

# ANOTACIONES SOBRE ASTROFOTOGRAFÍA

La astronomía observacional es aquella en la que se realiza búsqueda, observación y estudio de objetos celestes, sean lunares, planetarios, solares o del espacio profundo. En ella, los registros de observación se realizan en bitácoras que indican las características técnicas de la observación y los objetos estudiados que incluyen diagramas, gráficas y dibujos para complementar la información.

En la fotografía astronómica o astrofotografía, se toman imágenes que pueden ser utilizadas para investigación, documentación de eventos celestes o, en la mayoría de los casos, simplemente para disfrutar el cielo. En la fotografía aficionada inclusive con modesto equipamiento se pueden lograr resultados asombrosos. Si bien muchos de los objetos al alcance de un equipo aficionado están documentados por telescopios profesionales, siempre será un gusto y un orgullo tener nuestras propias fotografías

La astrofotografía requiere estudio, paciencia, y dedicación, además, porque no decirlo, de dinero si se quiere ir más allá. Estas anotaciones son un resumen de la teoría que es absolutamente necesaria para llegar a una buena práctica.

## Registros

Una vez que se inicia un proceso de fotografía astronómica hay que ir recogiendo toda la experiencia para ir evolucionando en la técnica, por eso desde ahora es importante llevar una bitácora de observación y fotografía. Se recomienda que mínimo tenga:

- Lugar, fecha y hora (UT)
- Objeto o tema fotografiado
- Cámara y lente
- ISO, velocidad, abertura, distancia focal
- Accesorios usados
- Anotaciones importantes

# Computación

En la actualidad la astrofotografía está estrechamente ligada a la computación. Desde el manejo del telescopio, cámara y autoguiado, hasta el procesamiento, almacenamiento y publicación de las imágenes se realiza en una computadora.

Como mínimo se necesitan varios paquetes de software, en paréntesis los que estoy usando:

- Programa planetario (TheSkyX Pro)
- Programa para manejo de cámara (Astrophotography Tools - APT)
- Programa para manejo de Web Cam (wxAstrocapture)
- Programa para manejo de CCD (CCDSOFT)
- Programa para autoguiado (CCDSOFT)
- Programa de procesamiento de imágenes astronómicas (Deep Space Stacker, Registax para video)
- Editor avanzado de imágenes (Photoshop)

Hay paquetes completos como los ofrecidos por Software Bisque.

## Cámaras.

La electrónica ha reemplazado por completo a las cámaras de rollo. Existen en general dos tipos de sensores para las cámaras digitales, los CCD y CMOS. Si bien sus diferencias en principio fueron grandes, el desarrollo del CMOS las hace comparables en calidad. Existen varios tipos de cámaras:

### **Cámaras dedicadas a la astronomía (CCD).**

Son el formato de las cámaras profesionales. En general son de alto costo. Requieren de telescopios y de computador para su manejo. Las de mayor sensibilidad toman únicamente imágenes monocromáticas, lo que hace indispensable el uso de filtros de color (LRGB), para obtener fotografías policromáticas. Los objetivos ideales para estas cámaras son los objetos del espacio profundo.

Otras características de las cámaras de este nivel: bajo nivel de ruido ya que tienen enfriadores de sensor; alto nivel de resolución y alto rango dinámico lo que permite en una toma diferenciar áreas brillantes y oscuras disminuyendo la sobre y subexposición; liberan la imagen en un verdadero formato RAW ya que a diferencia de una DSRL no tiene ningún tipo de manipulación; pueden tomar imágenes fuera del espectro visible como infrarrojo y ultravioleta (en telescopios refractores hay que usar un filtro IR/UV); algunos modelos traen incluido un segundo sensor para el autoguiado.

## **Web cam o cámaras similares.**

Las cámaras web son dispositivos diseñados para la toma de vídeos e imágenes cuyo fin es el de transmitirlos por redes de computadoras o la Internet, su uso está muy extendido, son fáciles de manejar y su costo es muy accesible. Debido a que su diseño no permite fotografías de larga duración no son aptas para tomar imágenes de espacio profundo (a menos que se realicen complicadas modificaciones), por lo que se usan en la toma vídeos de objetos brillantes como planetas y estrellas dobles para después procesarlos y sacar imágenes individuales o cuadros los cuales se seleccionan y apilan en una imagen final. Las web cam en general tienen un sensor de tipo CMOS, es necesario retirarles el lente y el filtro rojo y en su lugar poner un adaptador (yo adapté una cámara Genius Face Time a una carcasa de un ocular electrónico Meade que estaba dañado). Así adaptada se puede poner a foco primario idealmente con Barlow o de manera afocal tomando la imagen directamente del ocular. El software de estas cámaras puede servir o se pueden usar paquetes gratuitos como wxAstro Capture.

Existen "web cam" modificadas de fábrica (Meade, Celestron y Orion), basadas en la Philips Tou Cam que ya no está en el mercado y que venía con un sensor CCD 640x480 pixeles y un tamaño de pixel de 3.6x2.7 micrones. Estas cámaras vienen listas para usar, con sus adaptadores originales y software. En este rango Meade tiene la DSI para objetos de espacio profundo (por que permite la toma de exposiciones largas) y la LPI para sistema solar y objetos más brillantes.

## **Cámaras DSLR (Digital Single Lens Reflex).**

Cámaras que se utilizan para fotografía aficionada o profesional. Sus lentes son intercambiables y son réflex, esto quiere decir que por medio de un espejo y/o prisma la luz que entra por el lente es la misma que se ve en el visor. Su costo varía ampliamente. Algunos modelos permiten la toma de video, por lo que podrían reemplazar a las webcam. Algunas de ellas han sido modificadas por los fabricantes o por algunos usuarios al retirarles un filtro que traen en su construcción original. Esto no es absolutamente necesario e incapacita la cámara para otros usos.

Es importante tener lentes de buena calidad óptica (muchas veces son tan o más costosos que la propia cámara), de varias longitudes focales con gran abertura es decir con números f bajos lo que los hace muy luminosos, y mejor si son lentes fijos es decir que no sean zoom. Estas características las cumplen en general lentes de alto costo, pero existen en el mercado buenos lentes a precios aceptables para el aficionado.

Con estas cámaras se deben evitar nebulosas que emitan principalmente luz roja como la Nebulosa Norte América ya que la sensibilidad a ella es baja. Las imágenes de una

cámara DSRL tienen "apenas" 12 bits que le da una capacidad de 4096 tonos de color por canal que aunque no es poco, no permite que la cámara pueda tomar zonas oscuras y clara a la vez (rango dinámico bajo), por lo que para hacer imágenes de objetos que tengan zonas brillantes y tenues como M42 la técnica consiste en combinar imágenes de diferentes tiempos de exposición con las aplicaciones de software.

## ¿Cómo escoger la cámara?

Cuando se busca una cámara que sirva para astrofotografía lo primero que se debe es decidir si se va a usar una dedicada, Web cam o DSRL.

Lo más versátil para el aficionado que inicia y a quien van dirigidas estas notas es adquirir una DSRL para fotografía de espacio profundo y una Web Cam para foto planetaria.

Al buscar cámaras DSRL muchas personas buscan aquellas que tengan mayor número de megapíxeles, sin embargo este no es realmente el dato importante para astrofotografía. Los parámetros claves son: el tamaño del sensor y de cada píxel individual. Estos elementos determinan su capacidad de resolución, es decir, el número de píxeles para resolver el detalle que el telescopio y la calidad del cielo (atmósfera, contaminación lumínica) son capaces de dar.

El tamaño del sensor se usa para calcular el campo de visión y la resolución del sistema óptico (ver más adelante).

Otros parámetros importantes al seleccionar la cámara son: debe permitir realizar exposiciones largas de al menos 30 segundos e idealmente deben tener la función Bulb en la que el disparador queda abierto por el tiempo que se desee; tomar imágenes en formato RAW; capacidad de analizar las tomas mostrando el histograma; y en general que la mayoría de sus funciones puedan ser manejadas de manera manual desde la cámara o computador.

Algunos ajustes son claves en las cámaras DSRL:

- Tipo de archivo RAW.
- ISO varía pero en general está entre 400 a 800, básicamente depende del objeto y de la contaminación lumínica.
- Balance de blancos luz día.
- Modo manual.
- Tiempo de exposición BULB.
- Función Mirror lock up encendida.
- Brillo de pantalla bajo.

- Apagar revisión.
- Desactivar autoapagado.
- Apagar reducción de ruido.
- Foco manual.
- Modo de color adobe RGB.
- Corrección de viñeteado activado.
- Apagar reducción de vibración.
- Apagar autorotación.

## Términos y cálculos ópticos

Algunos términos son importantes cuando se quiere determinar las características del equipo astronómico y fotográfico para calcular el rendimiento de los instrumentos y determinar que se puede esperar de ellos y como optimizarlo. Así se podrá planear las observaciones, las sesiones fotográficas y la compra de accesorios

### **Punto focal**

Sitio en el cual los rayos de luz salidos de una lente o espejo convergen.

### **Longitud focal**

Distancia entre el lente o espejo y el punto focal. Una longitud focal larga no implica mejor detalle, esto depende más de la calidad de las lentes o espejos.

### **Plano focal**

Conjunto de puntos focales provenientes de un objeto extendido que forman una imagen no puntual.

### **Apertura.**

Tamaño del espejo o lente que recoge la luz. Determina que tan tenue puede ser un objeto para ser observado – fotografiado.

### **Magnificación**

Se refiere a cuantas veces (X) la lente o espejo aumenta el tamaño angular de un objeto. Depende de la longitud focal del objetivo y del ocular.

$$M = LF_{\text{objetivo}} / LF_{\text{ocular}}$$

**Magnificación máxima.** Máximo aumento recomendado para una lente o espejo. Se encuentra multiplicando la apertura en pulgadas por 50 o dos veces la apertura en milímetros (para 8 pulgadas = 400x) Esto no es del todo cierto pues un telescopio pequeño a altos aumentos puede afectarse menos que uno grande a pocos aumentos.

**Magnificación mínima.** Se obtiene multiplicando la apertura en pulgadas por 5 o dividiendo la apertura en milímetros por 5 (para 8 pulgadas = 40x)

La siguiente tabla muestra los cálculos teóricos para diferentes tipos de oculares usando un telescopio de 8" sin y con Barlow (LF 2000 mm y 4000 mm) y con reductor focal f 6,3 (LF 1279 mm). En rojo la combinación que sobrepasa la magnificación máxima y mínima para este sistema

Ocular (mm)	LF 2000	2X	LF 1279 mm
9	222,2	444,4	142
10	200	400	127,9
15	133,3	266,6	85,2
25	80	160	51,6
32	62,5	125	39,9
55	36,3	72,6	23,2

## Relación focal (f).

Se encuentra dividiendo la longitud focal por la apertura.

***LF/apertura.***

Telescopio 8" (203 mm) con LF 2000 = f 10

Telescopio 8" (203 mm) con reductor focal 6,3 = 1279 mm

Debido a la analogía con los lentes fotográficos se cree que un telescopio con un número f alto es luminoso y uno con bajo lo es poco. En realidad los telescopios con la misma apertura y magnificación dan imágenes igualmente brillantes.

## Campo aparente (FOV - Field of View)

Es el tamaño en grados del campo de visión del ocular independientemente del telescopio y está dado por el fabricante

## Campo real.

Es el tamaño en grados de la imagen que se observa a través de todo el sistema óptico y se obtiene dividiendo el campo aparente por la magnificación del sistema.

Ocular	FOV aparente	FOVr	FOVr (2x)	FOVr (RF)
Meade plossl 9 mm	50	0,25	0,13	0,40
Pro Optic plossl 10 mm	50	0,28	0,14	0,44
Vixen NVL 15 mm	50	0,43	0,21	0,67
Meade Super Plossl 25 mm	52	0,71	0,35	1,12
Meade Super Plossl 32 mm	52	0,91	0,45	1,4
Televue Plossl 55 mm	50	1,57	0,78	2,46

## Pupila de salida.

Es el diámetro del haz de luz que sale del sistema óptico y se calcula dividiendo la apertura en milímetros por la magnificación.

Con los telescopios refractores no hay límites en la pupila de salida, se debe usar el necesario para lograr el FOV que se requiera para enmarcar el objeto. En un reflector si hay límite para la pupila cuando se ve la mancha negra del espejo secundario en ella. Las pupilas de salida de 7 mm dan, sin suda, imágenes muy brillantes, pero muchas veces pupilas de salida pequeñas que se obtienen con altos aumentos permiten ver detalles de los objetos y son de elección en personas adultas o con visión alterada.

