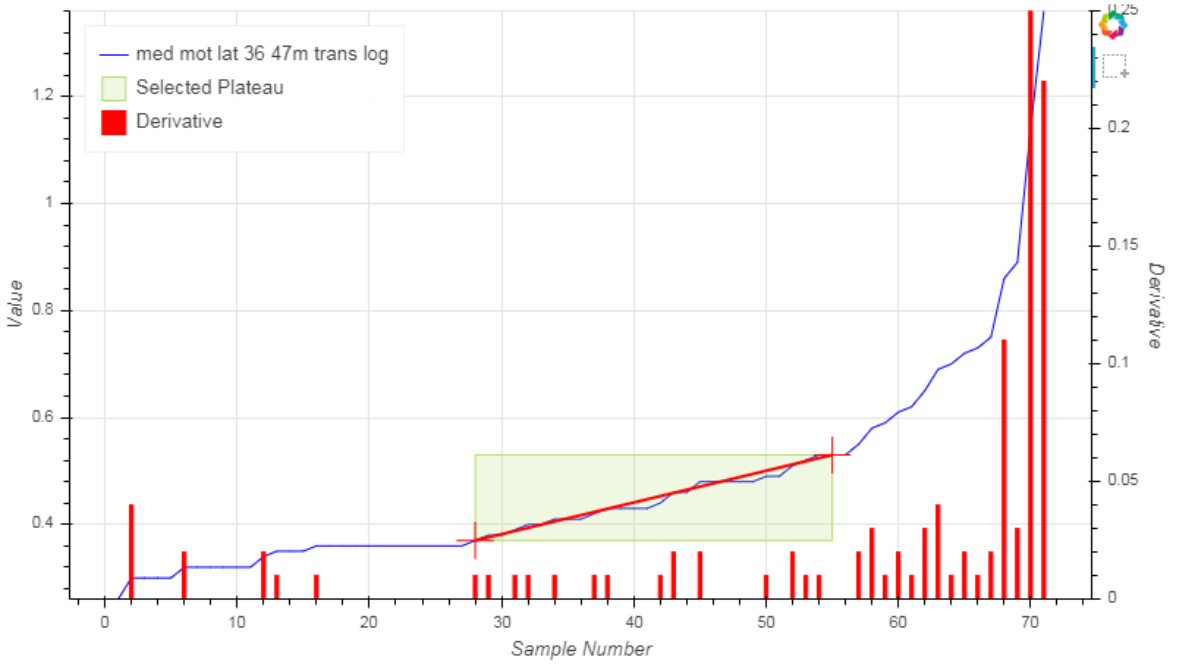


2.3 Subgrupo etario 36 a 47m

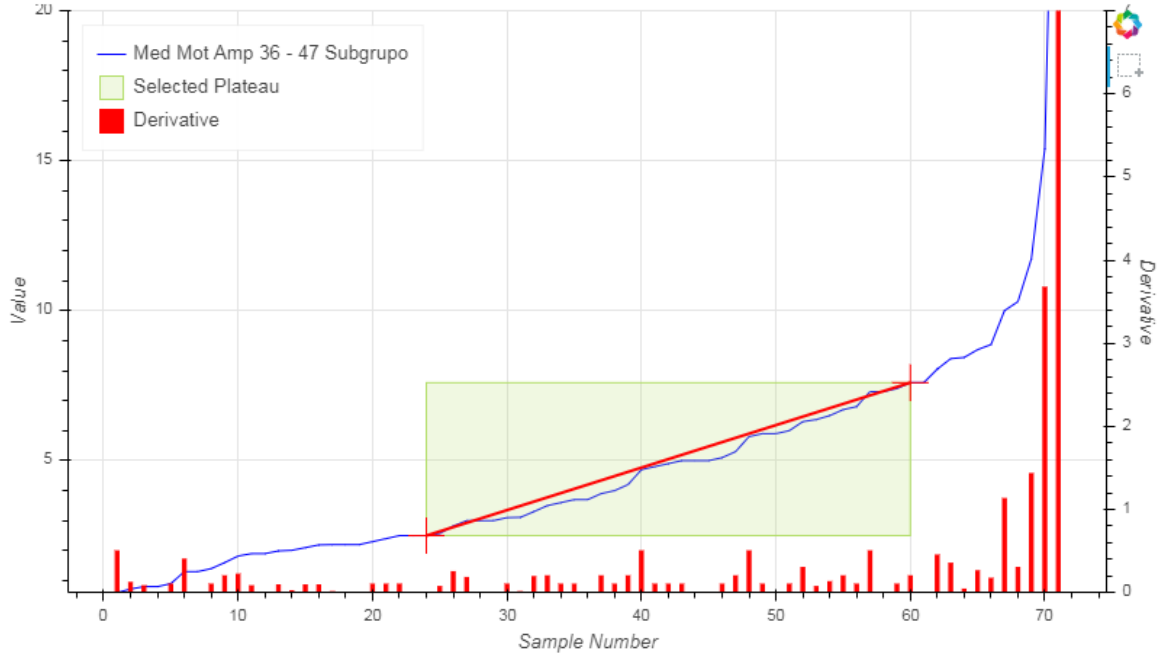
