

Buenas a todos;

Os dejo la traducción de un tutorial colgado en la página oficial de PHD2, trata sobre el análisis básico de las gráficas de guiado con PHD2.

El documento original puede encontrarse en: <https://openphdguiding.org/tutorial-analyzing-phd2-guiding-results/>

El autor es Bruce Waddington. Espero que os sea de utilidad

## Introducción

La mayoría de astrofotógrafos, en algún momento, deciden analizar la calidad del autoguiado que están obteniendo. Ya sea para identificar y tratar de corregir algún problema en particular o simplemente para tratar obtener el mejor rendimiento posible del equipo.

En ambos casos, el mejor modo de hacerlo es mediante el registro log que genera el programa, mucho mejor que hacerlo mirando la gráfica en tiempo real.

Esto último es útil para validar superficialmente cómo está yendo el guiado; sin embargo cualquier problema serio o modificación de la configuración requiere una visualización en una ventana mayor de la que el gráfico en tiempo real puede facilitarnos.

En este documento se usa el programa PHDLogviewer de Andy Galasso como herramienta para visualizar los problemas más comunes y analizar los comportamientos del guiado.

Esta es la herramienta que nosotros utilizamos más frecuentemente para ayudar a los usuarios de PHD2 y que a su vez puede servirlos perfectamente a vosotros.

Lo que voy a comentar en este documento es simplemente el resultado de mis pruebas y experiencia personal. No me considero un experto en la mecánica de las monturas y todavía me encuentro comportamientos del guiado que no puedo explicar. Sin embargo llevo usando versiones de PHD desde 2006 y he analizado cientos de logs de guiado durante esos años, tanto mis propios resultados como los de otros usuarios del programa. Espero que lo que yo he aprendido pueda ayudaros para entender vuestros resultados de autoguiado o al menos acelere un poco vuestra curva de aprendizaje.

# Básicos - Visión general

## Resumen de las estadísticas

Cuando miremos los gráficos y las estadísticas, debemos hacerlo en medidas de arco-segundos. Si no es algo obvio para vosotros, echad un vistazo a 'Escala de la imagen y medidas en arco segundos' del apéndice. Para tener una imagen general de tu guiado, empezad revisando los valores RMS que aparecen en la parte inferior derecha del gráfico:



Cuando cargamos una sesión de guiado en el PHDviewer, el valor 'RMS' es la desviación estándar de todos los movimientos de la sesión. En este ejemplo, sobre el 68% de los movimientos estuvieron por debajo de 0.59 arcosegundos, el resto estuvo por encima. Como punto de partida estaría muy bien conseguir un RMS total alrededor de 1 arcosegundos o por debajo.

Cuánto más bajo, depende de muchas cosas, especialmente las condiciones de seeing y la calidad de la montura. Ahora miremos los valores RMS correspondientes a AR y DEC individualmente para compararlos. En la mayoría de monturas que he visto, es común que el valor en AR sea algo más alto que en Dec, probablemente sea porque el sistema de engranajes en AR está siempre en funcionamiento mientras que en DEC no lo está. También parece haber algo intrínseco relacionado con el seeing con una tendencia a generar los desplazamiento en AR algo más largos y frecuentes. Sea como fuere, si los valores en AR o DEC RMS difieren por un valor elevado, por ejemplo x2 o x3, el resultado serán estrellas alargadas en la imagen. Por otro lado, ¿qué ocurre si ambos valores son parecidos pero elevados? El resultado serán estrellas hinchadas (las típicas estrellas como pelotas) y tanto la resolución como la nitidez se verán comprometidas. No es suficiente que las estrellas se vean redondas, queremos que sean pequeñas y redondas, cuán pequeñas vendrá determinado tanto por la calidad de la óptica como por la calidad del seguimiento. En ocasiones veréis hilos en los foros donde la gente comenta: 'Consigo imágenes con

estrellas perfectamente redondas incluso en exposiciones de 30 minutos'. Bien, esto probablemente sea una buena noticia – pero ¿qué longitud y tamaño tienen esas estrellas comparadas con las que se obtienen en exposiciones cortas de 10 o 20 segundos?

Muchos de nosotros, raramente guiamos durante toda la noche sin alguna incidencia de algún tipo. Cuando miramos las estadísticas generales, a menudo necesitamos aislar esas incidencias. Probablemente tendremos que revisarlas en detalle en algún momento, pero es recomendable hacernos una idea de la calidad del guiado sin esas incidencias puntuales y sin tener los valores alterados por hechos esas incidencias puntuales. Considerad esta sección de un log de guiado:



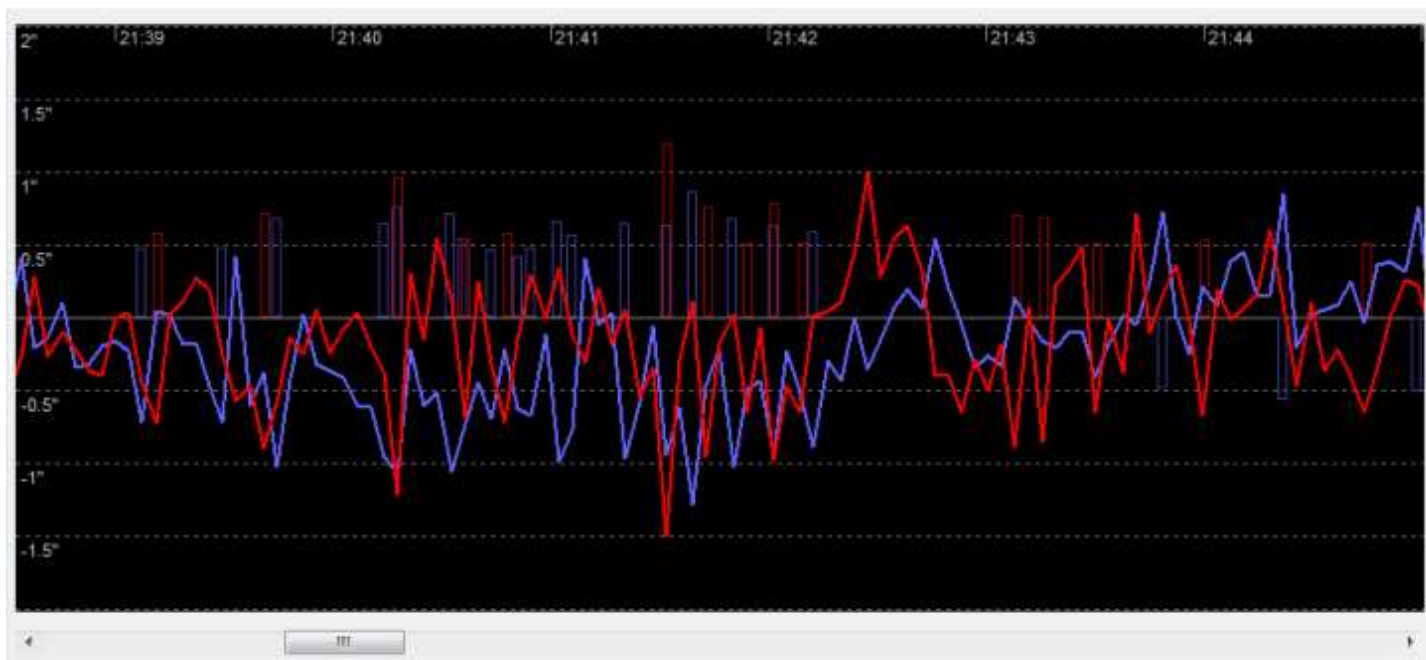
Algo malo ocurrió poco antes de las 22:47. Una enorme excursión en AR que provoca que el RMS total alcance 2,6 arcosegundos durante el periodo mostrado. Sin embargo el guiado anterior y posterior a este evento parece mucho mejor. Podéis usar PHDLogviewer para aislar esas regiones y ver esos valores. Cuando lo hice con esos datos, los valores de las estadísticas mejoraron mucho: el total de RMS quedó en 0,5 arcosegundos antes y después del incidente. Esto indica que el guiado global fue muy bueno. Pero debemos indagar el origen de esa larga excursión. Cómo hacerlo queda recogido en la sección 'Gremlins'.