La pupila de salida se calcula:

### *Longitud Focal del ocular/ relación focal del telescopio*

Ocular	Pupila salida (f10) mm	Pupila salida (f6.3) mm
9	0,9	1,4
10	1	1,6
15	1,5	2,3
25	2,5	3,9
32	3,2	5
55	5,5	8,7

## Resolución angular.

Es la capacidad de un sistema óptico para separar dos componentes de luz (como un estrella doble). El ángulo theta es el que se encuentra entre dos puntos de luz, un ojo con visión 20/20 tiene un ángulo theta de 1 arcmin, es decir, "resuelve" dos puntos de luz

separados 1 arcmin. Hay una fórmula para calcular este ángulo, sin embargo no es precisa pues la atmósfera produce una dispersión llamada seeing que varía de sitio a sitio y de noche a noche.

## Tipos de Astrofotografía

De acuerdo a la técnica, equipo y objetivo hay varios tipos de astrofotografía.

- Sin telescopio
- Piggyback (cámara montada)
- Afocal
- Foco primario

### **Astrofotografía sin telescopio**

Como es claro por su nombre, en este tipo fotografía no se requiere de telescopio ni de otro tipo de accesorios, puede ser practicada por cualquier persona interesada en el cielo y que tenga una cámara fotográfica.

Su principal uso es la toma de paisajes del cielo diurno o nocturno, fenómenos meteorológicos, amaneceres y atardeceres, auroras boreales, campos estelares, conjunciones planetarias, trazos estelares, eclipses solares y lunares, entre otras.

### **Equipo**

- Cámara DSRL.
- Trípode
- Filtros
- Fuente de energía externa

### **Técnica**

En la fotografía sin telescopio, es importante dejar en el encuadre algún motivo (montaña, árbol, casa, etc.) que dará sensación de profundidad y realismo. Si se trata de foto nocturna se puede utilizar una linterna no muy potente o flash manual para iluminar el motivo incluido durante unos pocos segundos para resaltarlo. Si se incluye el horizonte procurar no "torcerlo" y dejarlo preferiblemente en el tercio inferior del encuadre.

Para la toma de trazos estelares hay que montar la cámara en un trípode estable con un lente entre 28 a 135 mm con el máximo f o un poco menor en caso de que haya fuentes de luz artificial y usar ISO 100 - 400. Para seleccionar el tiempo de exposición hay que recordar que la rotación de la Tierra hace que las estrellas describan un arco de 15° cada hora: en una exposición de 6 horas se dibujará un cuarto de círculo. Los trazos estelares con cámaras digitales se realizan realizando múltiples tomas de entre 5 a 10 min, con intervalos cortos entre ellas, también se toman imágenes de calibración. Estas imágenes se procesaran en software como Startrails (gratis) o Photoshop.

Para el registro de constelaciones, satélites artificiales y cometas, usar un objetivo luminoso (f1,4 - f2) con distancia focal de 50 mm, ISO 400 o mayor en caso de cometas débiles. El objeto debe estar en el punto más alto de su trayectoria, la exposición debe ser de alrededor de 20 a 25 seg, pero con grandes angulares se pueden tener hasta 35 segundos. Entre menos tiempo de exposición deberá compensarse con mayor ISO.

Las lluvias de estrellas son una gran oportunidad de hacer tomas interesantes. En la técnica anterior, en la que se toman amplios campos del cielo, por casualidad puede salir algún meteorito, en el caso de las lluvias de estrellas el número de meteoros es mayor y tienen un sitio de salida conocido como radiante, por eso, en estos casos se debe dirigir el encuadre a unos 45° de este punto y hacer tomas prolongadas. Los riantes dependen de la lluvia que llevan el nombre de la constelación donde parecen salir, la excepción son las cuadrantidas que salen del Boyero.

Las puestas de Sol son relativamente fáciles de registrar y muchas personas lo hacen con buenos resultados aun sin mayor técnica. Para asegurar que el Sol sea el protagonista debemos usar el objetivo más largo posible, muchas veces con un duplicador, usando ISO bajos de máximo 160. En caso de que el Sol no sea el motivo esencial usamos distancias focales menores. La velocidad debe ser alta en caso de teles largos con f abiertas.

Para tomar la Luna, al igual que en el caso del Sol se debe disponer de objetivos largos, recordando que el diámetro aparente de la Luna (1/2°) es igual que el del Sol. La ISO Puede ser un poco más alta (400), los tiempos para la Luna llena son de 1/125-60 a f11 y para la luz cenicienta 2-3 segundos a f4.

En esta técnica algo muy útil es utilizar filtros. Por ejemplo el filtro UV, sirve como protección al lente; un filtro polarizador disminuye los destellos o reflejos, intensifica el azul del cielo o satura los colores (importante al tomar fotos de arco iris o relámpagos); un filtro de intensidad neutra evita el exceso del luz.

Tiempos de exposición máximos para evitar el trazo estelar:

Longitud focal	Declinación del campo				
	0	30	45	60	75
28 (18)	35	40	50	75	140

88 (50)	15	18	21	30	57
400 (250)	2	3	4	5	10

## Astrofotografía en Piggyback

Piggyback es una palabra inglesa que en español puede ser interpretada como estar montado a cuestas. Así, en la fotografía piggyback se instala la cámara en un soporte sobre el telescopio, con lo que se aprovecha la alineación, sincronización y seguimiento de la montura.

La fotografía en piggyback es el método para la toma de campos amplios con seguimiento, lo que permite, a diferencia de la técnica sin telescopio, "inmovilizar" la bóveda celeste y eliminar el "movimiento" estelar. En esta técnica también pueden combinarse exposiciones para realzar detalles y reducir el ruido. Todo objeto que pueda observarse a través de un par de binoculares es ideal para esta técnica.

La fotografía en Piggyback es el método perfecto para el entrenamiento en las técnicas más avanzadas.

## Equipo

- Cámara DSRL
- Soporte Piggyback
- Telescopio y montura motorizada
- Lentes
- Filtros.

Para este tipo de astrofotografía aplican varias de las consideraciones técnicas ya expuestas en la fotografía sin telescopio. Sin embargo, se deben marcar diferencias claves.

En el encuadre de las fotos no se deben dejar objetos fijos, terrestres ni el horizonte por que la cámara estará en movimiento. Es posible hacer campos amplios como constelaciones, pero cambiando a lentes de mayor longitud focal se cierra el campo para enfocarse en zonas específicas. Un teleconverter multiplica la longitud focal del lente usado. Para "crear" estrellas brillantes con espículas se ponen unos alambres cruzados delante del lente (en el parasol por ejemplo), o se utiliza un filtro especial llamados filtro estrella. Este efecto se puede lograr usando Photoshop.

Se debe hacer un seguimiento automático o manual a través del telescopio con ocular reticulado, las pequeñas correcciones que se requieran son imperceptibles por la diferencia en la longitud focal ente el telescopio y la cámara (2000 vs. 88 mm x ej).

## **Astrofotografía afocal**

Con esta técnica la imagen se toma a través del ocular del telescopio sosteniendo la cámara manualmente, con un soporte externo o con un tele extender. Es muy útil para fotos planetarias o de objetos brillantes.

La fotografía afocal incrementa de manera importante el tamaño de la imagen, produce sin embargo, un efecto de viñeteo y distorsión. El viñeteo es un halo oscuro en la periferia de la imagen (como cuando se ve por entre un tubo). Se presenta cuando la cámara se pone muy lejos del ocular o cuando el campo de visión de la cámara es mayor que el del ocular. Para reducir este defecto se aproxima la cámara al ocular. Es mucho mejor usar un ocular con una pupila de salida amplia.

### **Equipo**

- Telescopio
- Cámara compacta, DSRL o web cam
- Adaptador para sostener la cámara compacta (opcional)
- Teleextender y adaptador para cámara DSRL

## **Astrofotografía con web cam modificada o cámara dedicada**

El uso de una web cam modificada y acoplada al telescopio es ideal para la realización de imágenes de objetos brillantes. También están las dedicadas es decir modificadas en fábrica. Con estas cámaras más que imágenes fijas se graban vídeos para después en el computador separar los cuadros individuales seleccionando los mejores y así procesar una fotografía única.

La Luna, Saturno y sus anillos, Júpiter y sus satélites, las fases de Venus, Marte, todos son objetos ideales para tomar con estas cámaras poco costosas. También se puede usar para estrellas dobles brillantes. Esto se debe a que el sensor es muy pequeño pero es suficiente para que "quepan" estos objetos.

### **Equipo**

- Web cam modificada, oculares electrónicos o cámaras dedicadas
- Telescopio
- Barlow 2x - 3x
- Reductor focal
- Filtro UV/IR
- Computador

## Técnica

La modificación de la web cam se refiere a que se debe desarmar para retirarle el lente enfocador y el filtro rojo. Con estas cámaras se deben tomar vídeos de aproximadamente tres minutos de duración. El enfoque se realiza bajo visión directa de la imagen en el computador. Una muy buena idea es tener un ocular parafocal: se pone la cámara y se enfoca un objeto, a punto seguido se retira la cámara y se pone un ocular. Sin mover el enfocador se mueve el ocular adentro y afuera hasta alcanzar foco y se marca el sitio con cinta. Después se puede enfocar cualquier objeto con el ocular puesto siguiendo la marca, al cambiarlo por la webcam esta solo requerirá pequeñas correcciones. El filtro UV/IR es importante solo con telescopios refractores. Para planetas y la Luna se recomienda usar un Barlow 2x o 3x.

Las cámaras dedicadas vienen con software propio, sin embargo si se tiene una web cam, se pueden usar programas muchos de ellos gratuitos para manejarla. Uso wxAstro Capture, que además de manejo de exposición tiene funciones de autoguía y otras. Permite resoluciones entre 640x480 hasta 1280x1024 en un formato AVI.

Al principio es bueno limitar la distancia focal a 500 o 1000 mm usando un reductor focal si es necesario (un LX200 8 a foco primario con reductor focal 6.3 queda con una distancia focal de 1279 mm). El reductor focal hace la imagen más pequeña y brillante, pero aunque la imagen se ve más pequeña no se está ampliando el campo de visión por lo cual siempre se produce algo de viñeteo y pérdida de la calidad aunque esto último no es muy importante. Son ideales para SCTs. Para algunos autores el uso del reductor focal de 3.3 no es útil debido a las aberraciones de coma y viñeteo que produce.

## Astrofotografía en foco primario

La cámara (CCD, web cam, dedicada, DSRL), se instala en el telescopio convirtiendo este en su lente. La longitud y relación focal son las del telescopio. Se utiliza para realizar fotos del espacio profundo. Requiere los más altos niveles de técnica y de procesamiento.

## Equipo

- Telescopio principal con montura ecuatorial.
- Telescopio guía refractor montado en el principal o guía fuera del eje para catadióptricos (Anillos y doveplate para su instalación), o cámara CCD con lente como SBIG ST -i.
- Microenfocador
- Contrapesos con soporte
- Protector empañamiento y calentadores
- Buscador y/o Telrad
- Filtros IR, UV, Polución
- Ocular reticulado

- Reductor focal
- Cámara DSLR y/o CCD
- Control remoto
- Anillo y adaptador T
- Enfocador en ángulo
- Adaptador de corriente externa (cámara)
- Pila extra cargada
- Computador
- Hub USB
- Cables de conexión y adaptadores
- Pantalla (acrílico) de protección roja.
- Reloj cronómetro digital
- Fuente de energía
- Software
- Manejo de telescopio y cámara (TheSky - Cartes du Ciel - APT - CCDSoft)
- Procesamiento básico (DeepSpaceStacker)
- Procesamiento avanzado (Photoshop)

## **Técnica**

Los pasos a seguir para la toma de fotografía a foco primario incluyen muchos aplicables a los tipos de astrofotografía previamente expuestos. Para muchos la astrofotografía usando el telescopio como lente es el punto más alto de la técnica fotográfica y es importante haber tenido ya experiencias con los otros tipos de técnicas menos exigentes o más sencillos como los ya descritos.

## **Alistando el equipo**

Son muchos los requisitos para tomar fotos de buena calidad y van desde la instalación de todo el equipo astronómico, pasando por la toma misma de las imágenes y su procesamiento final.