2.3.1 Nervio mediano motor

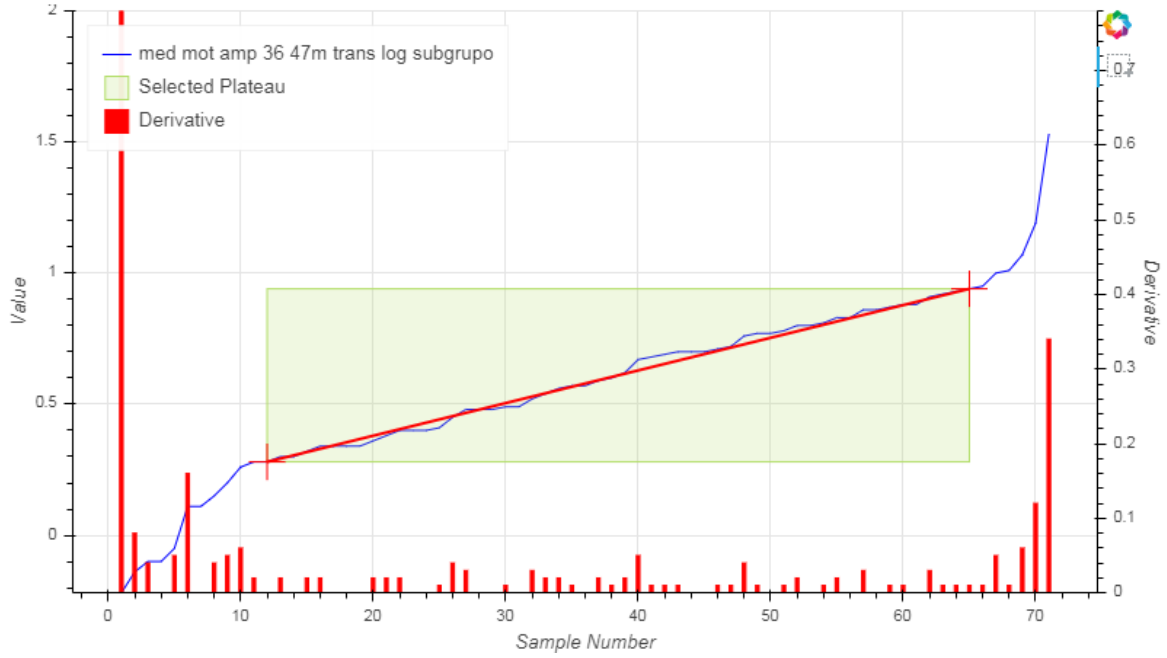
- **Latencia distal**