# Seeing

Cuando miramos una gráfica de guiado, la mayoría de los movimientos rápidos de la estrella que vemos son causadas por el seeing. Algo sobre lo que no podemos hacer nada. Si esto no es algo familiar para vosotros, echad un vistazo a la sección 'Guiado y seeing astronómico' del apéndice. Si los movimientos rápidos son grandes debemos revisar el tiempo de exposición que se ha seleccionado -tiempos de exposición más largos pueden ayudar a reducir las desviaciones que vemos por el efecto del seeing (ver apéndice). Esas rápidas excursiones se reflejan en la estadística del RMS y pueden ser su principal contribuyente. Puede ayudaros ejecutar el asistente de guiado periódicamente para revisar el seeing habitual del lugar desde donde observamos. Un mal seeing no puede ser corregido, simplemente nos limitaremos a hacer lo que podamos. Con el tiempo, usando el asistente de guiado, llegaremos a conocer de antemano las expectativas de guiado para la mayoría de las noches y reconocer el efecto del seeing cuando miremos una gráfica de guiado. Sin embargo, si estáis 'persiguiendo el seeing' por unos malos parámetros, veremos muchos de esos movimientos inducidos por el seeing; se traducirán en patrones de dientes de sierra en el gráfico. La identificación de estos indicios serán tratadas más tarde.

## Qué mirar en los gráficos

Cuando reviséis los detalles en el gráfico de guiado, normalmente debéis empezar mirando dos cosas: la distancia que recorre la estrella entre una exposición y otra así como PHD2 reacciona a ese movimiento. Aquí un típico gráfico de guiado aumentado para ver los detalles:



El movimiento de la estrella se muestra diferenciado por dos líneas, el movimiento azul para el AR y el rojo para DEC. Los rectángulos muestran el comando de guiado que ha generado PHD2, la altura de los rectángulos indica de manera relativa la fuerza del pulso de corrección. No le deis muchas vueltas a la convención arriba/abajo escogida para mostrar los rectángulos. La orientación fue escogida para mejorar y simplificar la visualización y hacerla más intuitiva - queremos el comando 'tirando' en dirección contraria a su movimiento aparente. Si os fijáis detalladamente, los rectángulos siempre siguen al movimiento de la estrella por un pequeño espacio.

Esto es porque el movimiento de PHD2 es reactivo a la exposición previa. Lo que vemos en esta gráfica es muy típico - a veces sólo es necesario un sólo pulso para reconducir la estrella mientras en otros casos son necesarios se requieren varios pulsos de corrección en la misma dirección. También podéis ver que algunos desplazamientos de la estrella no generan pulsos de corrección. Esto suele ocurrir por el valor min-move indicado para ese eje pero en ocasiones puede ser causado por el algoritmo de guiado escogido para amortiguar el guiado. Otra cuestión importante es prestar atención a la escala de la izquierda para poder contextualizar la dimensión de los desplazamientos. Los principiantes a menudo al ver esta gráfica piensan que el guiado ha sido horrible puesto que ven muchas oscilaciones. Pero los desplazamientos que podemos ver aquí están generalmente por debajo de  $\pm 1$  arcosegundo, y el RMS total para esta sección está alrededor de 0,6 arc-seg. En este ejemplo, el guiado fue tan bueno como permitió el seeing.

## Problemas sencillos

Para ir calentando, podemos empezar revisando algunos problemas sencillos de diagnosticar. Uno de los más sencillos es el que vemos aquí:



Buaaaa !! Un guiado absolutamente perfecto, la estrella guía no se ha movido nada !! Um ....no. Esto es lo que ocurre cuando guiamos tomando como estrella guía un píxel caliente, que es lo mismo que no guiar; al fin y al cabo. Esto no debería ocurrir en ningún caso, pero si ocurre podéis intentar lo siguiente:

- Dejad que PHD2 autoseleccione la estrella de guiado (Alt + s). Puede ser complicado distinguir visualmente un píxel caliente de una estrella cuando estéis escudriñando la pantalla.
- Asegúraos que usáis o bien una librería de darks o bien un mapa de píxeles calientes
- Aplicad un filtro 2x2 o 3x3 para reducir el ruido (Menú del cerebro>Solapa cámara)

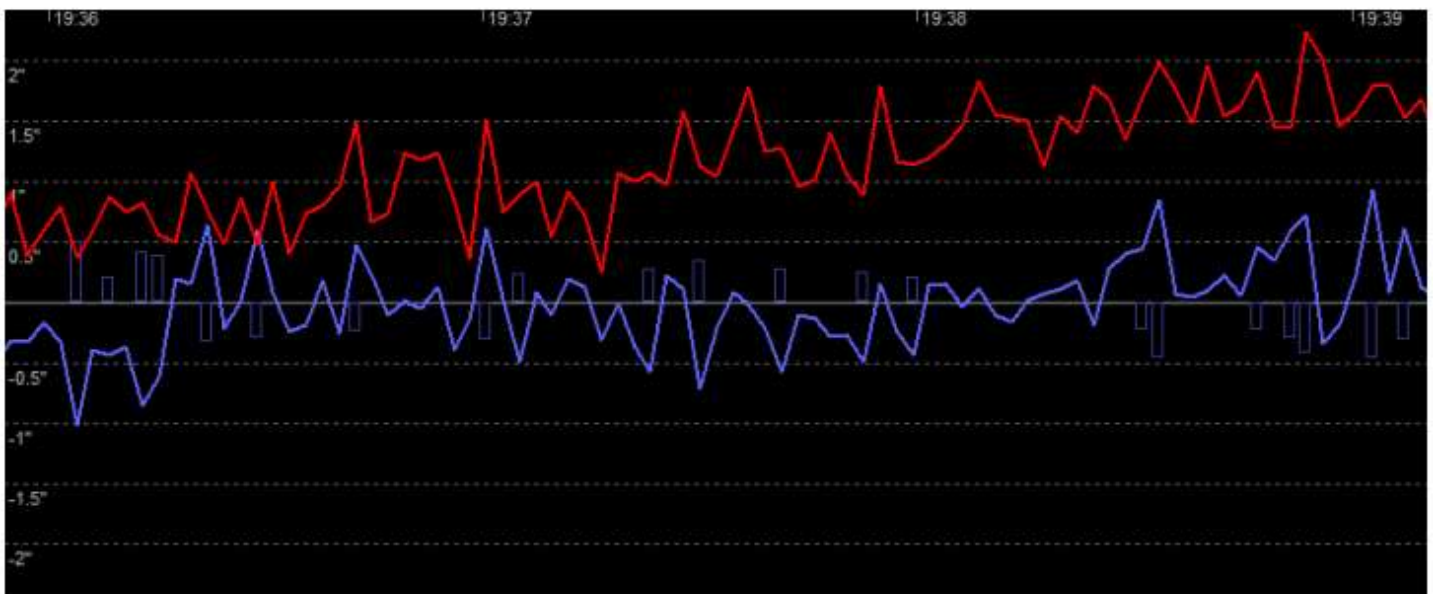
Ahora vamos a ver otro problema, uno que ocurre en más ocasiones si usáis el cable ST-4 de guiado entre la cámara de guiado y la montura:



Parece que el guiado es genial hasta que pega una larga estacada hacia el oeste, (abajo). Pero en este caso PHD2 no pudo recuperar nunca la posición correcta. Fijaos en los continuados intentos del programa enviando pulsos hacia el este para recuperar la posición durante los dos minutos siguientes, pero no ocurre nada. La estrella guía nunca regresa a la posición inicial y sigue la deriva hacia el oeste.

¿El diagnóstico? El cable de guiado estaba defectuoso y el pulso hacia el este nunca ha llegado a la montura. Cambiando el cable resolvimos el problema. Esta no es la única explicación posible pero en este caso es lo primero que debemos hacer ya que el fallo en el cable ST-4 es un problema muy común.

Aquí tenemos otro fácil, aunque quizá nunca lo hayáis visto:



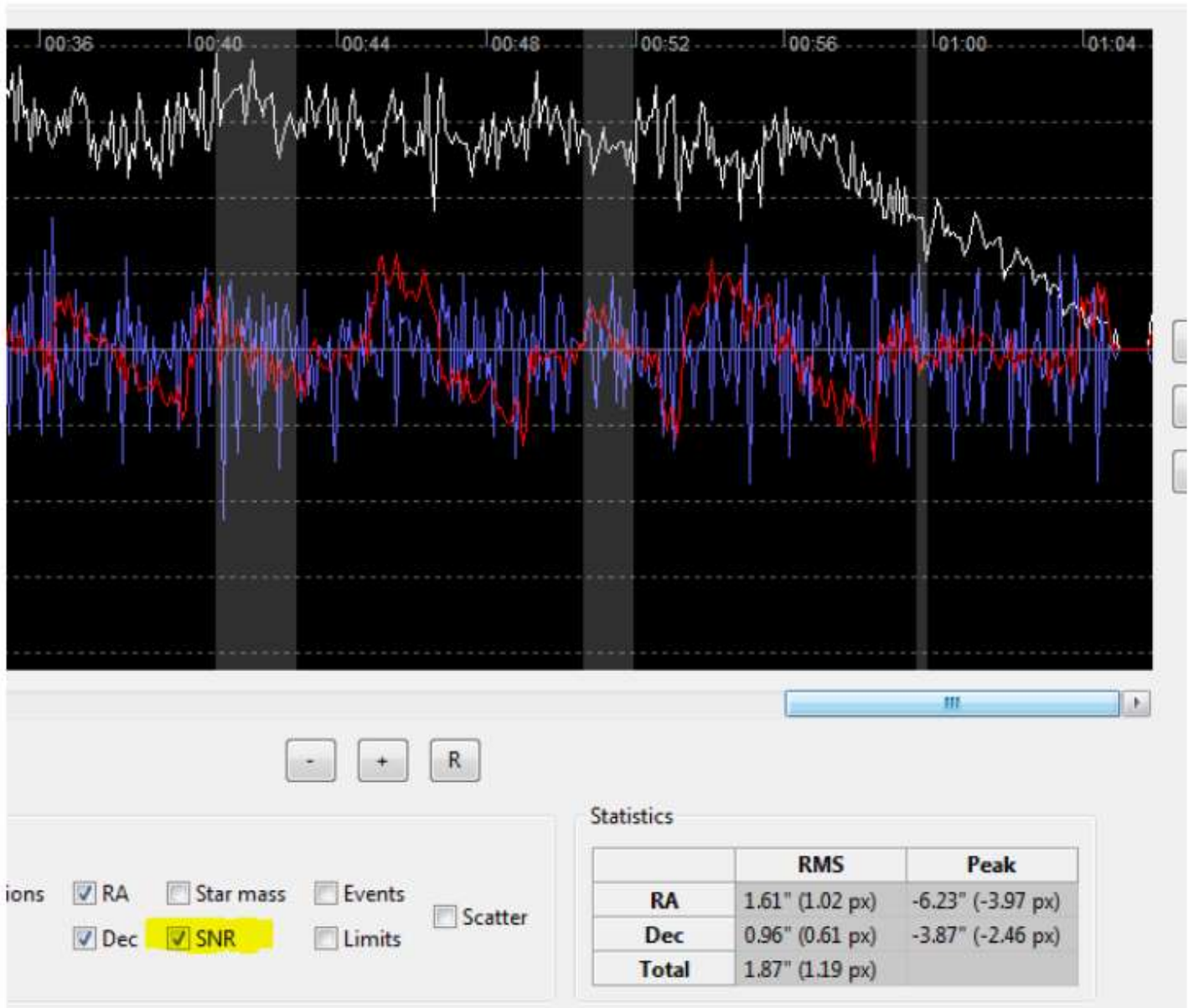
De nuevo, la sesión empieza de manera normal y los resultados del guiado parecen muy buenos para AR (azul). Pero la estrella guía va derivando hacia el norte (DEC, red) y no se corrige. Entonces, ¿se trata de otro cable



defectuoso? No. Fijaos que no hay rectángulos rojos, lo que significa que el programa no está enviando pulsos para reestablecer la estrella en su lugar. ¿Por qué ocurre esto?

Porque el usuario escogió un modo de guiado en DEC 'sólo norte'; éste indica al programa que no debe generar ningún pulso hacía el sur. Cambiando el modo de guiado a 'auto' o 'sur' resolvemos el problema. Siendo estrictos no se trata de un error, ya que el usuario lo ha escogido así y puede tener buenos motivos para indicar que sólo guíe en un sentido. Es posible que aún no sepa qué dirección era necesario indicar. Incluso así, es un instructivo ejemplo y hemos visto numerosas situaciones en que los usuarios manipularon torpemente los parámetros y sin darse cuenta lo dejaron hacía una dirección sin ser conscientes del efecto.

Podemos finalizar el calentamiento con otro ejemplo, uno que seguro veréis en alguna ocasión:

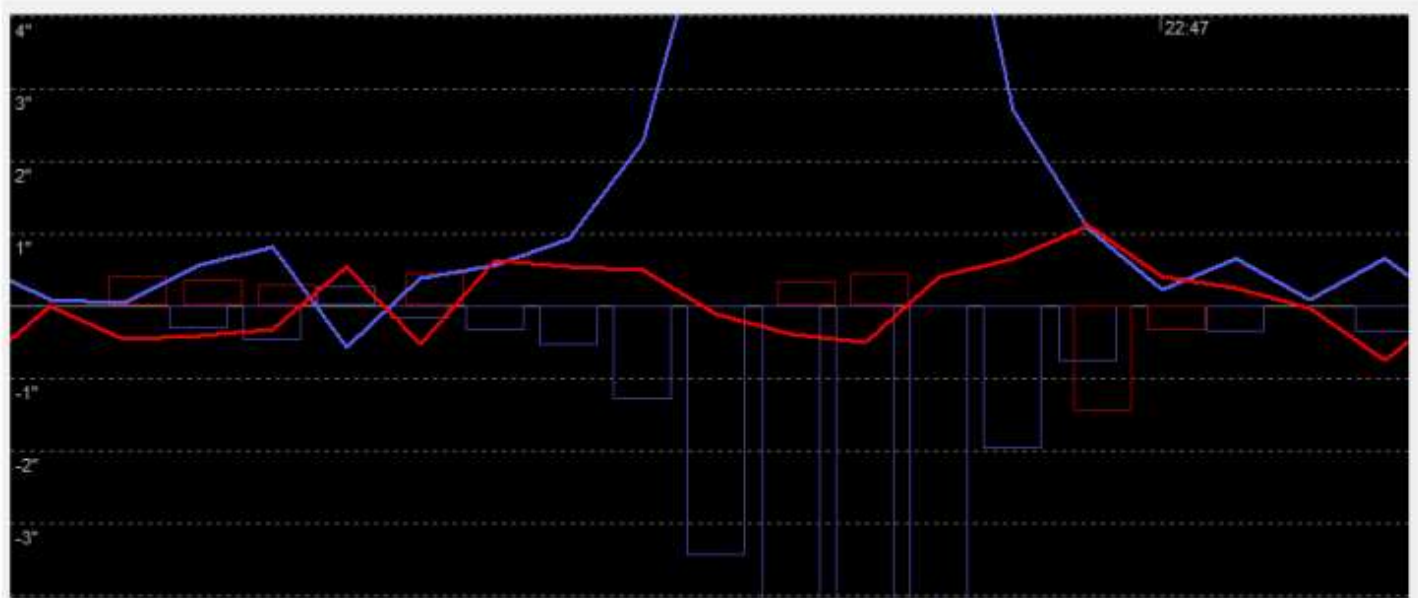


En este caso, hemos marcado el check de visualizar la SNR para ver el comportamiento de la relación señal ruido de la estrella guía. Esto se refleja en la parte superior del gráfico por una línea blanca. En este caso, la SNR empieza a caer sobre las 0:56 y rápidamente empeora- probablemente por las nubes. Normalmente esto hará que el guiado también empeore del mismo modo que la SNR. Es por lo tanto obligado revisar por qué perdemos SNR.

El objetivo de estas referencias a los casos sencillos es simplemente ayudar a comprender los gráficos y responder las cuestiones básicas -cómo se movió la estrella, qué comandos se generaron en consecuencia y cómo respondió la montura a esos pulsos de corrección. Obviamente no sólo nos encontraremos con casos sencillos; pero los detalles y metodología que hemos visto hasta ahora, será válido también para afrontar incidencias más complejas. Excursiones repentinas -gremlins-

En un momento u otro, la mayoría de astrofotógrafos, nos enfrentaremos a grandes excursiones repentinas de la estrella guía, el siguiente gráfico es un ejemplo de ello. Lo primero que se preguntan los que empiezan es la típica pregunta -qué fue primero el huevo o la gallina- ¿Es algo que simplemente ocurrió o fue causado por algún pulso canalla del PHD2?

En todos los casos que he visto, la respuesta es correcta es la primera y en todos los casos ha sido necesario determinar el origen de este gremlin. La respuesta por lo tanto a la pregunta es sencilla; pero no es necesario que os lo creáis sin más: Aumentad el gráfico PHD2 y revisad las regiones inmediatas a la excursión. ¿Empezó con un innecesario y enorme pulso? ¿o simplemente ves que al inicio de la excursión le siguen una serie de pulsos, como si PHD2 tratara de reestablecer la montura en su posición correcta? Echad un ojo al ejemplo, en este caso vamos a aumentar y revisar detalladamente que ocurrió cuando el guiado en AR se volvió loco.