Lo que viene en adelante es el objetivo principal de este ensayo: cubrir todos estos pasos de la manera más detallada y práctica posible siguiendo mi experiencia. Los procesos se refieren a un telescopio de SCT 8" en montura ecuatorial germánica sobre una columna fija y según el tipo de foto: cámara DSRL, Web Cam modificada, cámara CCD. Los accesorios se irán nombrando en el texto.

Aunque no es completamente necesario, la comodidad, el ahorro de tiempo, la seguridad, el cuidado de los equipos y la facilidad del trabajo astro fotográfico ameritan más temprano que tarde la construcción de un observatorio fijo.

El alistamiento de los equipos necesarios para lograr una buena toma astronómica son:

- Instalación del Tubo óptico
- Ajustar buscador.
- Ajustar microenfocador y asegurar espejo.
- Alineación del eje polar del telescopio con el polo Norte (gruesa y fina (deriva)).
- Colimación de la óptica
- Sincronizar el computador del telescopio con la esfera celeste.
- Corrección de error periódico
- Realizar contrapesos
- Límites de desplazamiento (horizonte)
- Aclimatar telescopio

## **Instalación y puesta a punto del telescopio**

### **Instalar el tubo óptico**

Durante muchos años utilicé un sistema óptico Meade (LX 200 GPS 8") el cual consiste en un tubo óptico montado en una montura altazimutal tipo horquilla la cual de dispuso en ecuatorial mediante un adaptador hecho en casa. Mi experiencia astrofotográfica con este montaje fue escasa debido al daño en esta montura la cual fue reemplazada por una ecuatorial germánica ( iEQ45).

El tubo óptico se retiró de su sistema original y se instaló en la montura a través de un adaptador y usando un dovetail tipo Losmandy que tiene una longitud suficiente para facilitar el balance de la montura.

### **Ajustar el buscador y/o Telrad**

Todos los telescopios traen un pequeño telescopio accesorio montado en un soporte con aros que tienen tornillos de calibración. De día se debe enfocar el telescopio principal en un objeto fijo y luego cuadrar el telescopio buscador de tal manera que ambos tubos se

dirijan al mismo objeto centrado. También, es muy útil usar un Telrad, este se fija con cintas adhesivas; para evitar daños en la pintura del telescopio, primero se cubre la zona con un plástico adhesivo (Contac) y sobre este se pega el soporte del Telrad. Se debe alinear con el telescopio para lo que se usan tres tornillos en la parte posterior. El Telrad da una visión amplia del cielo y de la ubicación del objeto a observar.

## **Ajustar microenfocador y asegurar espejo (en SCT)**

Si se utiliza un telescopio catadióptrico es importante asegurar el espejo primario para evitar que altere la alineación, esto puede ocurrir en algunas ocasiones cuando el tubo óptico se mueve a lugares opuestos del cielo, el espejo primario sufre un acomodo de posición causando la pérdida del foco y la precisión de posicionamiento. El procedimiento de ajuste del espejo está ligado al ajuste del microenfocador, esto en el OTA Meade, para otras marcas verificar el manual.

El método para asegurar el espejo consiste en: con el candado del espejo primario en la posición de “unlock”, llevar el recorrido del tubo de extensión del microenfocador a medio camino (unos 6 milímetros afuera, es útil marcar este punto), con la perilla buscar foco aproximado, llevar el candado del espejo a la posición “lock” y ajustar la tensión firmemente; esta acción le sirve para fijar el primer enfoque y el espejo, asegurarse de no mover la perilla de enfoque una vez que se haya puesto tensión en el candado del espejo primario ya que si se hace, hay que comenzar el proceso de nuevo. Utilizando los comandos del microenfocador ajustar el enfoque fino. Puede ser necesario repetir el procedimiento si se cambia el ocular.

El microenfocador en los LX200 viene ajustado a través de tornillos Philips, es útil cambiarlos por tornillos de ajuste manual que facilitan el quitar y poner este accesorio de manera rápida y cómoda.

En caso de que la montura no maneje el microenfocador, se debe adquirir un sistema que lo haga, el seleccionado en mi caso fue el nFocus con adaptador USB que se maneja desde el computador a través de driver ASCOM.

El microenfocador se usa con las cámaras CCD y web Cam en el caso de una DSRL esta se pone sin microenfocador así que el enfoque solo se realiza con la perilla manual una vez alcanzado de asegura el espejo.

## **Alineación polar del telescopio (sin ver la estrella polar)**

La bóveda celeste parece girar alrededor del polo celeste, este movimiento es causado por la rotación terrestre. Durante un período de 24 horas, las estrellas realizan una revolución completa dibujando círculos concéntricos con el polo en el centro.

Alineando el eje polar del telescopio con el Polo Norte Celeste (PNC) (o para los observadores localizado en el Hemisferio Sur, con el Polo Sur Celeste (PSC)), los objetos astronómicos pueden ser seguidos, simplemente moviendo el telescopio en un eje: el eje polar. Este seguimiento puede realizarse manualmente o automáticamente con el controlador del motor eléctrico del telescopio.

Una alineación aproximada es suficiente para observación visual. Para fotografía se requiere una alineación fina. Sin embargo, con la llegada de la fotografía digital las reglas han cambiado, antes se requería un seguimiento perfecto durante 20, 30 o más minutos, ahora se hacen fotos o subexposiciones de entre 30 segundos a 5 minutos que luego se suman digitalmente.

Los métodos que utilizan la estrella polar como referencia para ubicar el polo norte geográfico son útiles para latitudes altas o en donde se puede observar la famosa estrella. Para latitudes en donde no se observa la estrella polar o cuando su visión está bloqueada se deben usar métodos que no incluyan la ubicación de la Polar.

## **Instalar el Telescopio**

Si se usa trípode este se pondrá en una superficie dura y lisa, pudiéndose usar unos cojinetes en las patas para evitar la vibración. Se dirige una de las patas al norte, una vez que se termine el proceso de alineación hay que marcar con pintura indeleble el sitio en donde quedan apoyadas las patas del trípode para que en la siguiente ocasión de observación se ahorre tiempo y trabajo. Lo ideal es tener un telescopio fijo instalado en una columna la cual debe estar bien nivelada y firme para evitar movimientos. Cuando se instala en columna hay que dejar un plato en la base con tornillos (Top plate) que permita hacer pequeños ajustes en nivelación. Si el telescopio está en esta última disposición tendrá la ventaja que el proceso que describimos se realiza una sola vez

## **Nivelar el telescopio**

La nivelación es un punto clave en la alineación del telescopio, pues con solo pequeñas alteraciones el eje de Ascensión Recta no funcionará adecuadamente. Muchas monturas tienen un nivel de burbuja incorporado, de no ser así se debe usar de unos 20 cm de longitud. La precisión del nivel se puede comprobar con un puntero láser; se pone sobre la superficie del trípode o columna y se proyecta a la pared luego se mide la altura del piso (nivelado) al extremo del láser y al punto iluminado en la pared y deben ser los mismos, entre más lejana la pared más precisión de la medida. Esta prueba debe realizarse en todas direcciones para tener la certeza de que la nivelación es adecuada.

La nivelación del telescopio deberá verificarse con frecuencia (inclusive en un montaje fijo) cualquier montura, trípode o columna puede presentar alteraciones o "asentamientos" mecánicos. Así que probablemente la exactitud perfecta que pretendemos es una utopía. Para subsanar estos problemas tendremos que recurrir al autoguiado que se verá más adelante.

## **Ubicar el polo Norte Geográfico**

Una brújula ubicará el Polo Norte Magnético. Sin embargo, el eje del telescopio debe apuntar al Norte geográfico el cual se encuentra corrigiendo la declinación magnética del lugar de observación. La declinación magnética varía de acuerdo al punto geográfico terrestre, esta puede encontrarse en los mapas o en <http://www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/Declination.jsp>. A partir del polo Norte magnético se corrige el dato hallado.

## Altura del tubo

La estrella polar (y en el caso del hemisferio sur, así a Octantis), tiene una elevación sobre el horizonte que es la misma de la latitud del sitio desde donde se observa. Con el dato de la latitud Norte o Sur mediante su medición con GPS, se eleva la cuña de la montura a este número. Una vez que el ángulo de latitud ha sido ajustado en la montura no es necesario repetir esta operación cada vez que el telescopio se utilice, a menos que se desplace una distancia considerable hacia el Norte o el Sur. (Aproximadamente 112 km de desplazamiento Norte - Sur equivalen a 1° en cambio de latitud).

Con estos pasos tendremos el eje del telescopio con una buena aproximación al eje terrestre y será suficiente para observación visual o para astrofotografía de exposiciones menores a 45 segundos.

## Ajuste fino

El método de la deriva (drift method) es el mejor que existe. Se conoce también como de Bigourdan. Este método no requiere de la observación de la estrella polar y se considera el más preciso y sus resultados son el patrón de oro en lo que respecta al seguimiento, aunque requiere tiempo y paciencia.

La alineación “gruesa” descrita no requiere que el telescopio este prendido, la alineación fina sí. Encienda el computador del telescopio sin realizar ningún procedimiento de alineación o sincronización.

Se debe usar un ocular reticulado (Meade 9 mm) Es preferible, (en los pasos finales) incrementar la magnificación efectiva con el uso de un Barlow 2X ó 3X. Se deben poner las guías del ocular coincidiendo Norte - Sur, Este - Oeste. Para identificar en el ocular el Norte y el Sur se mueve el tubo suavemente estando bloqueado, al mover el tubo hacia el Norte las estrellas se mueven al Sur y viceversa

Los errores de la alineación aproximada o gruesa que corregiremos con la orientación fina son de dos tipos: en acimut o en altura.

Para corregir los errores en acimut se debe escoger una estrella cerca al cruce del meridiano con el ecuador (la estrella debe estar localizada dentro de un rango de  $\pm 30$  minutos en A.R. del meridiano y  $\pm 5^\circ$  del ecuador celeste). Se centra alineada con la marca Este - Oeste del ocular reticulado. Sin tomar en cuenta los movimientos en AR se observa la estrella: si deriva al Sur la montura está muy al Este y se debe corregir hacia el Oeste y viceversa. Realizar ajustes hasta que la estrella quede fija por 5 min.

Para los errores en altura se selecciona una estrella cerca al horizonte Este, levemente al Norte del ecuador (la estrella debe estar a unos  $20^\circ$  a  $30^\circ$  sobre el horizonte Este y a  $\pm 5^\circ$  del ecuador celeste). Como en el anterior se ubica la estrella en el ocular. Sin tomar en cuenta el movimiento en AR, si deriva al Sur está apuntando abajo del polo (muy al Norte) corregir hacia al Sur y viceversa. Realizar ajustes hasta que la estrella quede fija por 5 min.

Si la estrella deriva en menos de 5 segundos nos encontraremos a 10 o más campos de ocular de distancia en acimut del punto deseado, si la deriva ocurre en unos 30 segundos nos encontraremos a uno o dos campos de ocular de distancia.

Es importante ser muy meticuloso, si una estrella deriva la mitad de su diámetro tras 5 min de seguimiento, puede ya existir rotación de campo en largas exposiciones. Así, si cortamos la estrella por su centro con una línea del ocular, debe permanecer cortada cinco minutos. Con ello podemos conseguir exposiciones de hasta 2 y 3 horas.

No es necesario esperar todo el tiempo para corregir las desviaciones apenas se perciba se puede corregir.

Con el método de la deriva hemos conseguido que el giro del telescopio en AR siga exactamente a la estrella apuntada (error periódico aparte), con lo cual asumimos que la montura está orientada al PNC de la forma más exacta posible.

## **Colimación**

Un telescopio bien colimado (llamada así a la alineación entre espejo primario y secundario) muestra imágenes de la mejor calidad, una colimación pobre lleva a aberraciones como coma.

La colimación no se hace de rutina pero debe verificarse y corregirse ocasionalmente. Telescopios como los SCT tienen tres tornillos de ajuste visible en el plato corrector, al ajustarlos se obtiene una adecuada colimación. Buena idea es cambiar los tornillos originales, en el caso del LX200, por unos tornillos de movimiento manual, que se encuentran con vendedores externos (Bob's Knob). Se aconseja pintarles marcas para verificar visualmente cuanto se han movido.

