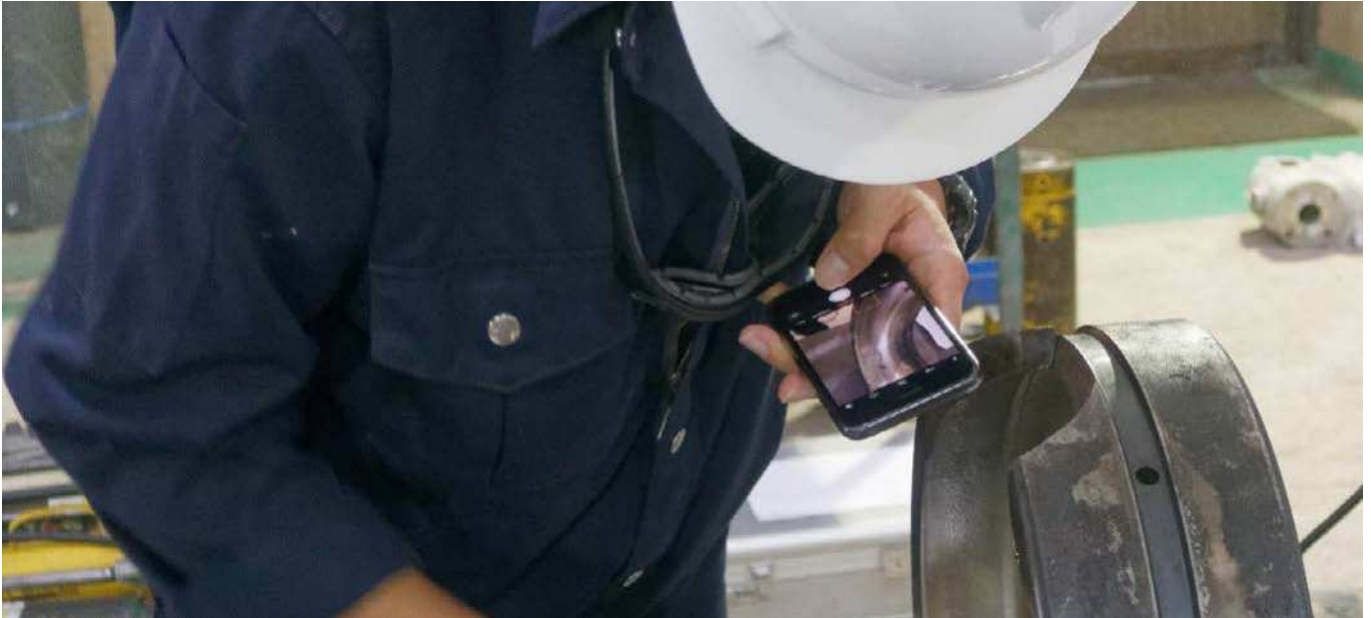


Prácticas SKF para Celulosa y Papel

Segmento Global Celulosa y Papel SKF | N.º 24 | Septiembre 2018



Cómo tomar buenas fotografías de rodamientos dañados

La presente edición de Prácticas para Celulosa y Papel se refiere a tomar fotografías de rodamientos dañados. A algunas personas les resultará extraño y se preguntarán el motivo.

Desde los primeros años del siglo XXI, ha habido un aumento constante en el intercambio de fotografías tomadas con cámaras digitales. Esto incluye fotografías de rodamientos dañados. En la década del noventa, un ingeniero de aplicaciones de SKF pasaba la mayor parte del tiempo viajando para reunirse con clientes y realizar inspecciones visuales, o le enviaban el rodamiento dañado. Hoy en día, la mayoría de las veces, recibimos primero las fotografías del rodamiento dañado. Como ingeniero de aplicaciones global, que asiste a colegas locales en caso necesario, recibo fotografías de todo el mundo. Lamentablemente, la comunicación es tan fácil y rápida, que puedo recibir un SMS a las 3 de la mañana con fotografías del otro

lado del mundo, en el que se solicita una respuesta lo antes posible. Esto es peor aún cuando la fotografía es de tan mala calidad que resulta imposible distinguir la grasa de una rotura en el camino de rodadura o en los elementos rodantes.

El hecho de que sea cada vez más habitual que las fotografías se tomen con teléfonos inteligentes o tabletas no ayuda en absoluto. En 2010, alrededor del 40% de las fotografías de todo el mundo se tomaron con teléfonos inteligentes; ahora, si incluimos las tabletas, la cifra se acerca al 90%. Este es un problema, porque los teléfonos inteligentes están diseñados para apuntar y disparar, son portátiles y tienen una calidad de imagen que es suficientemente buena para el 99,9% de los consumidores. En la foto de un paisaje, con mucha luz detrás del fotógrafo, es difícil ver la diferencia entre un teléfono inteligente de alta gama y una cámara profesional. Sin embargo, con poca luz, como puede ser el caso en un taller, la diferencia

entre la calidad de las imágenes es enorme. El problema aparece cuando hay poca luz. En esta edición de Prácticas para Celulosa y Papel, le ayudaremos a entender los problemas y le enseñaremos cómo evitarlos.



Atentamente,
Philippe Gachet
Ingeniero sénior de aplicaciones
Centro de competencia de aplicaciones de SKF

Cómo tomar buenas fotografías de rodamientos dañados

1. Introducción

El objetivo de este artículo no es que se convierta en un fotógrafo profesional. Solo está diseñado para ayudarlo a tomar fotografías suficientemente buenas de rodamientos dañados. Con la calidad suficiente para poder ver el daño con nitidez y encontrar pistas para el análisis de causa raíz de fallas (Root Cause Failure Analysis, RCFA). Suficientemente buenas para presentar informes u ofrecer capacitación.

Algunas de las fotografías que se muestran en este artículo deben verse en un tamaño mayor. Por ello, no dude en hacer zoom si no puede ver lo que describo acerca de la imagen.

El artículo se basa en la tecnología de las cámaras actuales. Hoy en día, la tecnología cambia rápidamente, pero los fundamentos de la fotografía no cambian mucho.

Esto es solo un recordatorio antes de comenzar. No se centre exclusivamente en el daño más importante. El daño más importante es, con frecuencia, un daño indirecto que "oculta" el daño inicial. Por ejemplo, las roturas importantes con fractura del aro han sustituido a la deformación de la superficie (microdescascarillado superficial) creada por una lubricación inadecuada.

Un rodamiento consta de dos aros (a veces más), elementos rodantes y jaulas (no siempre), no solo un único elemento que está dañado. Pueden encontrarse pistas en los otros elementos, en la historia del rodamiento y en las condiciones de funcionamiento. Por lo tanto, no olvide tomar fotografías de los otros elementos.



Fig. 1: los dispositivos que uso actualmente para tomar fotografías

¿Qué cámara utilizar?