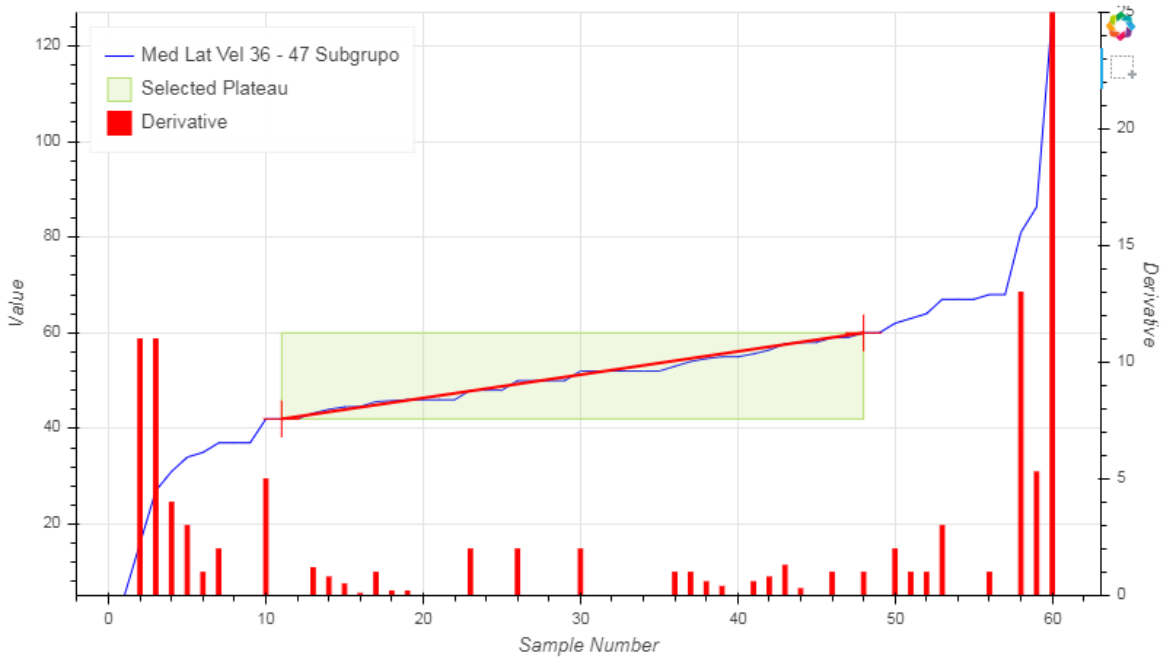


- **Amplitud distal**



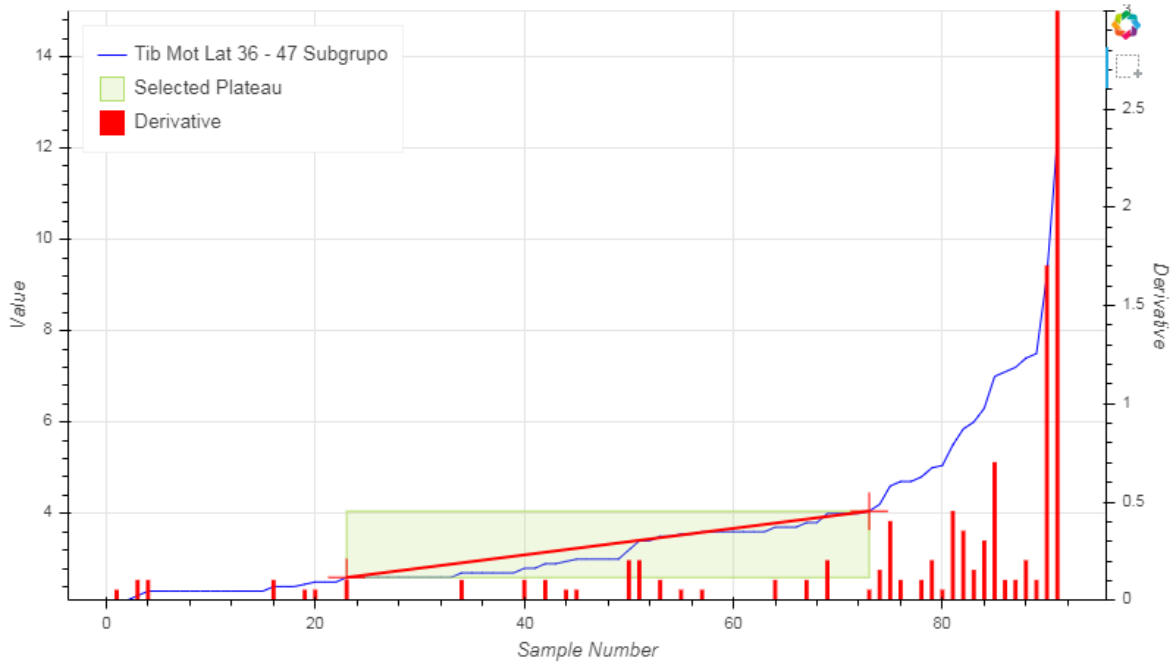