Para realizar la colimación, el telescopio debe estar a una temperatura estable. Se selecciona una estrella brillante y alta en el firmamento. Inicialmente se hace con pocos aumentos y al final con los más altos al menos 600x o el mayor que se tenga. La imagen se desenfoca y se examina. La parte central es la sombra del espejo secundario y puede estar o no centrado en el círculo mayor. Si no está en el centro, la óptica requiere colimación.

Para colimar la óptica se usan los tres tornillos ubicados en la tapa plástica en el centro del plato corrector (no deben apretarse ni soltarse demasiado, máximo 2 vueltas, los cambios son sutiles: un décimo de vuelta). Mientras se observa la imagen fuera de foco, se identifica en qué dirección se encuentra la excentricidad de la sombra central. Con un dedo se toca uno de los tornillos de ajuste y simultáneamente se observa por el ocular en donde se verá su sombra sobre el anillo de luz. Se mueve el dedo alrededor de la orilla de la celda plástica del espejo secundario hasta que la sombra se encuentre sobre la excentricidad o el lado donde el anillo de luz es más delgado. Hay dos posibilidades, una que la sombra esté sobre un tornillo de ajuste, en este caso este es el que se debe ajustar; otra que la sombra se encuentre entre dos tornillos de ajuste, caso en el cual el que hay que ajustar es hacia el que el dedo apunta.

Si al girar el tornillo la imagen se sale del campo, entonces quiere decir que se está girando el tornillo en la dirección incorrecta, se cambia el sentido del giro en la dirección contraria y se lleva la imagen al centro del campo de visión. Si el tornillo que se está girando se afloja demasiado, se compensa ajustando los otros dos en la misma cantidad de vueltas, si el tornillo que se está girando se aprieta demasiado, se aflojan los otros dos en la misma cantidad de vueltas. Cuando la imagen se encuentra en el centro hay que verificar cuidadosamente la uniformidad del anillo de luz (concentricidad). Si la sombra central todavía está excéntrica en la misma dirección, falta un poco de ajuste en la dirección original. Si ahora está excéntrica en la dirección opuesta, quiere decir que se ha excedido y hay que girar en la dirección opuesta. Cualquier falta de colimación en este punto requerirá de ajustes mucho muy pequeños.

Otra forma es girar los tornillos y ver hacia donde es el movimiento si se centra es el correcto si no es el opuesto (¡fácil!)

## **Sincronización**

La sincronización le da al computador la información necesaria para que se ajuste con el firmamento de acuerdo a la ubicación y hora de la observación, de esta manera se puede buscar y ubicar con precisión los objetos celestes.

Existen tres métodos sincronización: con una, dos o tres estrellas. Para cualquiera de los tres la montura debe estar en posición zero es decir hacia el polo norte geográfico. Estos tres métodos están disponibles en la montura iEQ45 y explican de manera general el proceso para cualquier otra marca.

Para la sincronización con el método de "alineación con una estrella" una vez seleccionado en el menú aparece una lista de estrellas de alineación basada en los objetos en el momento y lugar de la observación; con la montura en posición zero se selecciona la estrella deseada, se centra en el ocular usando primero un campo amplio con el ocular de 32 mm y luego un campo lo más pequeño posible con el de 9 mm por ejemplo y se presiona aceptar. Si la montura está bien alineada este método será suficiente.

Alinear con dos estrellas incrementa la precisión de la montura, el procedimiento es idéntico al anterior, pero una vez sincronizada la primera estrella el control pedirá la selección de la segunda a partir de la lista de estrellas de alineación, si el control sugiere una estrella se puede aceptar o cambiar, si se selecciona una estrella muy cercana a la primera el control la rechazará.

La tercera forma de hacer la sincronización es con tres estrellas, este método disminuirá el llamado "error de cono" de las monturas germánicas que se produce por sutiles diferencias de fábrica en las que el eje óptico puede no ser perpendicular al eje de declinación y más raramente que eje polar no esté en ángulo recto con el de declinación. Se selecciona en el menú alinear con tres estrellas y se repite el proceso anterior pero esta vez con tres estrellas que deberán estar localizadas en diferentes partes del cielo.

Independientemente del método usado se puede, en el curso de la observación afinar la precisión realizando sincronizaciones rápidas (desde el control de la montura o desde el programa usado para manejarla (TheSkyX pro) con lo que la montura o el software

sincronizará sus coordenadas con las del objeto apuntado. Después de ir a un objeto conocido se selecciona "Sync to Target" (en TheSkyX, telescope>settings> Sincronize) se centra y se acepta. Se pueden realizar múltiples sincronizaciones si es necesario principalmente cuando se cambia de zona de cielo. Este método hace lo mismo que el método con una estrella excepto que la selección del objeto la hace el usuario. Hay software como el TPoint de Software Bisque que mantienen una adecuada sincronización, son costosos.

Las guías para seleccionar estrellas para la sincronización son:

- Las dos estrellas deben estar en lados opuestos del zenit aparte al menos 120° en acimut
- No deben estar en la misma altitud
- Una debe estar significativamente más alta que la otra
- Ninguna debe estar a menos de 20° del zenit,
- Una de las dos debe estar cerca al punto interés en la observación.

Para mantener la sincronización al final de la sesión se realiza un parqueo del telescopio (comando Park Scope). Al ejecutarlo el tubo se dirige a la posición de aparcamiento y la única acción que podemos realizar después es apagarlo. En memoria se guardan los parámetros de alineamiento sin necesidad de alimentación eléctrica. Al volverlo a conectar deberá estar en la posición en que se aparcó. Una vez conectado bastará con llevarlo a la posición zero y hacer una sincronización a una estrella para reorientarlo. Siempre se debe dejar desconectado el telescopio cuando no se utilice.

## **Backslash**

El fenómeno de Backslash se refiere a la imprecisión que resulta de llevar el telescopio de un objeto a otro y regresar al primero debido a diferencias residuales entre los ejes de AR y Dec.

La función de test Backslash se usa para determinar el valor de backslash en AR y Declinación. Los números obtenidos se mostraran en el menú "Set Anti-backslash". Para obtener mejores resultados esta función debe realizarse sobre un objeto terrestre durante el día usando el ocular reticulado.

Poner la altura de la montura en su posición más baja, liberar el seguro de ascensión recta para moverlo al este u oeste y apretarlo. Liberar el eje de declinación y ponerlo horizontal.

Para hacer la prueba se debe apuntar a un objeto lejano, seleccionar probar Backslash en el menú alineación.

Usando "▶" o "◀" para mover el objeto al centro y presionar enter, no pasarse del centro para esto se puede usar una baja velocidad una vez que el objeto está cerca del centro.

La pantalla cambiará para dar instrucciones de mover el objeto nuevamente al centro y presionar enter, en este momento la pantalla mostrará el número de pasos calculados y preguntará para salvar. Se mostrará seguidamente la prueba de backlash para declinación.

## **Corrección Periódica de Error (PEC)**

Los errores periódicos se deben a minúsculas imperfecciones de los engranes, por fino que sea el telescopio. Las estrellas parecen avanzar para luego irse hacia atrás repitiendo estos movimientos de manera aparentemente aleatorizada. Estas imperfecciones existen en todos los engranes que se fabrican y tienden a modificar ligeramente la velocidad de rastreo en cada rotación sobre su eje. Estas inconsistencias en la tasa de rastreo pueden tener un efecto negativo en astrofotografía.

Nota: No se recomienda el uso de PEC cuando se usa autoguía.

Algunos telescopios permiten ser entrenados para compensar estas inconsistencias y, como resultado, desempeñar un rastreo más preciso durante una astrofotografía. Para realizar la corrección del PEC se deben haber hecho todos los pasos hasta aquí revisados.

Se puede encender “PEC Playback On” mientras se está realizando seguimiento especialmente en astrofotografía, un aviso de “PEC” se mostrará en la pantalla. Para poder usar PEC debe primero grabarse el error periódico (PE), este PE será guardado y usado para la PEC. Para grabarlo:

1. Poner la montura, el telescopio en autoguía conectando una cámara guía al computador vía puerto ST-4 o protocolo ASCOM
2. En el menú seleccionar autoguía con una velocidad desde 0.20X a 1.00X
3. Luego presionar el botón BACK y seleccionar “PEC Option” y la opción “Record PEC” para iniciar la grabación del PE
4. Una revolución del sistema toma 400 segundos, tiempo después del cual la grabación se detendrá automáticamente. El valor de PEC se guardara de manera permanente en el chip del motor de AR hasta que nuevos datos sean grabados.
5. Si se quiere volver a grabar el PE, seleccione “Record PEC” y repita el procedimiento antes dicho la información previa será reemplazada con la nueva.

## **Realizar contrapeso y equilibrado del telescopio**

El esfuerzo de los motores, sobre todo si el telescopio tiene peso añadido, puede producir un movimiento de seguimiento irregular si el tubo no está bien equilibrado. Además, la falta de un buen equilibrado sobrecarga los engranajes y puede acortar su vida. Cuando el telescopio está bien balanceado se mantiene estable en casi cualquier posición.

Los pasos para realizar el balance implican mover el contrapeso del eje de declinación y el tubo óptico para el balance en ascensión recta. Adicionalmente la montura iEQ45 tiene un programa para verificar el balance.

## **Aclimatar el equipo**

Siempre que se inicie la sesión de observación y/o fotografía deberá dejarse el telescopio al ambiente para equilibrar la temperatura durante al menos 3 horas antes.

Cuando se realizan observaciones se presenta condensación en los sistemas ópticos, especialmente en el plato corrector de los SCT. Varios dispositivos se utilizan para prevenir o corregir este fenómeno. Uno es el escudo de niebla el cual es de material rígido, algunas veces metálico que se envuelve como cilindro y se pone en el extremo distal del tubo y del buscador. Este elemento, además sirve para proteger la óptica y reducir la luz incidente sobre ella. El otro es un calentador que mantiene a una temperatura definida las superficies ópticas. Estos dos sistemas son complementarios.

La fabricación de una banda calentadora se puede hacer usando resistencias eléctricas o alambre de níquel - cromo los cuales liberan calor al paso de una corriente eléctrica (9v). También si no se quiere entrar en fabricación y cálculos se pueden comprar ya hechas.

## **Toma de imágenes**

Una vez se tiene todo el equipo preparado y ajustado se inicia la toma de imágenes. Este proceso incluye varios pasos:

- Buscar objeto
- Autoguía
- Enfocar
- Tomar imágenes (light, dark, flat, bias)

## **Seleccionar objeto**

La sesión de fotografía debe planearse con anterioridad, buscar fotos ya hechas y técnicas usadas para aprovechar la experiencia de otros. Lo ideal es que los objetos estén cerca del cenit. Dependiendo del objetivo también escogeremos el tipo de fotografía. (piggyback, foco primario, afocal, video con webcam o cámaras dedicadas, cámara en un trípode). Es mucho mejor planear la sesión y enfocar todos los esfuerzos en pocos objetos.

El tamaño de los objetos en el cielo es medido por su diámetro angular el cual se expresa en grados, minutos y segundos de arco. Cuando se planea una astrofotografía es importante conocer el campo de visión del sistema óptico que se va a usar para saber si "cabe" el objeto seleccionado.

El tamaño del sensor se usa para calcular el campo de visión (FOV por Field of View) del sistema óptico, la Canon Xsi o 450D tiene un Sensor 22.2 x 14.8 mm (4272 x 2848 pixeles), con un tamaño de pixel de 5,2 micrones.

Como regla general para condiciones usuales una resolución de 0,5 a 0,25 arc.sec/pixel es suficiente.

Para calcular esto se usa la siguiente formula:

$$\text{Escala de pixel de pixel} = 206,265 \text{ segundos de arco} \times \text{tamaño de pixel} / \text{Longitud focal}$$

Ejemplos:

Resolución sistema óptico

- Pixel size Canon XSi 5.2 micrones
- Pixel size DSI 9.6 micrones
  - Longitud focal LX200 8" 2000 mm
    - Canon XSi: 0,54 arc.sec/pixel
    - Meade DSI: 0,1 arc.sec/pixel
  - Con reductor focal 6.3 1279: mm
    - Canon XSi: 0,83 arc.sec/pixel
    - DSI: 1,5 arc.sec/pixel

La fórmula para calcular el FOV es:

(Número de Pixeles x escala de pixel de pixel) x 60 = tamaño en minutos de arco

También se puede usar un calculador como: <http://www.12dstring.me.uk/astro.htm>

## Autoguiado

Ningún telescopio, por bien hecho que esté, elimina la necesidad de realizar autoguiado. Todos los sistemas tienen error periódico que mueve el telescopio adelante y atrás en ascensión recta (en periodos de minutos), si no hay una perfecta alineación polar se presentaran defectos de movimiento en declinación. Puede haber flexión de los elementos del telescopio. Cambios mínimos en la electricidad a los motores y finalmente los propios cambios atmosféricos llevan a errores de seguimiento de los objetos celestes.