Esta siempre es la primera pregunta que me hacen. Por eso la he puesto al principio de este documento.

Mi experiencia se basa en casi 30 años de tomar fotografías de rodamientos dañados con las cámaras y los teléfonos inteligentes que aparecen en la → **fig. 1**; algunos faltan, se han regalado o se han roto. Desde película fotográfica a cámaras SLR (réflex de un solo objetivo) digitales, pasando por diferentes cámaras compactas y un teléfono inteligente.

La primera conclusión de mi experiencia es que no es necesario tener una costosa cámara SLR con objetivo profesional. Por supuesto, es genial tenerlas, pero son costosas, voluminosas y pesadas.

Las cámaras compactas buenas pueden hacer el trabajo con la calidad de imagen suficiente. Son fáciles de transportar y nos ahorran la ansiedad de dañarlas en un taller o en el exterior. La mía es lo suficientemente pequeña para guardarla en el bolsillo del saco. No recomiendo ninguna marca, ni le voy a ofrecer la mejor opción de compra. El primer motivo es que cada año salen nuevos modelos, y mi recomendación quedaría rápidamente anticuada. El segundo motivo es que no todos tenemos las mismas prioridades y, puesto que ninguna cámara logra el mejor desempeño en todas las funciones, tiene que decantarse por la que más le convenga.

Sin embargo, voy a enumerar las especificaciones mínimas que recomiendo. Pero será al final de este artículo, porque es necesario entender primero las especificaciones.

2. Algunos conceptos básicos que debe conocer

Ruido

- Todos los dispositivos eléctricos o electrónicos crean ruido, que es una alteración no deseada en una señal eléctrica. La **fig. 2** muestra la imagen completa y las **→ fig. 3, 4 y 5**, solo una pequeña versión recortada. Son las mismas imágenes, pero con diferentes ajustes de la cámara.
- La **fig. 3** muestra una pequeña parte de una imagen en la que la señal eléctrica que contiene la información de la imagen es mucho mayor que el ruido. No se puede ver el ruido, y la imagen aparece nítida y con detalles.
- La **fig. 4** muestra una pequeña parte de una imagen en la que el ruido ha aumentado con respecto a la señal. La información sobre la intensidad de la luz y los colores de la imagen está alterada. Han disminuido los detalles y la nitidez.
- La **fig. 5** es la misma imagen que la **→ fig. 4**, pero se ha aplicado "reducción de ruido" para que la imagen completa se vea mejor para el consumidor medio. La reducción de ruido, por lo general, "suaviza" la imagen y se pierden los detalles.

En la pantalla de un teléfono inteligente, sin hacer zoom en la fotografía, las imágenes completas utilizadas para las **→ fig. 3, 4** y para la **→ fig. 5** son muy similares y tienen la misma calidad. Para apreciar las diferencias, es necesario hacer zoom o verlas en un monitor. Para las investigaciones de fallas de rodamientos, es posible que tenga que aumentar el tamaño de la imagen para ver detalles y encontrar pistas para un RCFA.

Cuando se toman fotografías de un rodamiento dañado, debe evitarse el ruido.



Fig. 2: gran rotura en una ranura profunda del aro interior de un rodamiento. Aplicación: motor industrial eléctrico



Fig. 3: sin reducción de ruido, ISO 125, velocidad de obturación 1/5 s

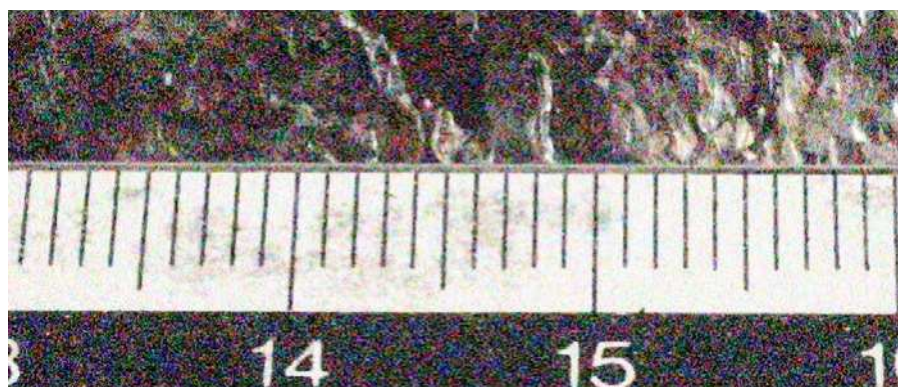


Fig. 4: sin reducción de ruido, ISO 12800, velocidad de obturación 1/500 s

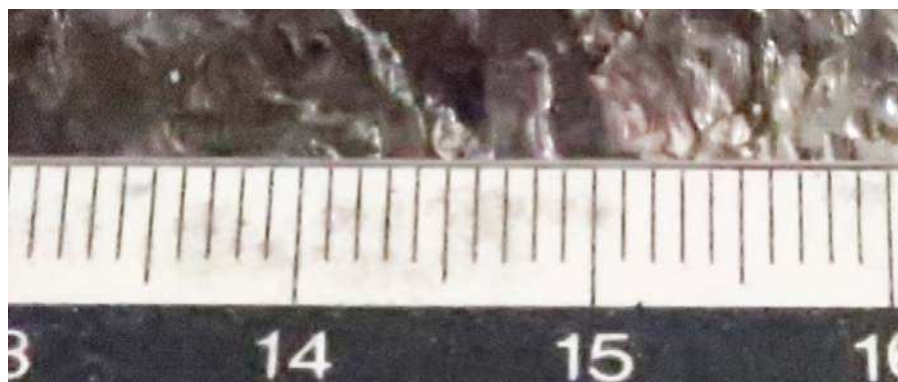


Fig. 5: máxima reducción de ruido, ISO 12800, velocidad de obturación 1/500 s

Sensor

El sensor es el elemento que capta la luz y la transforma en una señal eléctrica. El sensor utiliza varios millones de pequeñas celdas sensibles a la luz, también llamadas fotositos, que captan los fotones. Es muy similar a la retina del ojo humano.

Una cámara de 20 megapíxeles tiene un sensor que contiene muchas más celdas (fotositos) que una cámara con 10 megapíxeles.

Cuanto mayor sea el fotosito, más fotones podrá captar, y se podrá registrar más información sobre la intensidad de la luz. El sensor tendrá más capacidad para distinguir matices de colores. La señal también se verá menos afectada por el ruido electrónico. La densidad de fotositos, o en el lenguaje común de la fotografía, la densidad de píxeles, es el número de píxeles por unidad de superficie del sensor.

Mi teléfono inteligente (año 2014) tiene 8 megapíxeles en una superficie de sensor de 15 mm². La densidad es de 0,533 megapíxeles/mm².