Podemos ver que el guiado es normal en la parte izquierda de la excursión antes formar el elevado pico. Podemos ver que no hay ningún pulso desmesurado que haya movido la estrella en el sensor. En lugar de eso podemos ver que PHD2 reacciona después de que la estrella se moviera enviando 9 o 10 pulsos hacia el otro lado para tratar de corregirlo. Por lo tanto algo ocurrió que causó este problema - algún motivo mecánico- no algo atribuible al programa de guiado. Lamentablemente este es un problema muy común, sobretodo para equipos que no son observatorios fijos. Lo peor sin embargo es que el log de guiado no puede indicarnos qué lo ha originado y las posibilidades son infinitas. Algo que puede ser de ayuda para encontrar el origen es situar el monitor cerca de la montura y empezar la toma continua (looping). Entonces tratar de mover las partes del tren de guiado y los cables. Es posible que detectéis que en algún punto la estrella se ha movido y ese será el motivo de la excursión. A continuación os numero la causa más común de esas excursiones:

- Algún componente aflojado de la montura, trípode, soporte del tubo guía o adaptador del tren óptico.
- Cables enganchados
- Ráfagas de viento
- Cualquier cosa que pueda rozar o empujar el telescopio, la cámara, el trípode ....



El enganche o roce de los cables es un problema particularmente común y por eso los astrofotógrafos con experiencia se toman mucho trabajo a la hora de asegurarlos y colocarlos.

Con el frío los cables se vuelven rígidos y pierden elasticidad por lo que si rozan alguna superficie inmóvil probablemente veamos problemas de guiado.

Obviamente, la lista de posibilidades es infinita. Algunos casos pueden ser bastante graciosos. Algunos ejemplos reales:

-El gato de la familia merodeó por el observatorio sobre las 3:00 de la mañana

-Un búho se posa en el tubo

-Una silla con ruedas cerca del final del eje de la montura (ok, ese caso es mío)

## Problemas complejos

Yendo más allá de los ejemplos sencillos podemos encontrar otros problemas que son un poco más complejos. A menudo, podéis hacer un juicio inicial sobre si estáis infracorrigiendo (siempre por detrás) o sobrecorrigiendo (creando patrones con oscilaciones o dientes de sierra). Este tipo de problemas son tratados a continuación:

## Problemas de infracorrección

El caso más habitual de infracorrección es algo que es frecuente ver, backlash en declinación. Aquí tenemos un ejemplo típico:



Para recalcar el ejemplo, he indicado en el gráfico sólo visualizar el eje DEC. Podéis ver como la montura no responde y no cambia de sentido siguiendo los pulsos de corrección. Cuando esto sucede una gran cantidad de pulsos se pierden al hacer el reverso de dirección hasta que son realmente efectivos para llevar la estrella de nuevo a punto objetivo.

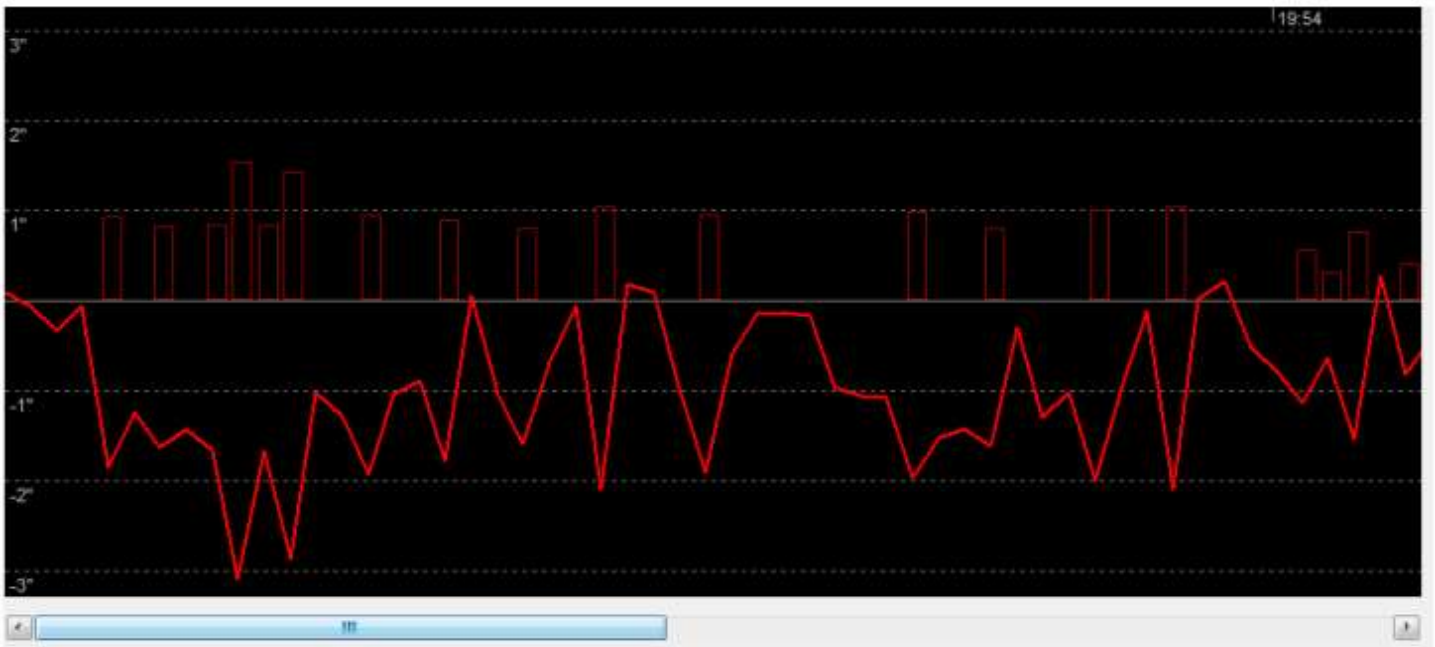
Ese es el caso más común de backlash. La mayoría de monturas con engranajes pecan de este problema en mayor o menor medida y está provocado por la holgura entre los engranajes. Un poco de holgura es necesario para evitar que queden bloqueados sin embargo un pequeño exceso genera pronto este problema. El algoritmo de guiado en DEC realiza un buen trabajo minimizando los reversos de dirección y la función de compensación de backlash del programa puede ayudar a mantenerla bajo control si esta no es excesiva. Ajustar al máximo esos engranajes puede ser un buen primer paso; asumiendo que se sabe hacer y la montura lo permite. Si no, será necesario guiar

sólo en un sentido de declinación, como se indica en el documento de ayuda de PHD2. Fijaos que este problema nunca sucede en AR si estáis usando una velocidad de guiado x1 o inferior. Esto es debido a que el guiado en AR no modifica el sentido, simplemente ralentiza o pausa el pulso de corrección y luego sigue en el mismo sentido. A pesar de que no tendremos problemas de backlash en AR, hay otro problema que si afecta a AR. Algo similar a lo siguiente:



Esta vez, solo revisaremos los datos de AR, vemos que los pulsos de corrección de PHD2 no logran corregir la posición de la estrella guía. Pero sabemos que en AR no puede ser backlash. En este caso la forma sinusoidal nos está indicando que se trata de error periódico. Es este caso el error periódico de la montura es enorme y la combinación de un tiempo de exposición largo y unos parámetros de guiado en el programa muy conservadores hacen que vayamos siempre por detrás de la curva. Por este motivo se recomienda activar el PEC de la montura asumiendo que la montura soporte esta funcionalidad. En caso contrario nos veremos obligados a indicar un tiempo de exposición corto para evitar ir detrás de la curva. Un buen sistema para confirmar este diagnóstico es usar el asistente de guiado lo que nos mostrará el comportamiento de la montura con el guiado desactivado. Debéis dejarlo trabajar por lo menos el mismo tiempo que tarde vuestra en dar una vuelta entera el bisinfin. Normalmente entre 6 y 8 minutos.

Un problema similar puede verse en DEC tal como se muestra a continuación:



De nuevo, PHD2 no es capaz de mantener la estrella guía en el centro. Todos los pulsos de guiado están en el mismo sentido por lo que podemos descartar que sea backlash. En este caso se trata de un gran error en el alineamiento con la polar. Las correcciones para mantener la estrella guía en el centro son largas y continuadas. En declinación no hay problema en que las correcciones sean todas en el mismo sentido sin embargo si las correcciones no consiguen realizar correctamente el trabajo debemos hacer algo. Para comprobar la alineación con la polar podéis usar o bien el asistente de guiado o bien la herramienta de alinear por deriva. Un mal alineamiento a la polar al fin y al cabo es un problema sencillo de resolver.

Existen otros problemas que pueden llevarnos a guiar con infracorrecciones pero éstos son más complejos y requieren de una comprensión profunda de los algoritmos de guiado. Como norma general, podéis considerar bajar el min-mov o bien incrementar el parámetro de agresividad si estáis completamente seguros que la incidencia no viene de un problema en la montura. También podéis revisar si el algoritmo seleccionado para el eje es el apropiado. Los algoritmos Resist-switch, Low-pass y Low-pass2 aplican bastante amortiguación y son los mejores para DEC. Sin embargo pueden generar infracorrecciones si se aplican al AR. Por el contrario el algoritmo de histéresis es normalmente apropiado para AR pero puede inducir demasiados cambios de sentido y oscilaciones aplicado a DEC. Estos son generalizaciones, ojo, pero es mejor partir con los algoritmos que por defecto salen en el programa hasta que tengamos claro que es lo que estamos haciendo.