Estos errores de seguimiento se corrigen con el autoguiado. Este consiste en observar y mantener la posición, manual o electrónicamente, de una estrella de referencia con el fin de que el objeto fotografiado también se mantenga en un punto específico de la imagen que se está tomando.

La guía manual requiere de un ocular reticulado con o sin Barlow. Se debe poner la estrella sobre la retícula haciendo coincidir sus movimientos con las líneas guía y las

líneas con los movimientos en AR y declinación Es muy importante que el control del telescopio tenga movimientos lentos. Las correcciones que se realizan son pequeñas. Se debe poner el control de movimiento de manera similar a los observados para no estar pensando que botón presionar

Los sistemas de autoguiado toman la imagen de la estrella de referencia y envía directamente al computador del telescopio las correcciones necesarias. El equipo necesario:

1. Telescopio guía o sistema de lentes para cámara como el Kit SBIG STi o una guía fuera de eje
2. Cámara guía (SBIG STi)
3. Software de seguimiento (PHD, CCDSoft)
4. Cable de conexión al computador y energía
5. Cable de conexión al telescopio.

La guía fuera del eje (Off axis guider), es un dispositivo que se acopla al sistema óptico para que, tomando parte de la luz incidente en el ocular, muestre el campo visual que se está observando. Su gran ventaja es que al observar por el mismo tubo óptico con el que se toma la foto no hay desviaciones; de otro lado sus desventajas son que le quita luz al objetivo lo que es importante solo para telescopios de baja apertura, produce dificultades para el enfoque y finalmente a veces es difícil encontrar una estrella guía dentro del estrecho campo del ocular.

El uso de telescopio guía (refractor pequeño no necesita ser de alta calidad, pero no pesado), para muchos es preferible porque es un sistema óptico aparte que permite una mejor búsqueda, observación y enfoque de la estrella guía y puede ser un segundo telescopio fotográfico al intercambiar los papeles con el telescopio principal. Sin embargo, los problemas del telescopio guía son varios, el principal es la flexión diferencial que es cuando un sistema óptico se desalinea con respecto al otro así, a pesar de que el seguimiento en el telescopio guía sea perfecto, en el telescopio fotográfico en realidad no lo es, arruinando las tomas estelares. La única manera de corregir el problema es usando un sistema de montaje rígido debido a que la gravedad es la que pandea el telescopio o algunos de sus componentes.

Finalmente, mi elección fue el kit de autoguiado (SBIG STi) con cámara CCD y una lente de 100 mm que da un campo amplio permitiendo fácilmente ubicar una estrella guía, el montaje es pequeño por lo que la flexión diferencial no es un problema y su peso menor de 4 onzas no sobrecarga el motor de la montura.

El proceso de autoguiado en general lleva los siguientes pasos:

- Localizar, enfocar y centrar el objeto con el telescopio principal
- Con el lente del kit

- Buscar una estrella no brillante inclusive moviendo la cámara.
- Conectar la cámara autoguía al telescopio y el computador
- Abrir el programa (PHD, CCD Soft u otro).
- Click en cámara y seleccionar autoguider
- Seleccionar exposición de 2 segundos
- Click en looping exposición
- Enfoque la estrella y clic en stop
- Clic en la estrella elegida aparecerá una cruz verde, si la estrella es muy brillante deberá reducir el tiempo de exposición
- Clic en conectar telescopio
- Clic en PHD guide el resto es automático. Mientras que calibre la cruz es amarilla y cuando inicia la guía es verde

Para mejorar la imagen se puede hacer ajuste gamma, reducción de ruido y ajuste de ganancia. El programa hace el resto enviando señal al telescopio para mantenerla alineada.

## Enfocar

Este paso es uno de los más críticos en astrofotografía. Es muy importante que el espejo del telescopio este asegurado y el sistema colimado como se explicó arriba Si va a utilizar una DSLR lo primero es cuadrar las dioptrías en el visor estando de día, esto se realiza moviendo la rueda de enfoque hasta ver claramente las guías marcadas en el visor, de hecho se puede desenfocar la imagen para no distraer la atención de estas marcas.

El telescopio tiene una perilla de enfoque manual que produce un fino movimiento del espejo primario para alcanzar un buen enfoque. Los telescopios como el LX200 pueden enfocar objetos que se encuentren a partir de 8 metros y hacia el infinito. Al mover la perilla de enfoque contra las manecillas del reloj se enfocan objetos más lejanos, y a favor de las manecillas del reloj para objetos más cercanos.

Se debe buscar un enfoque aproximado a través del visor. Es casi indispensable usar un visor angulado de enfoque (Canon Angle Finder C u Opteka), que aumenta la imagen y brinda comodidad. Se pone en 2.5X y se enfocan objetos a alrededor de 1 metro de distancia, luego se pone en la cámara y se ajustan las dioptrías como ya se explicó. En el campo se dirige la cámara o telescopio a una estrella brillante cerca al objeto a observar y se enfoca el telescopio y el angle finder alternativamente hasta que la estrella este bien enfocada allí se harán las correcciones con las tomas desde el computador.

La máscara de Hartmann es muy útil para realizar el enfoque. Esencialmente la máscara consiste en un círculo con 2 a 3 orificios cuyo tamaño y separación dependen de la apertura del telescopio (para el cálculo hay recursos en la web). La máscara se pone en

el extremo distal del tubo, se observa por la cámara o se realizan tomas, si no hay enfoque aparecerán 2 a 3 imágenes dependiendo el número de orificios, Se mueve la perilla de enfoque o el microenfocador hasta que se combinen en uno solo.

Otro método (en realidad se deben combinar varios para lograr un enfoque perfecto), consiste en tomar exposiciones 5 segundos de un campo estelar y luego ampliarlo con el máximo zoom en la pantalla del computador y ajustar el enfoque hasta obtener imágenes puntuales. Si la cámara ofrece enfoque magnificado en vivo este es un buen mecanismo.

Existen programas que facilitan el enfoque su funcionamiento que se basan en la concentración de luz en los pixeles.

En sesiones largas es importante revisar el enfoque entre tomas.

## **Adquirir datos**

La tecnología digital ha cambiado radicalmente la manera de hacer astrofotografía. Ya es parte de la historia el uso de placas fotográficas y de rollos de celuloide para la adquisición de los datos que requería horas de paciente seguimiento y posterior proceso. Ahora con las nuevas tecnologías al alcance del aficionado se pueden tener excelentes resultados, eso sí con dedicación.

Una vez seleccionado, enfocado y encuadrado el objeto se realizan múltiples subexposiciones que sumadas posteriormente optimizan los datos obtenidos, disminuyendo su vez el "ruido" proveniente de la contaminación lumínica y el seeing.

Para seleccionar el tiempo de las sub exposición se tiene en cuenta el objeto a fotografiar y la cantidad de contaminación lumínica presente. Es muy útil ver la experiencia de otros autores y personal, para esto es clave tener una bitácora de observación y fotografía; para reducir la contaminación de luz se deben buscar cielos oscuros, usar un filtro contra la contaminación y evitar que le caiga luz directa al tubo

## **Filtros**

Los filtros son útiles para bloquear luz de longitudes de onda específicas con lo que, por un lado resaltan características de los objetos vistos o fotografiados y por otro, se bloquean fuentes de luz no deseadas. Sobra decir que al adquirirlo deben ser de la más alta calidad posible (que los hace costosos).

Estos filtros solo dejan pasar una o muy pocas longitudes de onda específicas. Debido a que bloquean una gran cantidad de luz se recomienda utilizarlos con aperturas de 8" o mayores a bajos aumentos.

De manera general los filtros se dividen en tres tipos:

- Filtros de banda ancha
- Filtros de banda estrella
- Filtros de líneas espectrales

## **Filtros de banda ancha (Deep Sky, LPR, Sky Glow, Type 1, Broadband).**

Eliminan las longitudes correspondientes al vapor de Hg y Na (polución lumínica). Esto hace que el firmamento sea más oscuro incrementando el contraste del objeto observado. Esta característica los hace útiles en astrofotografía, porque permite dar más tiempo a las sub exposiciones. Se debe tener en cuenta, sin embargo, que también cortan luz emitida por las nebulosas, galaxias y cúmulos y que tienen pobre rendimiento para la observación visual.

Recomendado: *Hutech IDAS LPS-P2* (también bueno para visual)

## **Filtros de banda estrecha ("UHC" (Ultra High Contrast), Narrowband, Type\_2, Ultrablock )**

Eliminan todo el espectro visible dejando pasar algunas longitudes de onda específicas como las producidas en nebulosas de emisión y planetarias.

Las nebulosas emiten principalmente en las longitudes de onda del hidrógeno ionizado y por el oxígeno doblemente ionizado (OIII). Estos filtros dejan pasar la luz de estos elementos resaltándolos. Igual que con los filtros anteriores el brillo general de la imagen se habrá disminuido pero compensado por un aumento del contraste que permite ver detalles invisibles en la imagen no filtrada. Las imágenes estelares, que incluyen cúmulos y nebulosas de reflexión que reflejan la luz estelar, se ven seriamente afectadas por estos filtros así que su utilidad es específicamente para observar nebulosas de emisión (que emiten su propia luz al ionizarse por la luz ultravioleta).

Nota: se pueden realizar tomas con filtros de banda estrecha por ejemplo H alfa, OIII, Y SII para luego combinar las imágenes dándole a cada uno de ellos un color en el proceso por ejemplo rojo, verde y azul respectivamente.

Recomendado: *UHC* (Baader o Astronomik)

## **Filtros de líneas espectrales**

- Filtro H alfa. Especial para detalles del Sol y algunas nebulosas. Si es para uso solar requiere de un sistema de control térmico.
- Filtro H- b. Es muy específico y sus usos son muy limitados.
- Filtro Swann. Para cometas.
- Filtros L- RGB. Especialmente diseñados, para la fotografía de colores efectuadas en cuatro etapas que después se combinan en el postproceso. L elimina los infrarrojos y ultravioleta. RGB tomas independientes para cada una de las bandas. Hay autores que no usan filtro de color para la observación visual y prefieren los filtros Neodymium (Baader).
- Filtros "IR". Elimina el infrarrojo dejando solo el espectro de luz visible. Los sensores CCD son sensibles en el Infrarrojo. En las cámaras de color (DSRL, Web Cam) esto es una desventaja por que se obtienen imágenes desenfocadas e incluso los colores

son pobres, por esto el filtro rojo que incluyen debe ser retirado. Hay cámaras Canon que ya vienen con esta modificación, pero no hay necesidad de hacerlo a una DSRL no dedicada a astrofotografía por que la inutilizará para otros usos. A una cámara sin filtros uno IR-UV cut que aumentan la definición y los colores. El caso de las cámaras monocromas es diferente ya que lo que interesa es precisamente la parte infrarroja del espectro a las que son sensibles, se benefician entonces de un filtro IR pass.

- Filtros "UV" Elimina el ultravioleta dejando solo el espectro de luz visible

## Tipos de Imágenes

En astrofotografía no solo se toman las imágenes del objeto llamadas de aquí en adelante Light Frames sino otras imágenes de calibración:

- Imágenes Oscuras (Dark Frames)
- Imágenes de campo plano (Flat Field)
- Imágenes Bias (Bias Frames)

## Imagen del objeto (Light).

Son las imágenes del objeto en cuestión. Los parámetros de disparo que se deben tener en cuenta en las tomas son:

- Capacidad de captar luz
- Número ISO
- Tiempo de exposición
- Número de exposiciones

## Capacidad de captación de luz

He aquí una diferencia dependiendo del tipo de astrofotografía. En el caso de ser a foco primario esta capacidad está dada por el diámetro del lente o espejo del telescopio que no es modificable, excepto para reducirla con una máscara para fotos de objetos muy luminosos como el Sol. Ahora, para fotos usando el lente de la cámara, la apertura si es modificable al cambiar el numero f que determina la entrada de luz al sensor, en este caso se debe seleccionar la más alta posible (número f bajo).

Nota: el número f o relación focal en el telescopio no se refiere a luminosidad sino a tamaño de campo.