Mi cámara SLR (réflex de un solo objetivo) (año 2015) con sensor de fotograma completo tiene 24 megapíxeles en 860 mm². La densidad es de 0,028 megapíxeles/mm².

Hay unos veinte fotositos más y mucho más pequeños, por unidad de superficie, en mi teléfono inteligente que en mi cámara SLR. Mi teléfono inteligente tendrá menos capacidad para distinguir matices de colores y la luz, y será mucho más sensible al ruido.

Tenga en cuenta que la densidad en la cámara compacta (año 2017) que utilizo para tomar fotografías de rodamientos dañados durante las visitas a mis clientes es de 0,17 megapíxeles/mm².

El consumidor medio ha adquirido la mala costumbre de pensar que cuanto mayor sea la cantidad de megapíxeles, mejor será la calidad de las fotografías, y se captarán más detalles, pero se olvida de la influencia del tamaño del sensor.



Fig. 7: cámara en ISO 125, el más bajo para esa cámara, en un trípode y con disparador automático

Exposición

"Exposición" es el acto de exponer el sensor a la luz.

La exposición correcta se da cuando la imagen, o el detalle que se considera importante, no es ni demasiado oscura ni demasiado brillante. La **fig. 6** muestra la exposición correcta en el medio, subexposición (demasiado oscura) a la izquierda y sobreexposición (demasiado brillante) a la derecha. Esto dependerá de la sensibilidad a la luz que tenga el sensor y de la cantidad de luz que llegue al sensor.

La exposición puede ser automática, la cámara decide, o podemos ajustar algunos parámetros para controlar la exposición. En el capítulo 8, se explica por qué debemos aprender a ajustar la exposición y no simplemente confiar en el programa de la cámara.

Número ISO

El número ISO se creó para dar una indicación de la sensibilidad a la luz que tiene una película fotográfica. Un ISO bajo (por ejemplo, ISO 100) significa baja sensibilidad, y un ISO alto (por ejemplo, ISO 3200) significa mayor sensibilidad a la luz; por lo tanto, se necesita menos luz para obtener la exposición correcta. El número ISO se ha mantenido en las cámaras digitales con el fin de proporcionar información sobre la sensibilidad a la luz que tiene el sensor, mediante una equivalencia con la sensibilidad de la película fotográfica, para que sea fácil de entender para los fotógrafos de la era predigital.

En las cámaras digitales, los sensores están diseñados para funcionar mejor en un número ISO, el número ISO más bajo. La **fig. 7** muestra una cámara ajustada con el número ISO más bajo. El aumento de la sensibilidad del sensor, lo que aumenta el número ISO, se logra amplificando la señal. El inconveniente es que amplificar la señal también amplifica el ruido. La **fig. 3** se tomó con un ISO 125, mientras que la **→ fig. 4** se tomó con un ISO 12800.



Fig. 6: la imagen del centro es la que tiene exposición correcta



Fig. 8: f/3,5 a la izquierda (bien abierto), f/22 a la derecha (lo más cerrado posible)

Velocidad de obturación

La velocidad de obturación es, para decirlo de manera simple, el tiempo que el sensor está expuesto a la luz.

Diafragma o apertura

La cantidad de luz captada por el sensor puede controlarse mediante el ajuste del tamaño del agujero que atraviesa la luz. Es parecido a la pupila del ojo humano, que es más amplia en la oscuridad y más estrecha cuando hay luz. La **fig. 8** muestra el objetivo de una cámara con el diafragma bien abierto (f/3,5) a la izquierda, y cerrado en su posición más pequeña a la derecha (f/22).

En la cámara, la información sobre la amplitud del agujero se especifica en f/N, como f/2,8, f/8, etc.; los principiantes suelen quedar perplejos cuando se enteran de que cuanto menor sea el valor de N, más amplio sea el agujero. Una apertura de f/2,8 permite que más luz alcance el sensor que la de f/8. Pero, de hecho, f es la distancia focal (véase a continuación), y la distancia focal se divide por un número para obtener el diámetro del agujero. Ejemplo: para una distancia focal de 50 mm, $50/2,8 = 17,85$ mm, que es mayor que $50/8 = 6,25$ mm.

Importante: los teléfonos inteligentes tienen solo un valor de apertura. No se puede ajustar el tamaño del "agujero". La exposición solamente se controla mediante el ajuste de la velocidad de obturación y el valor ISO.

Distancia focal

Para el consumidor medio que utiliza una cámara, la distancia focal no significa mucho. No sabe que al hacer zoom (agrandar un objeto de la fotografía) o reducir el zoom (tener más paisaje en la fotografía) se cambia la distancia focal. La distancia focal se especifica en mm, y es la distancia entre el objetivo y el sensor cuando el objeto está enfocado.

Hacer zoom aumenta la distancia focal.

Reducir el zoom reduce la distancia focal.

Las **fig. 9 y 10** son dos imágenes del mismo objeto, tomadas desde la misma distancia, pero con dos distancias focales diferentes. La **fig. 11** explica por qué la imagen parece más cercana.

No es un problema muy grave que la distancia focal afecte a la perspectiva y altere las formas (hace que una línea parezca una curva) al realizar un RCFA para un rodamiento dañado. Pero la distancia focal tiene un efecto importante sobre la profundidad de campo y la apertura; por lo tanto, se debe tener en cuenta cuando se toman fotografías de rodamientos dañados.

Importante: los teléfonos inteligentes, excepto los de primera calidad, tienen una distancia focal única. Cuando utiliza el zoom para tomar una fotografía más "cercana", el teléfono inteligente simplemente recorta la imagen entregada por el sensor. Al hacer zoom, reduce el número de píxeles en la imagen final. No obtiene una imagen final con un objeto más detallado al hacer zoom. La única manera de obtener un objeto más detallado, como los daños en la superficie del rodamiento, es reducir la distancia entre el daño y el teléfono inteligente. Muy pocos teléfonos inteligentes tienen zoom óptico.