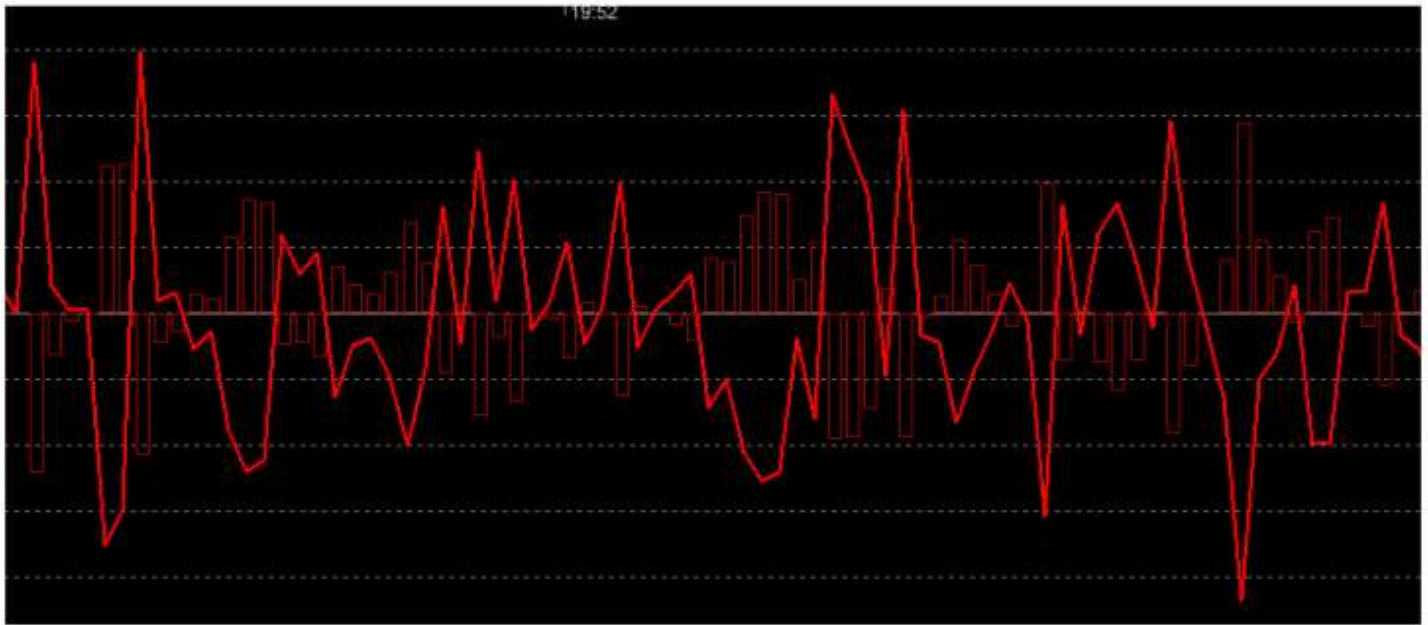
# Problemas de sobrecorrección

El caso más común de aparente sobrecorrección es cuando 'seguimos el seeing'. He aquí un ejemplo:



En este caso podemos ver que las correcciones en AR se generan tras cada exposición y a menudo cambia de dirección. El resultado es un patrón de dientes de sierra y un guiado inestable en AR. Un motivo frecuente de este efecto en AR es usar un min-mov demasiado bajo para las condiciones de seeing de esa noche. (un segundo en este caso). Tratando de corregir cada movimiento de la estrella, PHD2 cae víctima de la bajo muestreo problema descrito en el apéndice. Incrementando el min-move o el tiempo de exposición podemos mejorar la situación. También podéis conectar el asistente de guiado un par de minutos para ver como se comporta el seeing esa noche y establecer un min-mov adecuado. Si consideráis que el valor min-mov es adecuado podéis también tratar de reducir la agresividad del guiado o aumentar la histéresis en AR. Pero es importante ser cuidadoso al modificar esos parámetros. Debéis estar seguros de que os tomáis el tiempo necesario para evaluar el efecto. Este proceso está descrito de modo detallado en la última sección.

La sobre corrección también puede suceder en DEC, de nuevo llevado por un min-move demasiado bajo:

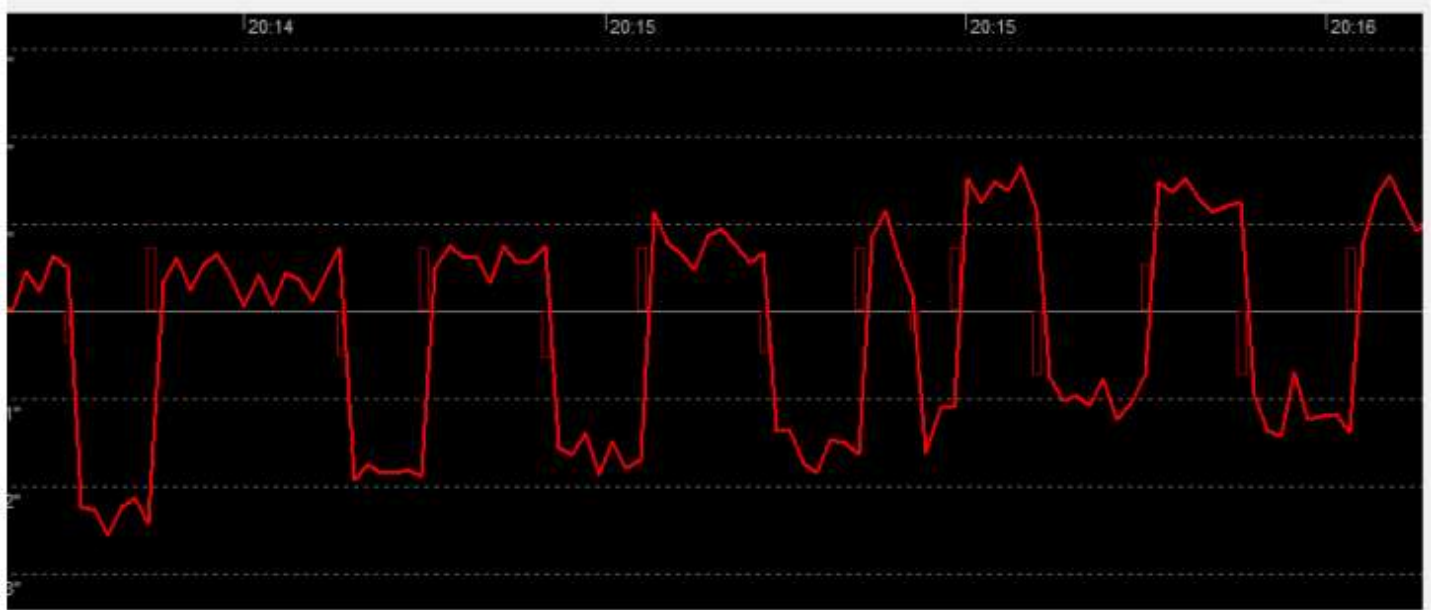


Hay dos probables fuentes para toda esta oscilación en DEC; el efecto del seeing y el inútil esfuerzo para corregirlo. En este caso, el usuario ha especificado un min-mov de cero. Recuerda, motor del eje DEC podría estar apagado la mayoría del tiempo, y realmente sólo son necesarios pulsos lentos y suaves. Es algunas ocasiones un seeing muy alto o pequeños errores mecánicos pueden justificar parámetros infrecuentes pero son comparativamente seguros y no es probable que tengan como resultado semejante inestabilidad. Como se mencionó con anterioridad también se puede dar una sobrecorrección si se usa un algoritmo muy agresivo en DEC como el de histéresis.

Otra forma de oscilación en DEC puede resultar de la activación de la compensación del backlash de la montura.