## ISO

El numero ISO que equivale a la antigua ASA de las películas se refiere a la sensibilidad del sensor. Su selección depende de la intensidad de la luz del objeto, de la contaminación de luz y el tiempo de exposición. Para zonas semirurales se usa un ISO

entre 400 - 800, si se usa filtro, entre 400 - 1600. El deterioro de la imagen (grano) entre ISO 100 y 400 es mínimo.

## **Tiempo de exposición**

Varía con la intensidad del objeto a fotografiar, de la luz ambiente y del ISO utilizado. Las primeras imágenes de larga exposición se toman con un tiempo de 30 segundos después de la cual se verifica el histograma, si los datos están a la izquierda le falta exposición y se debe aumentar el tiempo y/o ISO, lo contrario es cierto. Para objetos brillantes como la Luna la velocidad automática puede ser útil, para otros se prueba y ajusta.

Para tomas mayores a 30 segundos es importante determinar cuál es el mayor tiempo de seguimiento preciso de la montura, es decir cuánto tiempo se requiere para que haya movimiento en las estrellas por defectos de seguimiento. Se deben tomar muchas imágenes, entre 30 a 50, usualmente con tiempos cortos alrededor de 30 segundos (mejor 60 de 30 que 30 de 60).

## **Imágenes de calibración**

Las tomas Dark, Bias y Flat se hacen para calibración con el fin de reducir la mayor cantidad de ruido. Estas imágenes se le restan o sustraen a las Ligth Frames. Los resultados son aceptables al usar solo Dark Frames pero en algunas ocasiones han de usarse las otras.

### **Dark Frames.**

La corriente de oscuridad inherente a la electrónica se acumula con el tiempo y temperatura produciendo pixeles calientes que alteran las imágenes. El objetivo de los Dark Frames (DF) es capturar el ruido térmico y los pixeles calientes para restarlos de la imagen del objeto. Se toman con el objetivo tapado con los mismos parámetros de la toma de la imagen. Es importante adquirir varias que se promedian en una llamada Master Dark. Obtener mínimo 3 aunque algunos usan casi el mismo número que el de las Ligth Frames. Se puede hacer una biblioteca de Dark Frames especificando el tiempo de tomo e ISO para después usarlo en sesiones posteriores.

### **Bias Frames.**

Es el ruido de lectura se produce así las tomas sean de un tiempo de exposición 0" sin luz incidente. Se obtienen con el objetivo tapado en el menor tiempo de exposición posible, se hacen varias y se promedian obteniendo un Master Bias. Son necesarias si las Dark Frame no tienen los mismos parámetros que las Ligth Frame debido a que las DF contienen la información Bias

### **Flat Frames.**

Las diferencias de sensibilidad del sensor dan origen a defectos de aplanamiento del campo. Igualmente la suciedad en el sensor produce alteraciones en las imágenes (debe maximizar el cuidado el sensor). Los flat frames se toman para corregir las manchas producidas por polvo del sistema óptico y los problemas de viñeteo. Se toma una imagen a una superficie blanca uniformemente iluminada o al cielo al atardecer la cual debe ser corregida con Master Dark. Se debe mantener el mismo encuadre que el de la foto a corregir. No es necesaria si el viñeteo o el polvo en el sensor son mínimos.

## **Guardado de imágenes.**

Crear una carpeta para guardar allí las imágenes por objeto. Nombrar las Light, Dark, Bias y Flat, además de ir cambiando de nombre dependiendo del punto del proceso en que vayan. Siempre guardar los archivos originales (RAW). Para el siguiente proceso se pueden trabajar en RAW o pasarla a TIFF 16 bit linear,

## **Procesamiento de imágenes**

Una vez tomadas las imágenes del objeto de interés y las de calibración, se pasa al procesamiento de las imágenes. Aquí se revisan los pasos básicos de procesamiento pero es claro que el resultado dependerá del ojo y el gusto del observador.

Hay dos etapas en este proceso, a la primera la denominaré procesamiento básico y a la segunda avanzado: el primero se realiza con programas de procesamiento astronómico y el segundo con programas de procesamiento de imágenes.

### **Procesamiento Básico**

Existen programas que hacen este proceso de manera automática pero también se puede hacer con programas de procesamiento de imágenes. Dentro de los programas dedicados el más usado es el DeepSpaceStacker (DSS), pero también está IRIS, Nebulosity, Image Plus, Registack y Astrostack. Estos programas tienen los mismos principios de funcionamiento y algunos pueden ser más versátiles que otros, la selección dependerá de cada usuario, y su bolsillo, hay que probar sus versiones y elegir. Por ahora he escogido el DSS y Registax (este último para video cuando se usa una web cam).

Los siguientes pasos se incluyen en el procesamiento básico:

- Carga de imágenes
- Crear imágenes de calibración Master (Dark, Flat, Bias)
- Sustracción de imágenes de calibración (Dark, Flat, Bias) de las imágenes Light
- Alineación de las imágenes resultantes
- Apilamiento

### **DSS**

Por ser el programa más usado para esta tarea y además ser gratuito describiré aquí los pasos a seguir en el DeepSkyStacker (DSS).

Las imágenes tomadas deben revisarse para descartar las que tengan mayores artefactos o sean de mala calidad. La pantalla de inicio de DSS muestra a la izquierda un menú de opciones, la visualización de la imagen en el centro y debajo, la zona en donde se observan los archivos.

Las imágenes deben pasarse de RAW a TIFF 16 bits pues DSS no detecta estrellas en el primer formato esto se hace fácilmente y por lotes usando Digital Photo Professional de Canon. Primero se abren los archivos a procesar, la opción "Abrir archivos de imagen..." se usa para abrir las imágenes del objeto (Light Frames), si hemos tomado imágenes de calibración (archivos Dark, archivos Flat, archivos Dark Flat y archivos Offset), se abrirán usando la opción correspondiente. Con la opción Guardar lista de archivos se puede guardar los archivos seleccionados para después abrirlos con la opción abrir lista de archivos. Otra forma es arrastrar y soltar en la ventana de la aplicación los archivos en el sitio que les corresponda según el cuadro de dialogo que se muestra.

En la pantalla aparece una lista de las imágenes abiertas convenientemente marcadas según el tipo. Se seleccionan todas para comenzar el procesamiento (Seleccionar todo). Cada imagen tiene un menú contextual con varias opciones, una de ellas es "Utilizar como cuadro de referencia" que hace que el programa la tome de referencia para el proceso de alineación.

Cuando las imágenes en la lista aparecen muy oscuras se puede cambiar el brillo de la visualización con las barras de intensidad de la esquina superior derecha de la ventana principal del programa. Estos cambios no afectan los resultados del procesamiento.

El siguiente paso es registrar las imágenes "Registrar imágenes seleccionadas..." del menú. En el cuadro emergente se muestran las opciones de registro de las estrellas.

#### Acciones

"Apilar luego de registrar" debe estar marcado.

Porcentaje de imágenes integradas ("Seleccionar el mejor N% de las fotos y apilarlas"), depende del número de imágenes disponibles, sin son pocas o se han seleccionados previamente las de mejor calidad, lo mejor es dejarlo en 100% para usar todas las imágenes disponibles.

#### Avanzado

Umbral de detección de estrellas. Un porcentaje bajo buscará estrellas cada vez más pequeñas, que llevará a detectar un mayor número de ellas, un porcentaje alto hará lo opuesto. Por defecto el valor es 10% que en general es ideal, pero si se tienen muchas estrellas detectadas se debe ajustar y usando la opción "Calcular el número de estrellas detectadas" se puede ver cuantas estrellas se detectan con el porcentaje seleccionado.

En este menú hay dos opciones adicionales con submenús:

Parámetros de apilado. Allí se encuentran varias posibilidades:

Resultado. Se puede seleccionar la forma en que se dará el resultado final de la alineación y apilado.

Modo Estándar: limitado por la imagen de referencia es el más usado)

Modo Mosaico: El máximo posible, usando todas las imágenes.

Modo Intersección: incluye solo la intersección de todas las imágenes.

Rectángulo a medida: el resultado se dará en un rectángulo seleccionado por el usuario.

Light. En este apartado se configuran las opciones de apilamiento:

Promedio: se calcula el promedio de cada pixel (más usado)

Media: se utiliza la mediana de los valores de cada pixel. Es muy útil para eliminar artefactos como trazos de aviones, satélites o rayos cósmicos. Se necesitan al menos tres imágenes.

Entropy Weighted Average (alto rango dinámico): integra cada pixel conservando el mejor rango dinámico posible. Útil con imágenes de diferentes tiempos de exposición (o sensibilidades) y zonas que requieren un gran rango dinámico (como el núcleo y las periferias de una nebulosa brillante).

Recortado (clipping) Kappa-Sigma

Recortado (clipping) Media Kappa-Sigma

Auto Adaptive Weighted Average

Máximo

Dark. Parámetros de apilado de los Dark Frames (como la anterior)

Alineación.

Automático. Seleccionado automáticamente dependiendo de la cantidad de estrellas (por defecto)

Bilineal. Usado en todos los casos cuando hay menos de 25 estrellas

Bicuadrada. Se usa cuando hay entre 25 y 39 estrellas

Bicúbica. Cuando hay al menos 40 estrellas

Sin alineado.

Otros parámetros son archivos intermedios, cosméticos y salida no se tocan (en general).

Después de aceptar los parámetros seleccionados aparecerá una ventana que muestra un resumen de los procesos que se realizarán y algunos consejos del programa basado

en la cantidad de imágenes disponibles. Presionando el botón "OK" comenzará el proceso de calibración (si aplica), alineación e integración de las imágenes.

Una vez terminado el proceso DSS guarda la imagen en un archivo llamado Autosave.tif y muestra el número de imágenes apiladas y el tiempo total de exposición. Además aparece el histograma de la imagen.

La pestaña de procesamiento contiene los comandos y características pertinentes al post procesamiento. Me gustaría recalcar aquí que DeepSkyStacker sólo permite un tratamiento simple de procesamiento de la imagen resultante para poder ver rápidamente el resultado del proceso de apilado. El post procesamiento pesado debería llevarse a cabo con otro programa más especializado

## Photoshop

Photoshop tiene una herramienta para alinear capas automáticamente:

Archivo > secuencia de comandos > cargar archivos en pila

Comprobar alineación

Seleccionar capas

Edición > Alinear capas automáticamente. Las opciones son: autoperspectiva, cilíndrico, collage, esférico, si están desplazadas cambiar posición

## Videos : Castrator y Registax.

Las imágenes de planetas se toman en video con Web Cam para después extraer los cuadros individuales seleccionarlos, alinearlos y apilarlos. Para este proceso existen varios programas siendo el más usado Registax.

En los videos de planetas descartando Sol y Luna es útil cortar y centrar los vídeos. Usando un software como Castrator - <http://www.astrokraai.nl/castrator.php>. Este proceso se realiza automáticamente.

- Abrir el archivo
- Detección de planeta. Modifica la capacidad de detección del planeta, se marca show effect que adiciona una máscara que resalta el objeto.
- Tamaño de imagen. Cambia el tamaño del video resultante al utilizar los sliders.
- Output. Se puede escoger entre RGB24 y escala de grises.
- Process AVI(s). Genera un video como resultado que será el que se usará posteriormente con Registax.

Para realizar el proceso principal se tiene Registax el cual es gratuito.

Abrir archivo. Seleccionar Color si es un planeta o blanco y negro para la Luna. Queda marcada la pestaña Selección puntos de alineamiento, la casilla, mínima distancia entre, se deja en 10 para planetas "pequeños", para planetas más grandes como Júpiter 15 y para el Sol y la Luna 30 o 35. La mínima distancia desde el borde se puede dejar en 20.

La selección de intensidad para planetas u objetos que tengan manchas oscuras se deja en 3x3 o Lowest pixel, de resto en Default.

En este punto se puede poner como opción show Prefilter y marcar Normalize. Se presiona sobre Set Alignment Points. Usualmente para planetas pequeños como Marte se seleccionan 6, 30 para Saturno, 70 o 75 para Júpiter y 150 a 200 para el Sol y la Luna. Se pueden seleccionar puntos extras con el botón izquierdo y retirarlos con el botón derecho. No se deben poner en zonas oscuras o con poco contraste. Se presiona Aling. El paso siguiente es seleccionar el número de imágenes para apilar, hay cuatro opciones:

- Lowest quality. Se marca el sobre el cual se van a seleccionar la calidad de los cuadros.
- Best Frames. Apila los mejores cuadros. De acuerdo al número de cuadros se pondrá el porcentaje, si es alto (5000) un 50%, pero si es bajo (2000) un 80%.
- Frames / Apoint. Selecciona los mejores cuadros por punto de alineación, este método puede dar imágenes inadecuadas (con escamas).
- Best Frames. En esta opción se da un número fijo de imágenes para apilar.