Fig. 9: distancia focal, 60 mm



Fig. 10: distancia focal, 105 mm

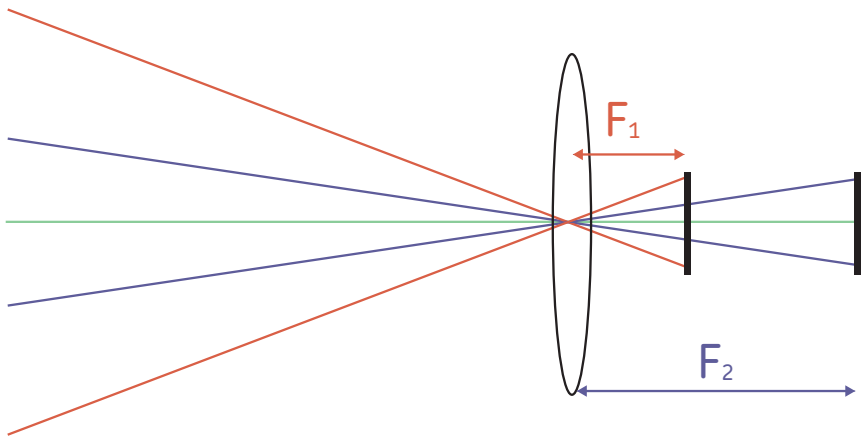


Fig. 11: el sensor colocado a una distancia focal de F_1 tendrá una visión más amplia de lo que está delante del objetivo que si el sensor se coloca a una distancia focal de F_2

Profundidad de campo

La profundidad de campo es una distancia dentro de la cual los objetos aparecen con una nitidez aceptable en una imagen. La **fig. 12** muestra una imagen con poca profundidad de campo, mientras que la **→ fig. 13** muestra la misma imagen con mucha profundidad de campo.

Es fundamental tener una buena profundidad de campo, que permita ver todos los daños y las posibles pistas sobre un rodamiento.

Para una cámara, la profundidad de campo depende de la distancia focal y la apertura.

Al aumentar la apertura (lo que disminuye el número f), disminuye la profundidad de campo, como se puede comprobar en las **→ fig. 12 y 13**. El motivo de esto se explica en la **→ fig. 14**, en la que un objeto (un punto) delante del objetivo está ligeramente fuera de foco con respecto al sensor. Si el diafragma está bien abierto, el punto generará un punto grande en el sensor. Si el diafragma está casi cerrado, el punto en el sensor será más pequeño y el ojo humano lo verá enfocado.

El aumento de la distancia focal disminuye la profundidad de campo. Las **fig. 9 y 10** anteriores muestran dos imágenes con dos distancias focales diferentes, pero con la misma apertura, que se fijó en $f/3,5$.

Tenga en cuenta que, en la mayoría de los teléfonos inteligentes, la apertura y la distancia focal son fijas. No obstante, la distancia focal es muy pequeña, lo que da una gran profundidad de campo. En mi teléfono inteligente, la distancia focal es de 3,9 mm, pero como el sensor es muy pequeño, en la imagen parece que tuviera un objetivo con distancia focal de 30 mm, como mi cámara SLR con sensor de fotograma completo.

Esto se explica en la **→ fig. 15**. Para ayudar a los consumidores, las especificaciones de la cámara también dan la distancia focal para una cámara como la equivalencia de un sensor de fotograma completo, 24 x 36 mm. En mi cámara compacta es de 10,2 a 30,6 mm, lo que equivale a 28 a 84 mm.



Fig. 12: objetivo de 105 mm, apertura en $f/3,5$



Fig. 13: objetivo de 105 mm, apertura $f/32$

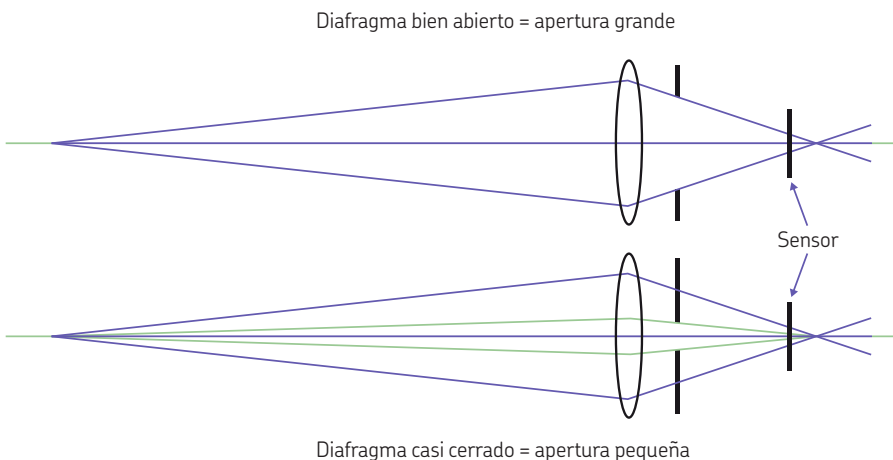


Fig. 14: influencia del diafragma (apertura) en el tamaño de la imagen de un punto fuera de foco

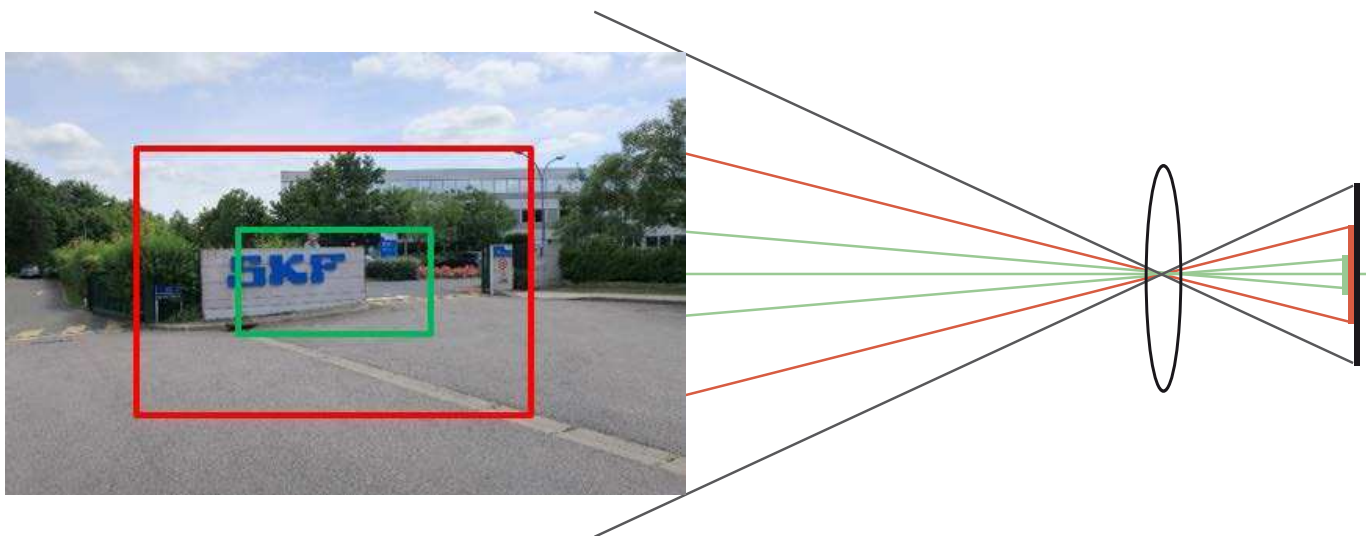


Fig. 15: con la misma distancia focal, un sensor más pequeño solo registra una porción más pequeña de la imagen, como si se hubiera hecho zoom

3. Se trata, entonces, de la luz y la capacidad del sensor de la cámara para distinguir diferencias sutiles en los colores

La luz es el factor más importante para la fotografía. Los artistas juegan con la luz o esperan el momento crucial, cuando la luz del sol da los mejores resultados, a menudo al amanecer, nunca al mediodía. Lo mismo sucede cuando se toman fotografías de los rodamientos dañados, sobre todo porque el acero puede ser altamente reflectante.