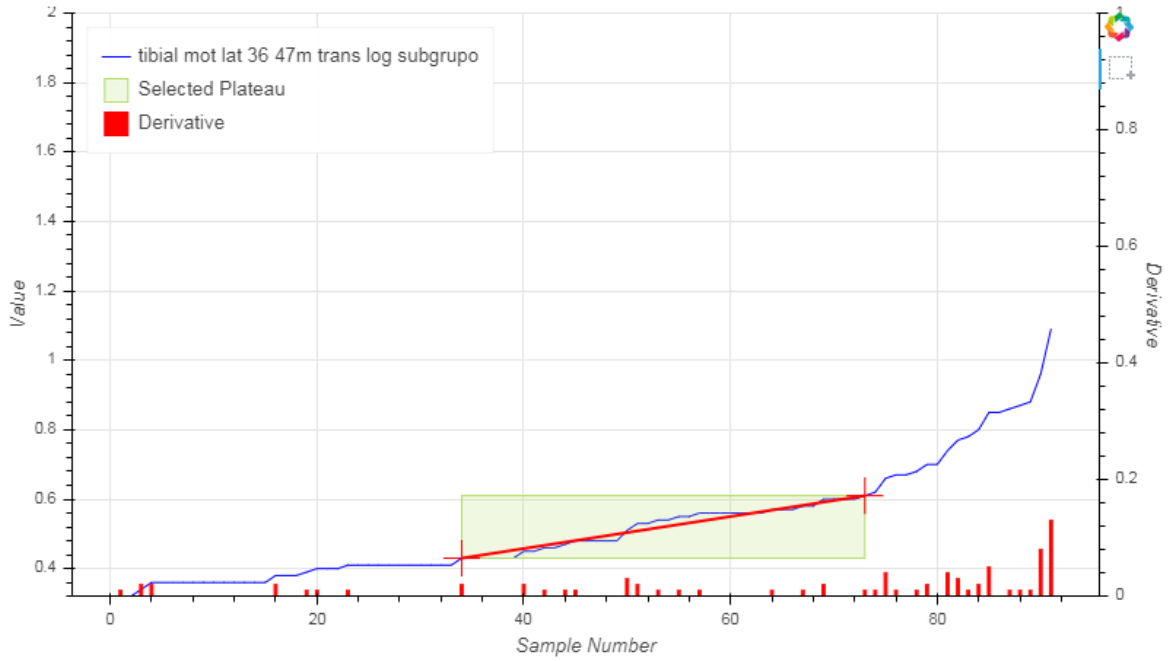
- **Velocidad de conducción**



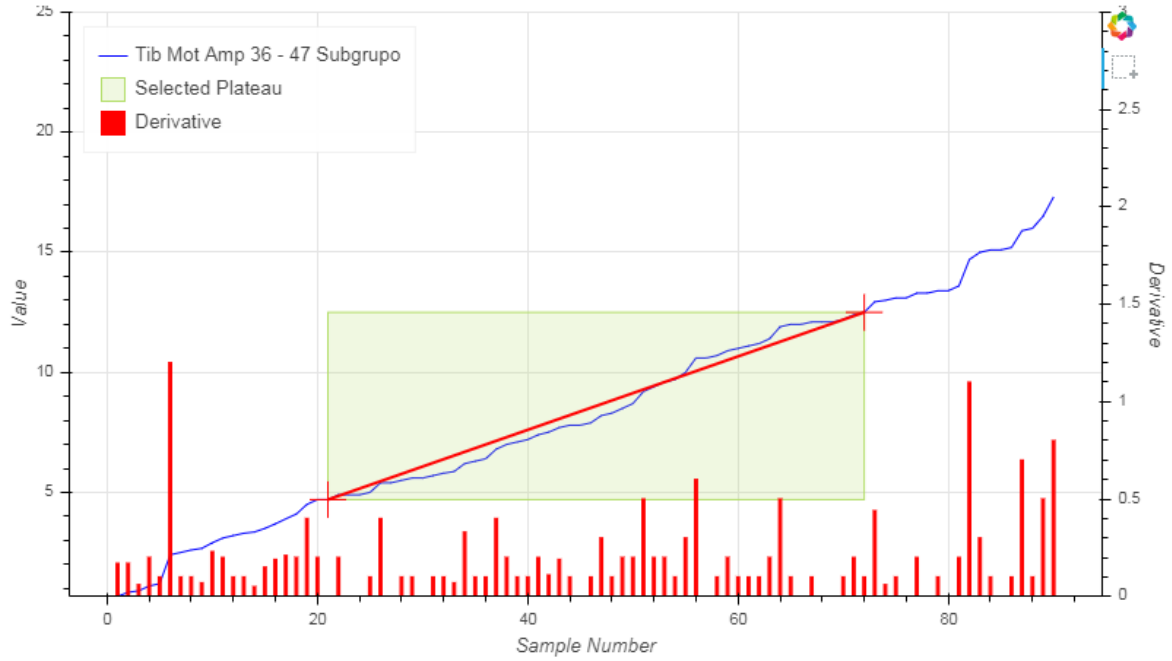