En la parte bajo de la pantalla se ve el número de imágenes seleccionado. Se presiona en Limit.

En la ventana de apilado para el caso de Saturno dejaremos el tamaño de apilado por defecto y se marca Normalization of frame intensity y correct geometry.

Un punto muy importante es revisar la ventana de gráfica de apilamiento (show stackgraph). Está dividida en dos partes: una superior con la gráfica de ordenación por calidad de mejor a peor con un slider que permite quitar los peores cuadros. Mejor no tocar a no ser que la gráfica caiga en picado o tenga saltos extraños. La parte inferior muestra la diferencia de calidad de los cuadros por cada punto alineado. Los picos de la curva representan cuadros que tienen peor calidad en la zona del punto y se deben quitar con el slider. En el caso de imágenes de la Luna no es conveniente quitarlos si se han seleccionado muchos puntos de alineado.

Se presiona en Stack. El programa procesa las imágenes con los parámetros dados. Guardar la imagen en formato TIFF 16 bits

Se recomienda en general realizar el postproceso de la imagen en programas de manejo de imágenes especializado como Photoshop.

## **Startrails. Trazos estelares**

Este programa que es gratuito, esta específicamente diseñado para realizar preproceso de imágenes de trazos estelares. Realiza la sustracción de Dark Frames, alineación y apilamiento. No maneja formato RAW.

Su funcionamiento es sencillo: se cargan las imágenes Ligth y Dark estas últimas se pueden promediar en una imagen Master Dark para mejorar la reducción del ruido al

sustraerse automáticamente. Si hay imágenes que no quieran usarse se desmarcan. El resultado final se guarda en formato JPEG, TIFF o BMP.

## **Photoshop trazos estelares**

Abrir las imágenes, la primera quedará como fondo las otras se copian en esta como nuevas capas. Se seleccionan consecutivamente las capas exceptuando la primera y se cambia el modo de mezcla de Normal a Lighten, y finalmente se combinan las capas con el comando Layers > flatten.

## **Crear un mosaico.**

Cuando el tamaño angular de la zona no cabe en el sensor es posible hacer un mosaico con fotos tomadas en la misma región. Se recomienda tener 5 (resultado cada una del apilamiento de varias imágenes), la primera debe tener un motivo especial central y luego las demás se van tomando dejando este mismo motivo en cada ángulo de las cuatro fotos restantes cuidando que quede suficiente espacio para luego alinearlas. Las imágenes al juntarlas deben estar apiladas con el objeto central como guía. Una vez puesta la primera imagen se pone la imagen central y alrededor de ella las otras 4. Cada imagen deberá ser cortada, movida y rotada hasta que esté correctamente orientada. Estas imágenes deberán ser guardadas con nuevo nombre.

## **Procesamiento avanzado**

Photoshop es el programa de imágenes más usado, para astrofotografía. Desarrolladores independientes ofrecen paquetes como adicionales a Photoshop específicos como el de Noel Carboni ([http://actions.home.att.net/Astronomy\\_Tools.html](http://actions.home.att.net/Astronomy_Tools.html)). Sin embargo hay otros programas similares y pueden ser usados siguiendo los parámetros que se mostrarán adelante seguramente con algunos cambios en la disposición de los elementos del programa, estos tienen la ventaja que algunos son gratuitos como GIMP y Paint.Net.

El trabajo que a continuación se describirá se denomina pos procesamiento de imagen ya que se hará sobre una imagen que puede ser una toma única o con mayor frecuencia una que ha resultado de la alineación y apilado de múltiples imágenes realizado con el mismo Photoshop o con programas dedicados.

La imagen inicial se puede mostrar muy oscura o clara, que hace pensar que no hay mayores datos en ella, Sin embargo, ello no es así. Existe información muy valiosa contenida en esas imágenes. Dicha información está presente pero se encuentra desajustada.

Siempre es mejor trabajar en modo RGB el cual muestra ventajas como que tiene menos canales. Por lo tanto, el equipo usa menos memoria. Tiene una gama de colores más amplia que CMYK y es más probable que se mantengan más colores después de los ajustes.

En las nuevas versiones de Photoshop cuando se seleccionan los ajustes de imagen a partir del panel dinámico de ajuste, el programa automáticamente crea una capa de ajuste nueva y la imagen original no se altera, pero si se selecciona el ajuste desde el menú

imagen de la barra de tareas los cambios se realizan sobre la imagen. Esto último no es recomendable. En otros programas sin esta utilidad siempre deberá crearse una capa de ajuste.

Se deben ir guardando las imágenes en diferentes partes del proceso como reserva en caso de problemas

## **Pasar imagen a 16 Bits**

En el menú seleccionar imagen 16 Bits

## **Cortar borde oscuro**

Cortar el borde oscuro (si es necesario). Los bordes oscuros se producen cuando se ha alineado y apilado varias imágenes, estos pueden alterar la parte oscura del histograma y dificultan la consecución del black point (más adelante). Este borde oscuro se debe eliminar con la herramienta Crop. La forma fácil de hacerlo es realizando over-stretch en la imagen para verla mejor y entonces realizar el corte. En la parte baja de la paleta capas se encuentra el comando "adjustment layer" (el círculo con la mitad oscura, el uso de capas de ajuste permite realizar cambios sin degradar la imagen), al hacer clic aparece una ventana emergente en donde se selecciona Niveles creándose una capa nueva de ajuste, En el histograma de esta capa se desplaza el slider blanco a la izquierda hasta 40, con este cambio la imagen muestra un brillo excesivo lo cual es necesario para ver el borde oscuro, se aumenta la imagen al 100% y con la herramienta Crop se selecciona el borde oscuro y se corta.

## **Seleccionar puntos de referencia**

Continuando con la imagen over stretched se seleccionan dos puntos de muestra en la imagen. Esto se realiza con la herramienta gotero en la cual debe estar seleccionada la opción 5x5 average (ya que la herramienta debe cubrir un área de 5x5 píxeles). Luego, al hacer clic prolongado en la herramienta gotero aparece varias opciones de las cuales se selecciona Color Sampler Tool, con la herramienta se "toma" una muestra del cielo sin estrellas hacia la esquina superior izquierda y otra hacia la esquina inferior derecha. Estos puntos son muy importantes como referencia en pasos posteriores del proceso. Se pueden seleccionar hasta 4 puntos de ajuste, tres pueden ser muestras del fondo y uno para un punto blanco, usualmente una estrella. Se pueden mover los puntos seleccionados desplazándolos, o quitarlos arrastrándolos fuera de la imagen. La capa de ajuste se elimina sin que se alteren los puntos de muestra ni el corte del borde oscuro.

## **Paleta de información.**

En esta se encuentra la información sobre la imagen y los cambios que se realizan, por este motivo ayuda a realizar ajustes de manera muy precisa. Los números que contiene son los valores rojo, verde y azul de los píxeles de donde está el cursor, si está en un área oscura los números serán bajos y viceversa. Los números varían entre 0 para el negro y 255 para el blanco. Si se está en edición se muestra un número a la izquierda que

es el original y el de la derecha el resultante, si se quiere conocer el valor de un punto específico se selecciona la herramienta cuenta gotas y se pone encima de la zona a interrogar, el tamaño de la muestra puede ser de un pixel, 5x5, 11x11 etc. Los valores de los pixeles de los puntos de referencia se muestran en la parte baja paleta

## **Histograma.**

Es una representación de la distribución de los pixeles en la imagen. El eje vertical corresponde al número pixeles y el horizontal el brillo de los pixeles. En la parte derecha de la gráfica están los pixeles brillantes y en la parte izquierda los oscuros. Una imagen sin procesar tendrá la mayoría de los pixeles agrupados en un pico vertical (casi siempre en el lado oscuro). La línea que con frecuencia se extiende desde el pico oscuro hacia la derecha representa las estrellas. En la medida que la imagen es procesada la curva se expandirá a ambos lados de la gráfica. El histograma mide la distribución de los pixeles en un rango de valores que va de 0 a 255 para cada canal RGB (Rojo, Verde y Azul). El valor 0 (cero) corresponde a un color o gama completamente negra y se ubica a la izquierda, el valor 255 corresponde a la gama completamente blanca, y se ubica a la derecha. Una buena idea es abrir un histograma por cada canal usando el pequeño triángulo arriba a la derecha de la paleta y seleccionando vista de todos los canales. Se muestra una gráfica para los canales consolidados y por cada color individual. La presencia de desplazamiento de una curva sobre las otras nos indicara en que canal la foto está descalibrada.

## **Niveles - Optimizando el Rango Dinámico.**

Se entiende por Niveles el equilibrio entre los colores y la luminosidad de una imagen. Lo primero es determinar la gamma tonal global de la imagen definiendo los puntos negro y blanco con el histograma y la herramienta niveles. Para optimizar el rango dinámico de la imagen debemos llevar las zonas oscuras de la imagen a las zonas oscuras del rango del histograma y las zonas claras de la imagen al rango del histograma más claro. Este proceso suele redistribuir los píxeles de medios tonos de la forma apropiada. No obstante, puede que tenga que ajustar manualmente los medios tonos. En la corrección de negro se pone el slider a un nivel de manera que todos los pixeles por debajo de este punto quedan con valor 0, lo mismo ocurre con los blancos pero con valor 255. Si se mueve el regulador de tonos medios a la derecha toda la imagen se aclara y viceversa.

## **Punto negro (Calibrado de la zona oscura).**

Se abre la herramienta Niveles (CTRL+L). Crear capa de ajuste. Con la paleta de información visible, desplazar el slider oscuro hacia la derecha hasta que la paleta muestra unos números cercanos R: 30, G: 30, B: 30 sin llevarlos nunca llevar el punto negro a 0 ya que esto borraría información que se debe revelar, cuando están nivelados los 3 colores se obtiene un tono gris neutro. Otro método es manual: se desplaza el slide negro del lado izquierdo hasta el borde izquierdo de la curva exactamente donde inicia la campana, otros fotógrafos corrigen el punto negro tan solo un 75% del recorrido entre el borde y el inicio de la curva. Casi nunca se debe mover el slider de tonos medios. Esta tarea se hace en cada canal. No es conveniente utilizar todos los canales (RGB) ya que

desplazaría todos los canales a la vez y por igual. En caso que el histograma este completamente pegado al borde izquierdo por una excesiva presencia de pixeles oscuros una técnica es que con Niveles se corra el slider blanco un tercio a la izquierda y luego se apliquen curvas de manera intercalada y sucesiva el histograma se ira corriendo a la derecha. Los ajustes se pueden hacer para toda la imagen o una parte que se seleccione.

### **Punto blanco (calibrado de las zonas claras).**

El ajuste del punto blanco busca optimizar el rango dinámico para las gamas blancas alrededor de los 255. Para ajustarlo se selecciona Niveles (CTRL+L), desplaza el slider blanco hacia la izquierda y se verifica en el cuadro info para detenernos en 255 (este punto blanco de referencia se debió haber seleccionado en los pasos iniciales en una estrella blanca). También como en el caso anterior se puede hacer manualmente corriendo el slider hasta donde comienza la curva. Los tonos medios se ajustan automáticamente para mantener el balance de la imagen.

### **Definir el punto negro, gris y blanco con cuentagotas.**

La herramienta cuentagotas en los apartados Niveles y Curvas selecciona un color para el punto negro, gris y blanco. Haga clic en la herramienta Cuentagotas - Definir punto negro, gris o blanco, a continuación, haga clic en la parte de la imagen que actúe como muestra y automáticamente los pixeles de tono similares tomaran el color de muestra. Por lo general, asigne valores de componentes de color para obtener un gris neutro. Por ejemplo, asigne valores de rojo, verde y azul iguales (R128, B128, G128) para generar un gris neutro en una imagen RGB. Un punto negro deberá estar alrededor de R30 B30 G30 para los diferentes canales ya que el negro absoluto (R0 B0 G0) no existe. El blanco si puede quedar en 255.