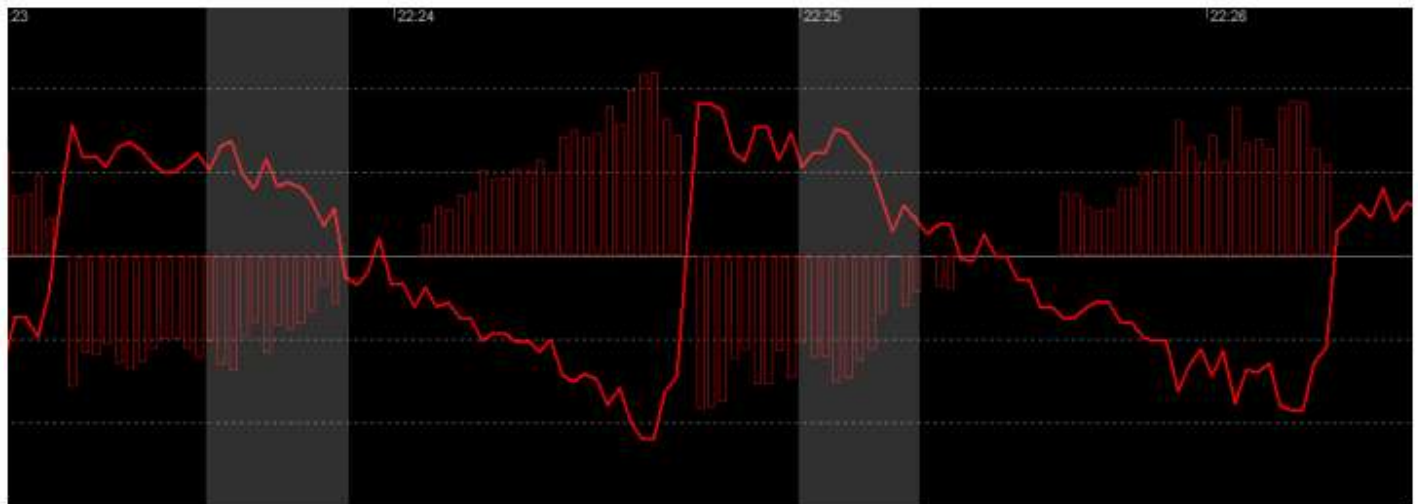


Aquí vemos el resultado de esto:



Hay dos cosas que suceden aquí. Primero, cada vez que PHD2 manda un pulso en DEC, la corrección es excesiva. Segundo, esto hace que los pulsos en DEC se pausen durante unos segundos sin llevar al sistema a una gran oscilación. Hasta que el algoritmo considera que la estrella se ha movido demasiado y entonces genera otro pulso de corrección hacia el lado contrario y así se va repitiendo en bucle. Todo esto sucede por tener activada la compensación de backlash de la montura. Cuando se dejó a cero, la oscilación desapareció. La compensación del backlash de PHD2 es diferente porque automáticamente se ajusta para evitar estas oscilaciones y parece funcionar muy bien para las monturas con un poco de backlash. Los parámetros de compensación de backlash de la montura siempre deben estar a cero para el autoguiado con PHD2.

La sobrecorrección en declinación en ocasiones puede estar provocada por un problema y luego amplificarse por otro motivo distinto. Lamentablemente no hay una ley que limite a un problema los que pueden suceder a la vez. Considerad este ejemplo:



Empieza mostrando un pronunciado backlash en declinación, cada vez que PHD2 cambia el sentido de guiado, hay un decalaje desde que se empiezan a mandar los pulsos hasta que la montura reacciona y efectivamente se mueve en ese sentido. Esto es backlash no hay duda al respecto. Pero fijos que cuando la montura empieza a moverse en el sentido correcto, el movimiento sobrepasa el objetivo. Este comportamiento no se debe al backlash y probablemente se trate de otro problema. En la fase inicial del reverso de dirección, los engranajes no tienen contacto completo durante un breve lapso de tiempo.

Esta es la parte del problema que explica el backlash, donde el engranaje en DEC tiene realmente una zona muerta. Pero una vez los engranajes vuelven a tener contacto efectivo, la rotación del motor en DEC no consigue superar la fuerza de resistencia del eje. Esta fuerza de resistencia, a menudo llamada de 'stiction', un modo resumido de indicar (static fricción) fricción estática. En este punto en el proceso de guiado, el motor DEC continua girando en la dirección correcta, pero la energía no está siendo transmitida en el giro del eje. En lugar de eso; esa energía se acumula temporalmente y genera flexiones y desviaciones en el engranaje. Una vez se supera la fricción estática, esa energía acumulada se libera. El eje cambia de sentido de modo abrupto como un muelle. Es probablemente lo que causa que el movimiento de corrección sobrepase el objetivo. El primer paso para resolver el problema sería reducir el backlash lo máximo que podamos. Más allá de esto podemos revisar el equilibrado en DEC, la lubricación ... cualquier cosa que pueda añadir o provocar fricción estática o elasticidad mecánica en el eje DEC. Normalmente este problema es intrínseco al diseño y producción de la montura por lo que no se puede hacer demasiado. Si no podéis encontrar una solución mecánica podéis intentar guiar con parámetros menos agresivos o incluso guiar en un solo sentido en DEC.

## Realizando modificaciones en los parámetros de guiado

### Engañados por la casualidad

Intentar afinar los parámetros de guiado es una tarea que requiere paciencia. Algo de lo que la mayoría de nosotros tiene en muy pequeñas cantidades. El problema, como hemos explicado con anterioridad, es que mucho o la mayoría del movimiento de la estrella guía se debe al seeing. Efectos físicos aleatorios sobre los que no podemos hacer nada. Aquí tenemos un ajuste de parámetros que probablemente hemos realizado:

- 1 Notamos en la gráfica que el guiado es bastante irregular. No es bueno
- 2 Nos planteamos que quizá necesitamos bajar la agresividad y quizá elevar la histéresis.
- 3 El guiado mejora inmediatamente- vuala !! Tomamos nota de estos ajustes. Son de oro.
- 4 Cinco minutos más tarde revisamos el gráfico y vemos que es peor que al principio, parece que los comandos de guiado quedan un poco cortos.
- 5 Volvemos a dejar los parámetros tal como estaban originariamente.
- 6 El guiado mejora de modo inmediato - hay que jo...

Esta es una muestra de perseguir algo cercano al comportamiento aleatorio porque las condiciones de seeing han cambiado. El único modo de evitar esto es modificar en pequeñas cantidades los parámetros y realizar largos periodos de comprobación. Incluso entonces es probable que veais grandes diferencias de seeing en una hora, una noche o varias sesiones. Según mi experiencia me ha enseñado que en la mayoría de problemas de guiado poco se puede hacer modificando los parámetros del programa y mucho con las otras cuestiones mecánicas y físicas sobre las que hemos hablado. No hay nada malo en tratar de probar diferentes parametrizaciones, pero deben hacerse teniendo claro conocimiento de qué hace cada parámetro y qué comportamiento específico estamos tratando de mejorar. Lo mejor es desarrollar una hipótesis de cuál es el problema y luego realizar un ajuste que modifique el comportamiento de la montura en ese aspecto para confirmar o descartar esa hipótesis. Cambios a discreción y sin reflexionar, algo que vemos a menudo, nunca son una buena idea. Debemos aceptar que algunas noches simplemente hay mal seeing y por muchas vueltas que le demos a los parámetros no conseguiremos un buen guiado. Esas noches, lo mejor que podemos hacer es volver a casa para ver una repetición de alguna serie de televisión.

# Flexiones diferenciales - el perro que no ladró

Si sois como mayoría de la gente, que tienen una vida por ejemplo, probablemente no haya razones para que os pongáis a analizar gráficas de guiado. Seguramente hayáis empezado a hacerlo al ver problemas en vuestras tomas, típicamente estrellas elongadas. Un proceso lógico a seguir para vosotros puede ser revisar cuando se hizo la toma y comprobar la calidad del guiado en ese periodo temporal. Probablemente os encontraréis comportamientos similares a los que hemos tratado en este documento o algunas variantes de ellos- en otras palabras- claras evidencias de que los problemas de guiado fueron la causa del mal resultado. Si estáis guiando a través del telescopio principal, ésta suele ser la causa. Pero si estáis guiando con un tubo guía en paralelo, vuestro cuidadoso análisis del log de guiado puede revelar.... nada. El guiado puede ser muy bueno o como mínimo aceptable durante todo el periodo y sin embargo el resultado son estrellas elongadas. Esto es casi siempre una señal de flexiones diferenciales y no es un descubrimiento bienvenido.

Podemos revisar los objetos mecánicos poco a poco. Cualquier tipo de telescopio va a flexionar y hundirse un poco cuando se mueva hacia diferentes partes del cielo, es simplemente gravedad y física. Y el telescopio completo no se comporta como una unidad, eso sería muy sencillo. Todos los componentes individuales: el enfocador, los tubos extensores, las cámaras, los espejos ... van a flexionar y hundirse en diferentes grados dependiendo de su masa y dónde están localizados. Si usáis un telescopio de focal larga, especialmente un SCT, la cantidad de flexión puede ser substancial. Tened en cuenta que vuestra cámara está trabajando a una resolución del orden de 3 a 9 micrómetros (un cabello humano está por encima de los 15 micrómetros). Ahora pensad en que ocurre con un telescopio guía en paralelo y una cámara. Obviamente, se aplica la misma física, pero la cantidad y la localización de la flexión puede ser diferente que la del telescopio principal.