La **fig. 16** muestra el caso de una mitad del aro exterior de un rodamiento de rodillos a rótula que sufrió desgaste abrasivo. Colocado en una fuente de luz directa, en este caso el sol, la imagen no puede utilizarse para ver la condición de toda la superficie del camino de rodadura. En lugar del sol, la fuente de luz podría ser una lámpara en el taller o la oficina. Además, también se reflejan los objetos situados alrededor. Una solución, por ejemplo, es colocar el aro a la sombra para evitar fuentes de luz directa y añadir una hoja de papel blanco para evitar cualquier alteración de las reflexiones (→ **fig. 17**). Antiguamente, era muy común usar papel de calcar. Es un buen accesorio para difundir la luz, cuando se coloca entre la fuente de luz y el rodamiento. También puede colocar la mano o pedirle a alguien que se ubique entre la fuente de luz y el rodamiento, como se hizo en la → **fig. 18**.



Fig. 16: el acero del rodamiento es reflectante, entonces trate de ocultar la fuente de luz y los reflejos del entorno



Fig. 17: una hoja de papel blanco ayuda a evitar reflejos no deseados

La luz tiene que ser captada por el sensor, pero el sensor no es capaz de reproducir toda la escala lumínica, desde la oscuridad total hasta la luz brillante muy intensa que existe en la naturaleza. En la → **fig. 19** pueden verse dos bandas de matices de gris. La de la parte superior representa los matices de gris que se pueden encontrar en la naturaleza; la inferior muestra lo que puede entregar el sensor como respuesta. De hecho, el negro en la fotografía final es, en realidad, gris oscuro, y el blanco en la fotografía es, en realidad, gris claro. Según la configuración de exposición de la cámara o, en otras palabras, según el ISO, la apertura y la velocidad de obturación, la banda inferior se moverá hacia la izquierda o hacia la derecha. El ancho de la banda inferior se denomina rango dinámico. La **fig. 20** muestra dos imágenes. La superior tiene un gran rango dinámico; la inferior tiene un rango dinámico menor.

Importante para el análisis de daños de rodamientos:

- 1 La cámara debe ser capaz de captar y restaurar el rango dinámico más amplio posible. Como regla general, entre los sensores de la misma generación y tecnología, el que tiene menor densidad de píxeles tiene el rango dinámico más amplio.
- 2 La cámara debe ser capaz de ofrecer un archivo de imagen sin demasiada pérdida de información de lo que ofrece el sensor. Esto se explicará en el capítulo 12.



Fig. 18: imagen de la izquierda, la luz desde una ventana se reflejaba sobre el camino de rodadura del rodamiento. Imagen de la derecha, mi esposa se colocó entre el rodamiento y la ventana



Fig. 19



Fig. 20: la fotografía superior tiene un rango dinámico más amplio que la inferior; se pierden algunos detalles en la fotografía inferior



Fig. 21: modo totalmente automático, el icono de enfoque (esquinas del rectángulo blanco) pasa directamente al fondo en cuanto el rodamiento se aleja del centro de la pantalla

4. Evitar el desenfoque

Desenfoque debido a que la cámara está fuera de foco

Cuando no ajusta el enfoque manualmente, confía en el sistema de autoenfoque de la cámara. En algunos casos, el autoenfoque tiene dificultades o no es capaz de enfocar correctamente, o enfoca otro objeto. Los principales motivos de esto son:

- 1 El usuario confía por completo en el modo totalmente automático de la cámara.
- 2 No hay suficiente contraste en el objeto.
- 3 El usuario intenta tomar una imagen en primer plano, pero no ha activado el modo macro.
- 4 No hay suficiente luz.

El modo totalmente automático está diseñado, principalmente, para el uso del consumidor medio, como tomar fotos de amigos, familia o durante las vacaciones. Si una cámara moderna puede elegir donde enfocar, enfocará una persona, o los objetos que no estén ni demasiado lejos ni demasiado cerca, si hay varios objetos a diferentes distancias. La **fig. 21** muestra mi cámara, en modo totalmente automático, capaz de cambiar de enfoque normal a macro, pero queriendo enfocar la caja de SKF detrás del aro del rodamiento, cuando el punto focal debería ser el aro. Como la imagen en la pantalla de la cámara es pequeña, podría parecer que el aro está enfocado. Pero en un monitor de computadora, donde la imagen es mucho más grande, la caja estará enfocada y el aro aparecerá borroso. Tenga en cuenta que, mientras tomaba la imagen, si el rodamiento se encontraba más o menos centrado, con la caja en su mayor parte oculta, la cámara compacta había enfocado la designación del roda-

miento durante unos segundos, pero luego, repentinamente, enfocó los libros que estaban detrás.

Primera regla importante: no confíe en el modo totalmente automático de la cámara.

Seleccione los modos en los que usted elige el objeto que debe enfocar la cámara. Cuando una superficie tiene un solo color, como una carrocería limpia de un coche o el diámetro exterior de un rodamiento nuevo, la cámara tendrá dificultades para enfocar. La cantidad de luz también es importante. Si una superficie de un solo color tiene un pequeño rayón visible, que provoca una variación de color, la cámara tendrá la capacidad de enfocar o no el rayón según la cantidad de luz y la amplitud de la variación de color creada por el rayón.

Una manera de ayudar a la cámara es añadir un objeto delgado de un color diferente cerca de los daños en el rodamiento. De ese modo, la cámara enfocará el borde del objeto.



Fig. 22: una regla ayuda a enfocar y da una indicación de las dimensiones



Fig. 23: una tarjeta de visita puede aportar un fuerte contraste y ayudar a la cámara a enfocar

La **fig. 22** muestra una regla, que aporta un contraste gris negro, mientras que la **→ fig. 23** muestra una tarjeta de visita, que aporta un contraste blanco/gris, ambas en el camino de rodadura de un rodamiento con deformación superficial. La regla puede dejarse en esa posición cuando se toma la fotografía, para dar una idea del tamaño del daño. La tarjeta de visita puede retirarse antes de tomar la fotografía. En la mayoría de las cámaras, puede pulsar ligeramente el botón del obturador para permitir que la cámara enfoque sin tomar la fotografía. Una vez que la cámara ha enfocado, mantenga el botón del obturador en la misma posición, no mueva la cámara. Retire la tarjeta de visita y presione el obturador completamente para tomar la fotografía.