2.3.2 Nervio tibial motor

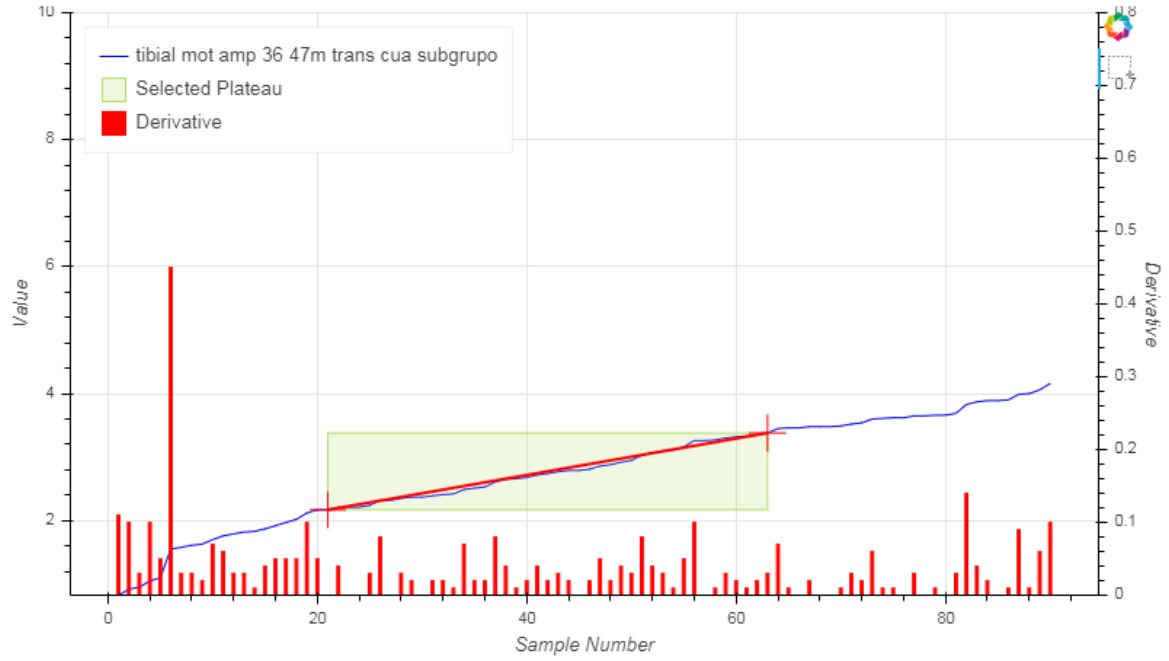
- **Latencia distal**



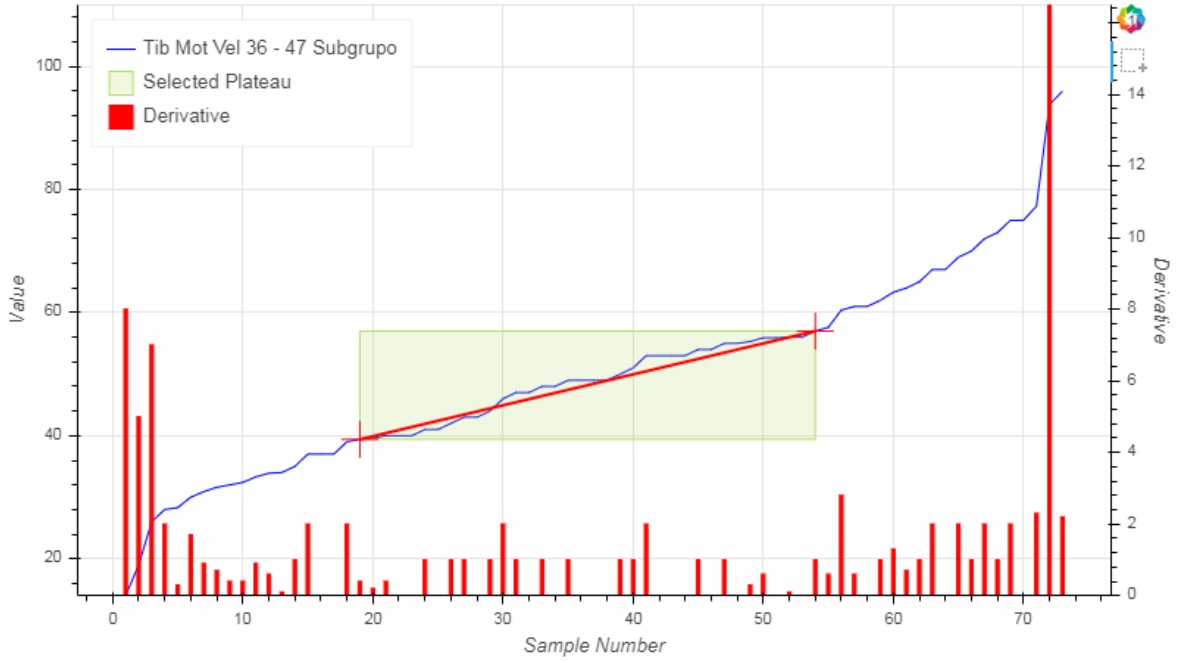