Esto es lo que quiere dar a entender el término 'flexión diferencial'. Si estáis guiando por un tubo guía y fotografiando con otro tubo, el sistema de guiado no va a ver o corregir exactamente el mismo movimiento que aparece en la imagen principal.

Si estáis disparando a largas focales, hablemos de 2000 mm o alrededor, podéis sentir os afortunados si podéis hacer tomas de larga exposición si usáis un tubo guía. Puede hacerse, algunos lo consiguen, pero la mayoría no. Y los afortunados que lo consiguen a menudo es simplemente suerte o por beneficiarse de misteriosos errores de compensación. Este es el motivo por el que la mayoría usáis OAG para configuraciones de focales largas. De este modo, cualquier flexión que se dé en el tubo principal se transmite directamente al sistema de guiado y se harán las correcciones correspondientes. Esto a menudo es una solución amarga ya que el guiado con OAG tiene sus propias complicaciones pero no hay mejores alternativas. Muchos niegan que puedan existir flexiones diferenciales y dicen que lo tienen todo apretado y bien apretado, nada puede moverse, no puede ser flexiones diferenciales: Si, puede ser. Cada pieza mecánica individual en el sistema, roscada, atornillada, engranada... es susceptible de moverse. Tan solo bastan unos pocos micrómetros para crear el problema. Las flexiones no siempre se dan en el sistema de guiado, pueden darse en el tubo principal. No hay un modo sencillo para determinar en que sistema óptico se dan las flexiones, seguramente se da en ambos sistemas, simplemente se dan en diferentes cantidades.

Si sospecháis que estáis viendo el efecto de flexiones diferenciales, podéis hacer un experimento sencillo para confirmarlo. Simplemente realiza una serie de tomas cortas con el guiado encendido, como normalmente hacéis. Escoged un tiempo de exposición suficiente para que la estrella en cada toma sea aceptable. Ahora apilad las tomas sin alinearnas previamente. El resultado es probablemente son estrellas muy elongadas. La distancia de la elongación muestra cuánta flexión diferencial hay. Normalmente el centro de la estrella se desplazará la misma distancia de una toma a otra, cosa que se puede ver facilmente 'parpadeando' de una toma a otra. Es importante hacer esta comprobación ya que las estrellas elongadas pueden deberse a otros factores. Problemas ópticos como una mala colimación, mala aclimatación del tubo u otra serie de factores térmicos próximos al tubo también pueden generar estrellas alargadas. Éstos afectaran en tomas muy cortas por lo que es bueno confirmar que de trata de flexiones diferenciales antes de ponerse a revisar todas las conexiones mecánicas.

Para concluir este tópico, si usas un tubo guía, siempre habrá una cantidad de flexión diferencial periódica. Si tenéis suerte puede que no se refleje para los tiempos de exposición que tengáis previstos. También es posible que no se visualice si usáis focales relativamente cortas, por debajo de 1500mm. Podéis tratar de tener todo lo más apretado y sujeto posible para que la flexión no se note en las tomas y sea imperceptible aunque la flexión seguirá al acecho, la gravedad y la física conspiran en vuestra contra.

## Apéndice

### Escala de la imagen y medidas en arco segundos

Las cosas que realmente afectan al guiado: mal seeing, desplazamientos mecánicos, flexiones, etc crean movimientos de la estrella guía que es mejor medir en arcosegundos. Ese es el motivo de que PHD2 solicite la longitud focal y la medida del píxel de la cámara. De este modo puede transformar las medidas de píxeles a arcosegundos. Esto es lo que llamamos escala de la imagen, cómo se transforman las mediciones el sensor de la cámara en medidas angulares. Para aclarar, 1 arcosegundo es tan sólo 1/3600 partes de un grado, la medida angular de 0.004mm de un objeto sostenido a la distancia de los brazos extendidos. Los debates sobre la calidad del guiado usando unidades en píxeles carecen de sentido y sin embargo constantemente lo veréis en los foros. ¿Por que son estériles? Veamos un simple ejemplo, uno que periodicamente vemos en el forum de PHD2. Supongamos que estáis trabajando con un tubo guía de 300 mm de focal y que la cámara de guiado tiene píxeles de 5 micrometros. Estáis trabajando con esta configuración durante un tiempo y observáis que la mayoría de movimientos de la estrella guía en el gráfico en tiempo real es de 0.3px. Esto parece un buen resultado. Incluso veréis algunos jactándose de ello en foros de Yahoo. Pero ahora cambiaremos y usaremos un OAG con una focal de 2000mm, no 300mm.

De repente el gráfico en tiempo real muestra un movimiento de la estrella mucho más grande. enormes oscilaciones de 2 píxeles en lugar de 0.3. ¿Es la misma montura? ¿Qué demonios?

Debe ser el estúpido programa de guiado. Bueno, en realidad no. No estáis teniendo en cuenta la escala de la imagen. Con el telescopio guía, la escala de la imagen era de 3.4 arcosegundos por píxel, por lo que en realidad 0.3 px eran realmente 1.02 arcosegundos ( $3.4 \times 0.3$ ). Pero que hay sobre la configuración con OAG. La escala de la imagen es de 0.52 arcosegundos por píxel y esos horribles 2px de oscilación son en realidad desplazamientos de 1.04 arcosegundos, practicamente el mismo que antes. Podéis usar la calculadora de calibración de pasos en el mantenimiento del cerebro, solapa de guiado para calcular la escala de la imagen. Es importante si quremos debatir sobre la calidad de guiados, hacerlo en términos de arcosegundos. Por supuesto el gráfico de PHD2 siempre está por defecto en arcosegundos.

# Seeing y guiado astronómico

No iréis muy lejos tratando de mejorar el autoguiado sin enfrentaros al seeing astronómico. Es un sujeto complejo, no algo que podamos tratar íntegramente aquí. Pero para tener unas nociones básicas diremos que el seeing es el término utilizado para indicar la fluctuación posicional y los cambios de luminosidad de las estrellas que observamos o fotografiamos a través del telescopio. Es la turbulencia atmosférica, causada por el movimiento de las celdas térmicas de la atmósfera de la tierra y no hay prácticamente nada que hacer para contrarrestarla. La luz sufre una refracción cuando pasa a través de esas celdas atmosféricas, por lo que cuando miráis una estrella, realmente estáis mirando a través de una columna de aire que actúa como si fuera una pequeña lente. Esto podría estar bien excepto por que la refracción de la luz en cada celda depende de la temperatura de esa celda y generalmente cada capa o celda tiene una temperatura diferente. Y pos supuesto la atmósfera es sumamente dinámica. Esos elementos están en continuo movimiento a diferentes velocidades entrando y saliendo de la columna por la que vemos la estrella.

Pensando en esos términos es maravilloso que lleguemos a fotografiar algo. Sobretudo con focales largas, este seeing atmosférico es la mayor fuente de movimiento de la estrella guía y debemos asumir las limitaciones que impone. Podemos hacer algo? La respuesta corta es no. La respuesta larga también es no pero ... El movimiento de la celdas atmosféricas genera movimientos de la estrella guía a razón de 10 a 100 veces por segundo. No se puede medir y reaccionar lo suficientemente rápido, incluso usando dispositivos de optica adaptativa amateurs. Observatorios profesionales pueden contrarrestarlo utilizando dispositivos muy caros, estrellas artificiales y mecanismos que pueden deformar el espejo y adaptar la imagen a muy altas frecuencias. Pero no es nuestro caso.