Desenfoque debido a los movimientos del fotógrafo con la cámara en mano

El desenfoque debido a los movimientos del fotógrafo se debe al hecho de que la velocidad de obturación es demasiado baja en relación con la

capacidad del fotógrafo para sostener la cámara quieta. Las cámaras en modo totalmente automático o en modo ISO Auto, así como todos los teléfonos inteligentes y tabletas aumentarán el ISO o activarán el flash integrado si la velocidad de obturación calculada se considera demasiado baja.

Esto también depende de la distancia focal utilizada. Cuanto mayor sea la distancia focal, mayor será la velocidad necesaria. Si tiene alguna experiencia en el uso de binoculares, sabe que una imagen con gran aumento es menos estable cuando sostiene los binoculares con la mano que cuando se tiene menos aumento. También depende del tamaño del sensor y de la cantidad de fotos. Con suerte, el estabilizador de imagen integrado de la cámara lo ayuda a utilizar velocidades de obturación más bajas sin desenfoque. Las viejas reglas para evitar el desenfoque, como que la velocidad mínima debe ser la inversa de la distancia focal (es decir, una distancia focal de 50 mm da una velocidad de obturación mínima de 1/50 s) son ahora obsoletas.

Se recomienda usar un trípode y un disparador automático; consulte el capítulo 11. Pero tomar

fotografías con la cámara en mano es mucho más rápido, por lo que recomiendo comprobar la velocidad de obturación más lenta que puede usar sin desenfoque. El procedimiento de comprobación es bastante sencillo y ofrece una buena estimación para las cámaras compactas modernas:

- 1 Tome un pedazo de papel que tenga texto impreso, como un periódico, y péguelo en la pared de una habitación sin demasiada luz.
- 2 La cantidad de luz debe ser suficiente para que pueda tomar varias fotografías, partiendo de 1/60 s y disminuyendo la velocidad del obturador en pasos hasta 1/8 s, con una exposición correcta, sin cambiar de número ISO, que se encuentra en el ajuste más bajo, y con la máxima distancia focal. Utilice el modo de prioridad de velocidad de obturación de su cámara. La apertura se elegirá automáticamente. La luz del entorno debe ser tal que la cámara permanezca en el rango de aperturas y de la misma exposición con 1/60 s y con 1/8 s.
- 3 Tome cinco fotografías del texto con 1/60 s, cinco con 1/30 s, cinco con 1/15 s y cinco con 1/8 s, sin apoyar los brazos ni otra parte del cuerpo en nada para que sea más difícil.
- 4 Puede repetirlo para distancias focales más bajas, pero los resultados con la máxima distancia focal le permitirán ir a lo seguro.
- 5 La velocidad de obturación con la que no aparezcan señales de desenfoque debido al movimiento de la cámara en ninguna de las cinco imágenes será su velocidad de obturación mínima para situaciones con cámara en mano.

Importante 1: para la misma persona, la velocidad de obturación mínima variará según la cámara.

Importante 2: las cámaras SLR y las cámaras semiprofesionales (bridge) pueden estar equipadas con un objetivo que tiene una distancia focal larga, y podría ser necesaria una mayor velocidad de obturación que 1/60 s.

Desenfoque debido a la cámara

Las cámaras SLR tienen un espejo que se mueve hacia arriba antes de que se abra el obturador para permitir que la luz llegue al sensor. Luego, vuelve a su posición y se mueve hacia abajo, una vez que se cierra el obturador. El espejo puede crear pequeñas vibraciones internas que generan desenfoque, incluso si la cámara se encuentra en un trípode pesado. Esto puede suceder cuando la velocidad de obturación se encuentra entre 1 s y 1/20 s. Si la imagen tiene que tomarse con estas velocidades, utilice la función de bloqueo de espejo (lea el manual del propietario...).

5. Evitar el ruido electrónico

Con el ruido electrónico, desaparecen los detalles que podrían dar una pista sobre la causa raíz del daño. Las fotografías de rodamientos dañados deben tomarse con la cámara fijada en su valor ISO más bajo. Según la cámara, pueden admitirse excepciones, ya que una pérdida de detalles puede considerarse aceptable hasta un cierto valor ISO.

Con mi cámara SLR, sé que puedo trabajar hasta con ISO 800.

Con mi cámara compacta, intento mantener el ISO por debajo de 250.

Con mi teléfono inteligente, simplemente evito usarlo.

Estos valores máximos de ISO los he fijado después de realizar algunas pruebas.

Para quienes solo tienen un teléfono inteligente y lo consideran suficiente, tengan en cuenta que, en general, la aplicación de cámara OEM no permite controlar la velocidad ni el ISO. Simplemente mantiene el valor ISO más bajo hasta que considera que la velocidad de obturación es demasiado baja para un usuario medio, y que existe riesgo de desenfoque debido al movimiento de la cámara. En la mayoría de los casos, no hay suficiente luz en los talleres, por lo que el valor ISO aumenta rápidamente sin previo aviso.

Las aplicaciones del mercado de accesorios como la que se muestra en la → **fig. 24** le permiten conocer el valor ISO y la velocidad de obturación que se utilizarán para tomar la fotografía (se muestran en el cuadro rojo de la izquierda) e incluso permiten establecer un valor ISO o un valor de velocidad de obturación (se muestran en el cuadro rojo a la derecha).

Si ajusta la cámara en el valor ISO más bajo en condiciones de poca luz, será necesario abrir el diafragma y/o disminuir la velocidad, con el riesgo de perder la profundidad de campo y/o tener desenfoque cuando se sujeta la cámara con la mano.

Es mejor utilizar un trípode para poder ajustar la cámara en el valor ISO más bajo y elegir la apertura que desee; de ese modo, la velocidad de obturación baja no será nunca más un problema.



Fig. 24: teléfono inteligente con aplicación del mercado de accesorios que ofrece información y control sobre el ISO y la velocidad de obturación

6. Aumentar la profundidad de campo

La profundidad de campo dependerá de lo siguiente:

- 1 La distancia focal: la profundidad de campo aumenta a medida que disminuye la distancia focal. Tenga en cuenta que los sensores pequeños darán la misma imagen que los sensores grandes, pero con una distancia focal más pequeña. Por lo tanto, a modo de atajo, los teléfonos inteligentes tienen una profundidad de campo mayor que las cámaras SLR con sensores de fotograma completo.
- 2 La apertura: la profundidad de campo aumenta a medida que disminuye el agujero creado por el diafragma (aumenta el número de la apertura).
- 3 La distancia entre la cámara y el objeto: la profundidad de campo aumenta a medida que aumenta la distancia.

Para obtener el máximo de detalles del daño de un rodamiento, tendemos a colocar la cámara lo más cerca posible de los daños y hacer zoom (aumentar la distancia focal), con lo que reducimos la profundidad de campo.