### **Curvas.**

Se puede utilizar Curvas o Niveles para ajustar toda la gama tonal de una imagen, sin embargo, Curvas permite ajustar los puntos de toda la gama tonal de una imagen (desde las sombras hasta las iluminaciones). Niveles, en cambio, sólo dispone de tres ajustes (punto blanco, punto negro y gamma). Curvas también se utiliza para realizar ajustes exactos en los canales de color individuales de una imagen. Es el comando más flexible para ajustar la imagen.

En la gráfica de curvas el eje horizontal representa el valor de brillo original de los pixeles y el eje vertical el nuevo valor u output del pixel por eso en principio la línea es oblicua y recta por que el valor de entrada es el mismo que el de salida (imagen linear). Los valores oscuros están abajo a la izquierda, los medios en la mitad y los claros en la parte superior derecha. Si mueve un punto de la parte superior de la curva, ajusta las iluminaciones; si mueve un punto de la parte central de la curva, ajusta los medios tonos; y si mueve un punto de la parte inferior de la curva, ajusta las sombras.

Esta herramienta se utiliza para convertir la imagen de lineal a no lineal con lo que se resaltaran elementos interesantes de la imagen por que acentúa las tonalidades y atenúa las zonas no deseadas. Al mover la curva hacia arriba la imagen se resalta, hacia abajo se oscurece. A diferencia de Niveles, que trabajan en forma lineal, Curvas son también denominadas “non linear stretching” debido a que se doblan (bending) a medida que las vamos moviendo. Nuevamente se debe crear una capa de ajuste. Con el cursor se ponen cuatro puntos sobre la línea recta diagonal, por ejemplo dos puntos en el cuadrante inferior izquierdo y dos en el superior derecho, se desplaza hacia la izquierda (dando brillo) pero con más desplazamiento en la parte baja y de tonos medios y menos en la parte brillante. Si buscamos luminosidad es conveniente trabajar sobre el RGB. Si buscamos resaltar objetos con determinada tonalidad podemos trabajar por cada canal, esto último es lo más recomendable. Se debe monitorear el histograma y la paleta de información en la medida que se ajusten las curvas para no recortar las campanas ni desalinear los canales. Los cambios deben ser pequeños.

Una manera interesante de saber en dónde mover la curva es con la herramienta gotero pasarla por las zonas oscuras esto muestra un punto de la curva del histograma cuando esté en el sitio deseado se hace control clic para que el punto quede fijo en la curva, lo mismo se hace con el punto blanco de la imagen

Tipos de curvas:

- Logarítmica: resalta luminosidad o tonalidades.
- Exponencial: para llevar a negro el espacio. (inversa a la logarítmica)
- En “S”: aumenta el contraste de la imagen. Para crear una S se selecciona un punto en el centro de la línea (zona 128/128). Que quedará fijo la parte superior de la curva se desplaza a la izquierda y la inferior a la derecha.
- En “S” invertida: al revés de la anterior para sacar contraste

Existe la llamada curva mágica a la izquierda hay una elevación rápida de la curva para que aparezcan los objetos un segundo punto para disminuir la rata de ascenso, con un tercer punto se desvía la curva hacia un largo segmento recto.

El ajuste de punto negro y blanco con la herramienta Curvas se hace desplazando el extremo superior derecho a la izquierda (punto blanco) y el extremo inferior izquierdo (punto negro).

Siempre se debe revisar el histograma antes y después de cada cambio. Se conoce como clipping cuando se llevan los pixeles a los extremos blanco o negro. Una imagen sin este fenómeno muestra en el histograma una caída gradual en los extremos que se termina antes de llegar a ellos. Una imagen bien ajustada no muestra clipping. También lo contrario es malo porque no se aprovecha todo el rango.

## Definición de puntos blanco y negro con las herramientas de cuentagotas

- Haga clic en la herramienta Cuentagotas - Definir punto negro (gotero superior). En el Selector de color de Adobe, seleccione un valor cuyos valores de R, G y B sean idénticos. Para definir el valor como negro, establezca los valores R, G y B en 0.
- Con el cuentagotas, haga clic en una zona de la imagen que represente el punto negro o en el área con los menores valores tonales.
- Haga doble clic en la herramienta Cuentagotas para definir punto blanco y seleccione un color con valores de R, G y B idénticos.
- Haga clic en el área de la imagen con los valores tonales más luminosos para definir el punto blanco

## Remove gradient

Algo que se puede ir haciendo evidente durante el proceso de optimización de los rangos dinámicos y aplicación de curvas es la separación de los números de los puntos de referencia tomados inicialmente. Este gradiente se debe a que un lado de la imagen se vuelve más clara debido a contaminación lumínica natural o artificial o a la cercanía al horizonte.

Una forma de ver el gradiente presente es usando el comando Image > Adjustment > Threshold. Se debe desplazar el slider a la izquierda para ver el gradiente. Para quitar este defecto y hacer más homogéneo el fondo de la imagen se siguen los siguientes pasos:

- Hacer una copia de la imagen (Image > Duplicate) y en la copia
- Quitar las estrellas y objetos en el duplicado (Filter > Noise > Dust and Scratches). Moviendo el slider radius a 60 y dejando umbral en 0.
- Quitar el resto de estrellas y rastros brillantes con la herramienta Clone Stamp y Healing Brush Tool. Tomando como muestra un área oscura sin estrellas.
- Aplicar un filtro Gaussian Blur (Filter > Blur > Gaussian Blur) con una relación entre 0.3 y 0.5.
- También se puede primero borrar la imagen más brillante con clone stamp y luego aplicar gaussian blur
- Sustraer el resultado del original
- Activar la imagen original
- Aplicar imagen (Image > Apply Image). Asegurarse que la fuente de la imagen es el duplicado y el objetivo es la original. La capa debe ser Background, y el canal RGB, deseleccionar Invert, modo de mezcla debe ser Subtract, Opacidad 100%, escala 1, Mask no chequeada, Offset es 30 (El Offset es el punto negro del fondo).

- También se puede aplicar la imagen con diferencia como método de mezcla a alrededor de 80%.
- Flatten image

Ahora los puntos de referencia en la paleta de información deben mostrar un número alrededor de 30 en todos los canales porque el gradiente fue removido y el fondo es un gris neutro. Se borra la imagen usada de fondo y se guarda la imagen original.

## **Eliminar hot pixels persistentes**

Se pone un aumento de la imagen y se realiza una búsqueda cuidadosa de aquellos pixeles calientes (aparecen como pixeles rojos, verdes o azules) y con la herramienta clone stamp se eliminan cuidadosamente tratando de no perder ni adicionar estrellas

## **Nitidez (Sharpening)**

La operación más versátil para aumentar nitidez es Unsharp Masking, este proceso reduce el contraste de características grandes y deja la de las pequeñas sin cambio con lo cual al final estas son más prominentes esto se hace automáticamente en Photoshop.

Amount. Indica la cantidad de cambio en los bordes. Mover al gusto

Radius. Ancho de los halos que dan la sensación de nitidez dejar en 1 para no perder naturalidad

Threshold. Previene el efecto en cualquier detalle accidental. Si es muy alto no hay transiciones. Si muy bajo aplicará a cualquier cambio de tono (incluido el grano). Dejar en 0

Los filtros sharpening también aumentan la definición del ruido que pueda tener la imagen. Deconvolution es un tipo de filtro especial muy útil para imágenes con mucho ruido

## **Combinar capas para resaltar detalles**

Es el caso de una foto que una vez pre procesada e iniciado el post proceso para resaltar los detalles ocultos quedan detalles perdidos por exceso de luminosidad como el caso de los centros galácticos o de nebulosas.

Photoshop maneja dos tipos de máscaras, vectorial que crea una forma con borde definido y de recorte que permite el uso de una capa para enmascarar las que hay por encima. Es esta última que nos interesa en este proceso.

La imagen se duplica y se realiza en cada una un proceso diferente en una se resaltan las partes tenues y en la otra las partes brillantes.

Se abren las imágenes y se convierten en no bloqueada, se realiza duplicando la imagen. Una será el fondo, usualmente la procesada como tenue (el fondo de estrellas), y la otra tendrá la imagen brillante (el detalle)

La imagen del detalle se copia y se pega en la imagen principal o fondo como nueva capa.

Se verifica que las imágenes coincidan, en esto no debe haber problema pues será la misma imagen pero con procesados diferente.

Se oculta la imagen pegada (detalle) y se selecciona el fondo, con una herramienta de selección, se marca la zona a reemplazar.

Se activa la capa a pegar y se añade en ella una máscara de capa (tercer icono del menú capas).

Con la herramienta pincel y el color negro se pinta sobre la zona que se quiere dejar

Se afina los borde de la capa suavizando la transición y se aplica un poco de filtro gaussian blur

## **Aplicar curvas en zonas seleccionadas**

Este proceso como el anterior lleva a modificar zonas específicas por ejemplo deja sin cambios zonas brillantes para aumentar el brillo del resto de la misma sin afectar lo seleccionado

Primero se selecciona la herramienta Color Range en esta se selecciona lo que ha de quedar sin cambio con el slider fuzzines se mueve para ampliar la seleccionada. Se puede invertir de acuerdo al área que se quiera modificar con la herramienta curvas o niveles.

Guardar la imagen en formato de Photoshop.

## **Imprimir**

Sin duda alguna culminar toda esta labor teniendo a mano nuestro trabajo es muy gratificante y aunque los medios digitales son ahora la mejor forma de almacenar y manejar las imágenes, el placer de tener la fotografía impresa esta todavía presente.

Las imágenes finales deben ser optimizadas para la impresión, esta puede hacerse con impresoras caseras o en sitios especializados. Lo importante es realizar los cambios necesarios para obtener la mayor calidad de impresión posible en un tamaño adecuado para los objetos que se toman.

El tamaño de la imagen no se debe cambiar debido a que se pueden producir perdidas de datos, para imprimir una imagen que tenga un buen aspecto se debe optimizar la cantidad de pixeles por pulgada, ya que a mayor número de pixeles en la unidad de medida mayor resolución tendrá la foto. La recomendación más frecuente es tener una resolución entre 300 y 350 pixeles / pulgada (aunque me han recomendado que con 240 es suficiente). Cuando se cambia la resolución de la imagen esta "pierde" tamaño, así, una imagen que en 100 pixeles / pulgada tiene un tamaño de 100 cm con este cambio pasara a tener 35 cm.

Los pasos para realizar los ajustes que llevan a tener una imagen de buena resolución y que se pueda imprimir en un formato mayor (o menor al original) son:

- Abrir la imagen Tiff
- En Photoshop ir a tamaño de imagen
- Desactivar remuestreo
- Activar restringir proporciones
- Poner en resolución 360 pixeles/pulgada aunque mayor de 240 será suficiente
- Activar remuestreo
- Poner el tamaño deseado
- El algoritmo de remuestreo dependerá si se va a aumentar o disminuir el tamaño
- Una vez cambiado el tamaño se puede aplicar suavemente el filtro Unsharp Mask

Finalmente, me ha sido muy útil usar las acciones de Noel Carboni para mejorar los resultados. En Photoshop las acciones son secuencias de comandos que llevan a un resultado definido. Dentro de las citadas están (he traducido el manual):

- Construct RGB Image from Channel Files
- Synthesize Green Channel from Red and Blue
- Soft Color Gradient Removal
- Hard Color Gradient Removal
- Light Pollution Removal
- Light Pollution Removal Enhanced Flatten
- Select Brighter Stars
- Make Stars Smaller
- Less Crunchy More Fuzzy
- Space Noise Reduction
- Deep Space Noise Reduction
- Color Blotch Reduction
- Horizontal Banding Noise Reduction
- Vertical Banding Noise Reduction
- Fade Sharpen to Mostly Lighten
- Reduce Small Blue/Violet Halos
- Reduce Large Blue/Violet Halos
- Increase Star Color
- Local Contrast Enhancement
- Lighten Only DSO and Dimmer Stars
- Enhance DSO and Reduce Stars
- B&W -> Ha False Color
- B&W -> Ha False Color Black Space
- B&W -> OIII False Color
- B&W -> OIII False Color Black Space
- Star Diffraction Spikes Tiny Stars
- Star Diffraction Spikes Small Stars

- Star Diffraction Spikes Medium Stars
- Star Diffraction Spikes Fat Stars
- Negative B&W
- Astro Frame

FIN, Y BUENAS IMAGENES!!!!

Carlos Andres carvajal Tascon

[www.astrodidacta.org](http://www.astrodidacta.org)