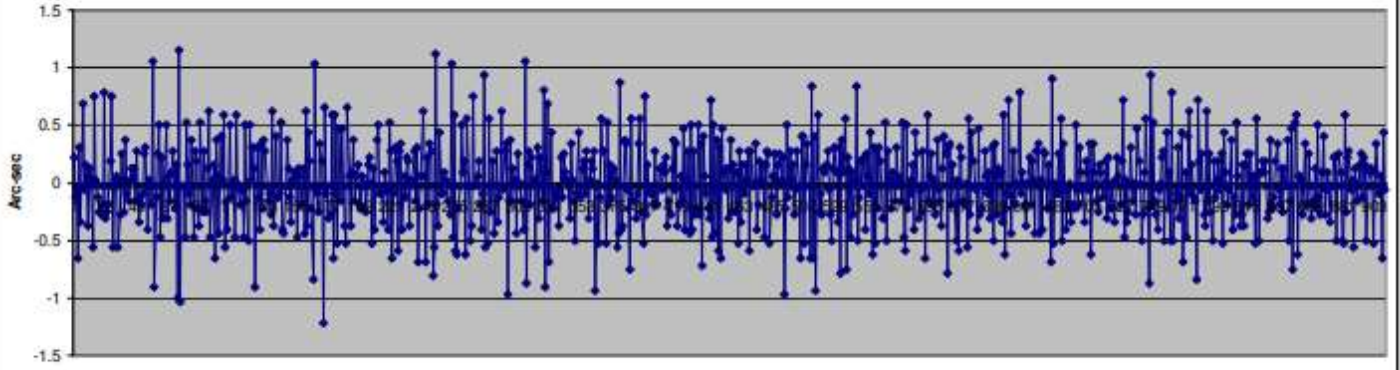
Desde una perspectiva de guiado, nosotros estamos inframuestreando el comportamiento del seeing. Durante el tiempo en que tomamos una exposición, bajamos la imagen y calculamos la localización de la estrella guía y transmitimos un comando de guiado, la posición de la estrella guía en el sensor ya se ha movido, problemente 10 o 100 veces. Básicamente, nosotros siempre trabajamos con los datos extraídos de la estrella guía por lo que los comandos de guiado son imprecisos y eso sin tener en cuenta los posibles defectos que pueda tener la montura a la hora de ejecutar los comandos de corrección que recibe. Esencialmente, los movimientos de la estrella que podemos corregir; deriva, error periodico, refracción atmosférica, etc están a su vez condicionadas y envueltas en un mar de ruido creado por las condiciones de seeing. Esta es una limitación profunda en el guiado convencional y la razón de por qué se han creado nuevos algoritmos o modelos de control . Aún así éstos tienen problemas para obtener mejoras sustanciales sobre los algoritmos más simples. Este también es el motivo de que usar la combinación de exposiciones muy cortas y parámetros muy agresivos acaban dando peores resultados.

## Seeing y tiempo de exposición

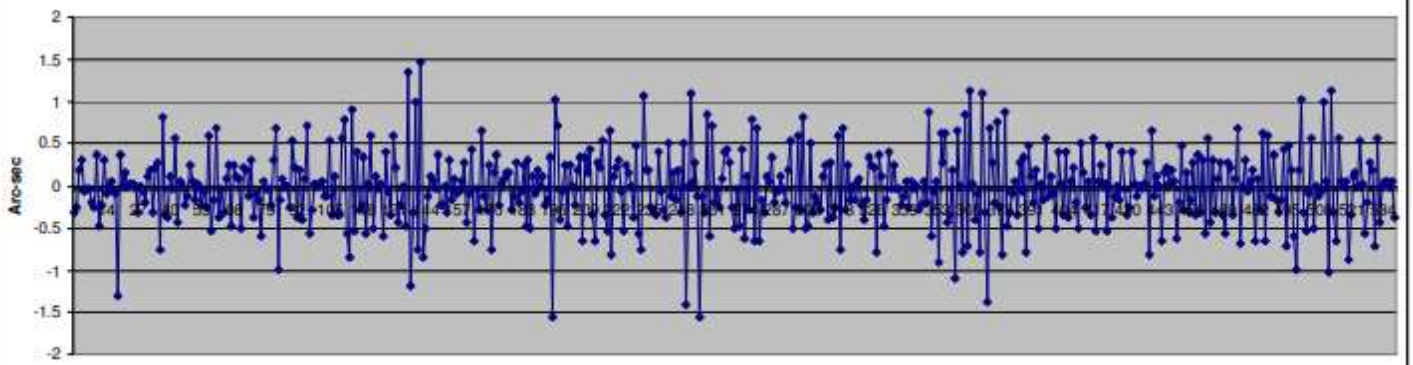
La alta frecuencia y el seeing inducido en la estrella guía está fuertemente afectada por la longitud de las exposiciones de guiado. Mirad los siguientes gráficos y como evolucionan los movimientos de la estrella guía cuando el tiempo de exposición aumenta:

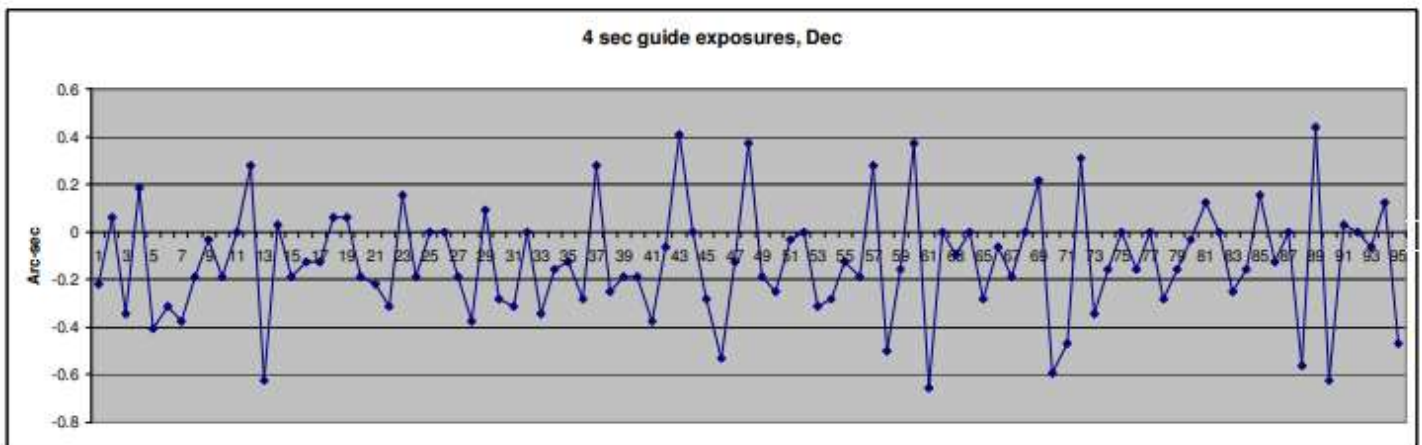
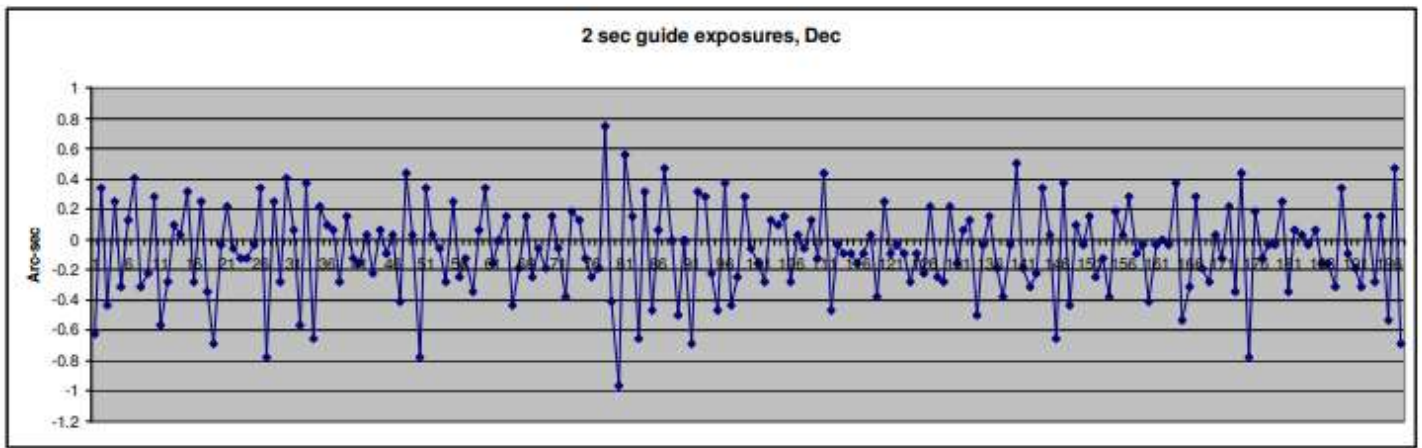


0.5 sec guide exposures, Dec



1 sec guide exposures, Dec





A medida que incrementamos el tiempo de exposición, el rango de movimiento de la estrella disminuye, el recorrido de la estrella se reduce en un factor x2 cuando pasamos de exposiciones de 1 segundo a 4 segundos. Esencialmente el sensor de la cámara está promediando el patrón de cambio de luz de la estrella y suavizando el resultado. Esas mediciones son aún imprecisas debidos a la bajo muestreo, pero las exposiciones largas facilitan a PHD2 a aislar e indentificar los errores de baja frecuencia que realmente pueden mejorarse a través del guiado. Obviamente, hay un límite máximo para el tiempo de exposición. Normalmente, vendrá limitado por el tiempo que pueda vuestra montura seguir la estrella sin pulsos de corrección. Pequeños errores como el error periodico, deriva flexiones y otras fuentes deben ser corregidas antes de que sean visibles en la imagen y la estropeen. Encontrar el punto de equilibrio dependerán en ambos casos del seeing y de la calidad del equipo. Como punto de partida recomendamos normalmente tiempos de exposición de entre 2 y 4 segundos.