La única manera de tener una profundidad de campo aceptable, si es necesario, es cerrar el diafragma (aumentar el número de apertura), y esto por supuesto reducirá la cantidad de luz y obligará a reducir la velocidad de obturación. Recuerde que no queremos aumentar el número ISO.

En la mayoría de los casos, la recomendación sería usar un trípode y/o luz adicional.

Algunas personas podrían argumentar que los teléfonos inteligentes tienen una gran profundidad de campo, por lo que serían una buena opción en este caso. Pero, en mi opinión, son demasiado sensibles al ruido electrónico y no tienen un rango dinámico muy amplio.

Una tecnología interesante, que vi por primera vez en un microscopio electrónico y más recientemente en una cámara compacta, es tomar varias fotografías con diferentes puntos focales y luego combinar las partes nítidas de cada imagen en una única imagen. Compré una de esas cámaras este año.

7. Modo macro

Cuando se toman fotografías en primer plano, la cámara debe tener su autoenfoco ajustado en el modo macro. El modo macro es, por lo general, un ícono que se asemeja a una flor, → **fig. 25**. Pero esto no siempre es así. Mi segunda cámara compacta tiene como ícono un microscopio.

Una trampa al elegir una cámara es confiar en los folletos comerciales o comentarios que ofrecen solamente la distancia mínima de enfoque en modo macro sin ninguna otra información. Las cámaras que tienen la misma distancia mínima de enfoque en todo el rango focal son raras. En general, la distancia mínima de enfoque se da con la menor distancia focal. La mayoría de las cámaras, pero no todas, tienen una distancia mínima de enfoque que aumenta con la distancia focal. Mi segunda cámara compacta tiene la misma distancia mínima de enfoque en todo el rango focal.

Esto significa que, si quiere hacer zoom para que el objeto sea más grande en la pantalla, tiene que alejar la cámara del objeto para permitir que la cámara lo enfoque.

Con la cámara que se muestra en la → **fig. 25**, la distancia mínima es de 5 cm con la distancia focal mínima, lo que produce la fotografía de la → **fig. 26**. Hacer zoom hasta la distancia focal máxima significa colocar la cámara a una distancia de 35 cm, lo que produce la fotografía de la → **fig. 27**. ¡En este caso, la cara del rodillo es más grande en la fotografía sin zoom! En otras palabras, si quiere el máximo de detalles al poner la cámara tan cerca del objeto como sea posible, no debe hacer zoom, sino mantener la menor distancia focal. Esta no es una regla general.

Ajustar la cámara con distancia focal pequeña (gran angular) puede hacer que el borde de la imagen se vea borroso, aunque el centro tenga nitidez. Es lo que sucede con mis dos cámaras compactas. La **fig. 28** muestra el caso de una cámara y la → **fig. 29** muestra el caso de la segunda cámara, que tiene un modo macro mejor.



Fig. 25: modo macro (flor pequeña en la parte superior derecha), ISO 125, el más bajo para evitar el ruido en esta cámara, apertura cerca de su máximo para tener profundidad de campo máxima, disparador automático y trípode. Tenga en cuenta que la profundidad de campo es más pequeña en la pantalla de la cámara que en la fotografía final (fig. 26), porque la apertura está bien abierta durante el ajuste y solo se cerrará al presionar el botón del obturador



Fig. 26: distancia focal: 10,2 mm: distancia de enfoque 5 cm



Fig. 27: distancia focal: 30 mm: distancia de enfoque 35 cm



Fig. 28: cámara compacta 1: máximo primer plano, nítido en el centro, borroso en los bordes



Fig. 29: cámara compacta 2: máximo primer plano, modo normal, nítido en el centro, desenfocado en los bordes



Fig. 30



Fig. 31

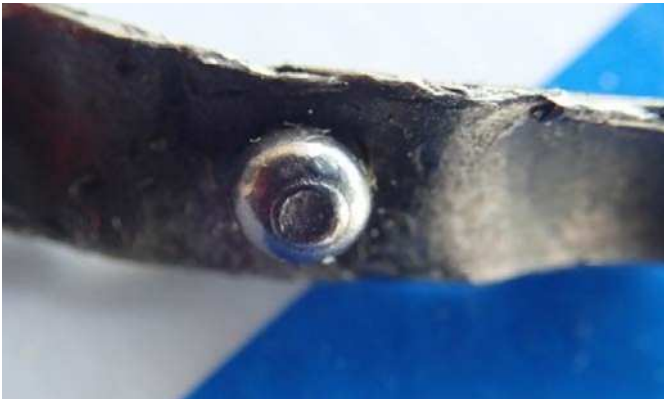


Fig. 32: fotografía tomada con una sola imagen, la profundidad de campo es corta



Fig. 33: imagen creada mediante la combinación de diferentes imágenes con distancias de enfoque diferentes

El aumento de la distancia focal disminuye la deformación óptica, pero, a menos que tenga objetivos profesionales costosos en una cámara SLR, la apertura se reduce, por lo que, para el mismo valor ISO, debe disminuirse la velocidad de obturación para obtener la misma exposición. Mi recomendación es utilizar un trípode y aumentar la distancia focal un poco; no hay necesidad de utilizar la distancia focal máxima.

Tomar fotografías con un primer plano extremo da muy poca profundidad de campo.

La **fig. 30** muestra un pedazo de una jaula que proviene de un rodamiento rígido de bolas, tomada con mi cámara 1, que tiene un "modo macro pobre". El pedazo de jaula no muestra desenfoque. Pero, con mi segunda cámara "2", que tiene un modo macro bueno, solo la cabeza del remache tiene nitidez (**→ fig. 31**), incluso con el diafragma cerrado al máximo.

Una manera de evitar el desenfoque en los primeros planos es tomar varias fotografías con distancias de enfoque diferentes y dejar que un software combine las imágenes, manteniendo únicamente la parte nítida de cada una.

La **fig. 32** es una imagen tomada con una sola fotografía, la profundidad de campo es corta.

La **fig. 33** es una imagen compuesta de varias fotografías combinadas. Las imágenes se combinan mediante el software interno de la cámara.

¿Es necesario el modo macro con los primeros planos excepcionales?

Para los rodamientos dañados, en más del 95% de los casos (mi estimación), la respuesta es no. Por lo demás, con algunas excepciones, no son los desempeños excepcionales del modo macro de la cámara los que ayudarán, sino los microscopios electrónicos. Esta es mi humilde opinión, y ya puedo escuchar a algún colega que no estará de acuerdo.

Veamos un ejemplo, la rotura de un rodamiento toroidal CARB, aplicación de cilindro secador de una máquina papelera, camino de rodadura del aro exterior. El aro se utiliza como objeto en varias fotografías de este documento. Queremos centrarnos en una parte de la rotura que puede dar una pista sobre la causa raíz del daño.