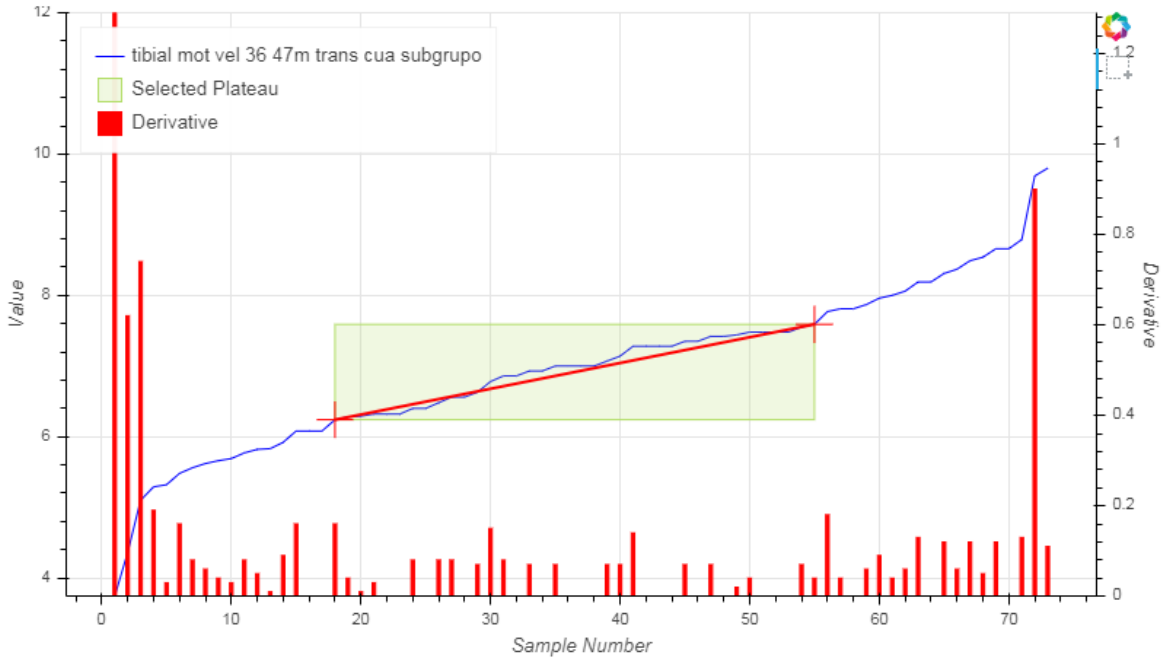
- **Amplitud distal**





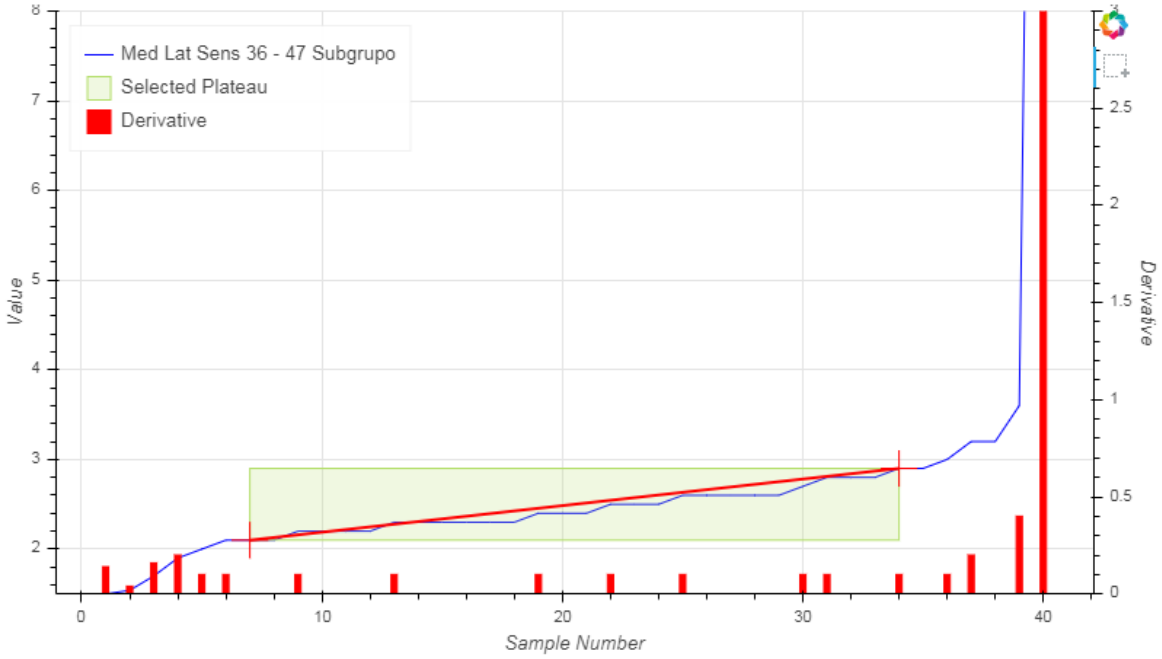
- **Velocidad de conducción**



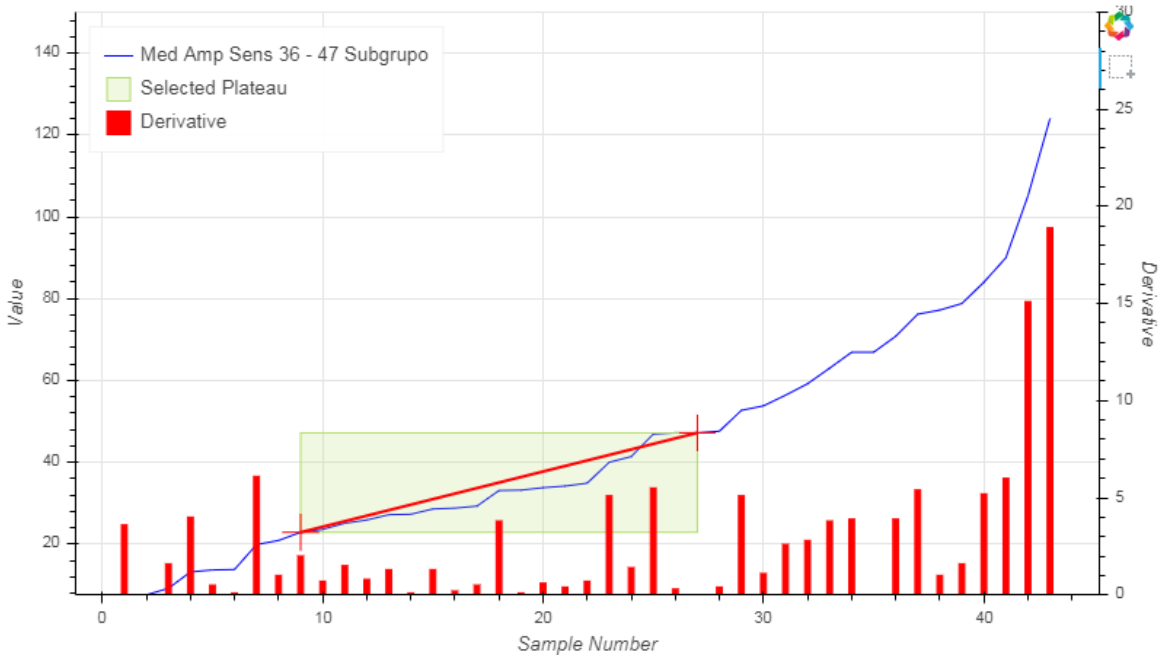
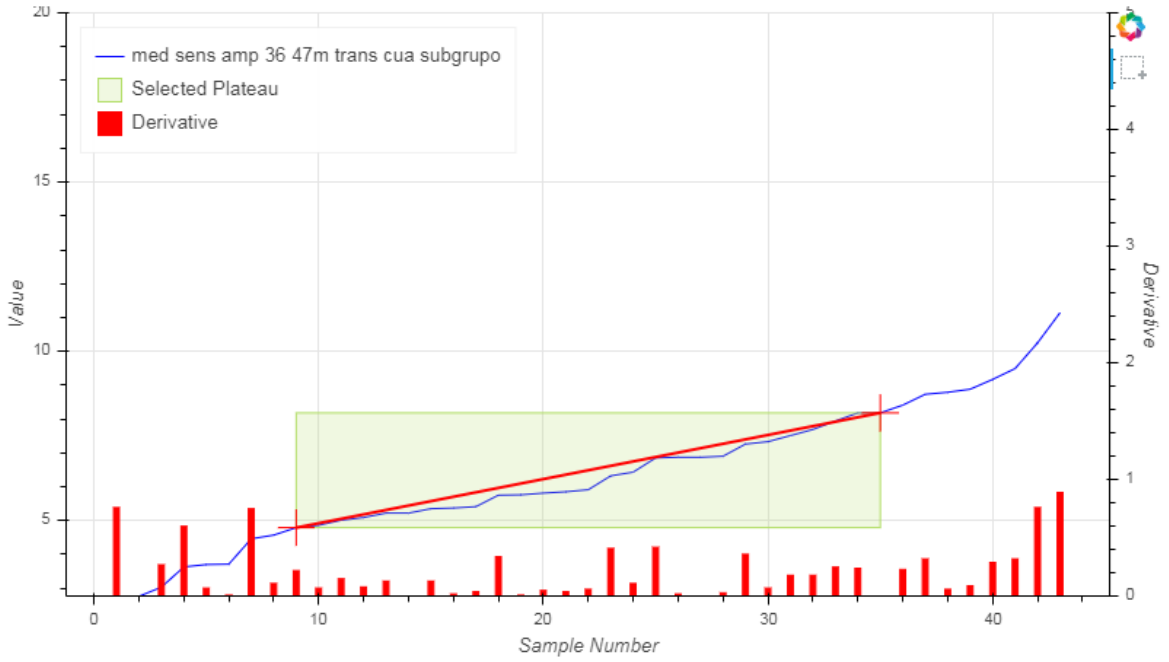


2.3.3 Nervio mediano sensitivo

- **Latencia al pico**



- **Amplitud inicio a pico**



-