La cámara 1, con modo macro pobre, ofrece su máximo primer plano como se muestra en la → **fig. 34**. Como la cámara 2 tiene un mejor modo macro, es posible obtener la parte de la rotura en la que nos queremos centrar como la fotografía completa, → **fig. 35**.

Tenga en cuenta que la → **fig. 35** es una imagen creada mediante la combinación de varias fotografías, para tener una buena profundidad de campo. Lamentablemente, el resultado es solo un archivo jpeg, por lo que no se pudo corregir el balance de blancos.

La **fig. 35** parece grande, y lo es, ya que muestra claramente cómo la fatiga subsuperficial se desarrolló axialmente y no en la dirección de giro, como en la fatiga normal por contacto de rodadura.

Pero, si hace zoom en la → **fig. 34**, la fotografía de la cámara 1 con modo macro pobre, y recorta la imagen, llega a las mismas conclusiones que con la → **fig. 35**. Véase la → **fig. 36**. La cámara con modo macro pobre solo necesita tener suficientes megapíxeles.



Fig. 34: máximo primer plano con la cámara 1

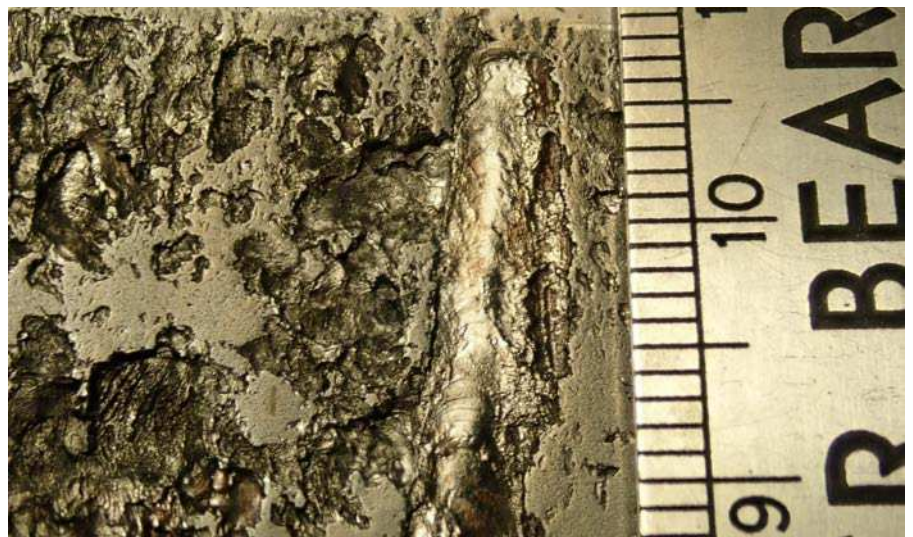


Fig. 35

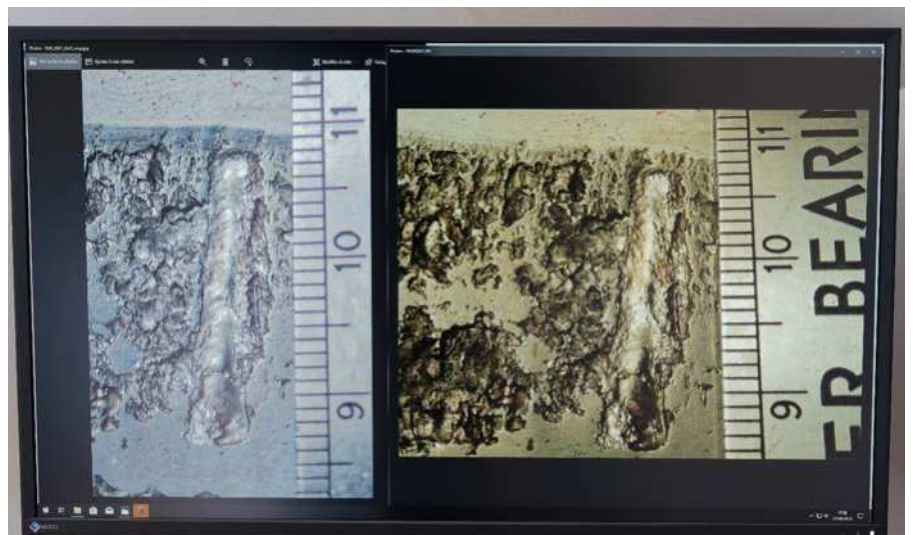


Fig. 36: la fig. 35 a la derecha, la versión de la fig. 34 recortada a la izquierda

8. Exposición: las trampas del modo totalmente automático

La exposición, que es la opción de apertura y velocidad de obturación para un número ISO determinado de la cámara, se establece para dar un tono promedio o un brillo promedio si la fotografía fuera en blanco y negro.

Tomar una fotografía de la nieve en modo totalmente automático hará que la nieve aparezca de un color gris promedio en la fotografía. Tomar una fotografía de una pared negra con el mismo modo dará una pared de color gris, no negro.

Aquí podemos ver dos fotografías del aro de un rodamiento, de color brillante, y un anillo en V, de color oscuro. Las dos imágenes se tomaron con la exposición en modo automático.

Fig. 37, el fondo es un pedazo de papel blanco. Como el fondo blanco cubre la mayor parte de la imagen, la imagen final será más oscura que en la realidad, el papel se ve de color gris claro, no blanco. El anillo en V, que es oscuro, aparece más oscuro, y las marcas son más difíciles de leer.

Fig. 38, el fondo es tisú negro. Como el fondo negro cubre la mayor parte de la imagen, la imagen final será más brillante que en la realidad, el tisú se ve de color gris oscuro, no negro. El anillo en V, que es oscuro, es más brillante, y todas las marcas son fáciles de leer, mientras que la superficie del aro es demasiado brillante y se pierde información.

En conclusión, si no quiere ajustar la exposición manualmente ni tomarse el tiempo para modificar su imagen posteriormente, es decir, que solo quieren apuntar y disparar en modo totalmente automático, siga esta regla:

Los objetos oscuros deben estar sobre un fondo oscuro si el fondo cubre la mayor parte de la imagen.

Los objetos brillantes deben estar sobre un fondo brillante si el fondo cubre la mayor parte de la imagen.

Es importante tener la exposición correcta para los daños, con el fin de proporcionar una pista de la causa raíz.

No siempre se puede tomar una fotografía con macro que muestre únicamente el daño en la imagen. Con frecuencia, tendrá que tomar una foto con el entorno, como las → **fig. 26 y 27**, y luego hacer zoom para obtener la imagen final. Si hubiera confiado únicamente en la exposición automática, la cara del rodillo sería demasiado oscura porque el entorno es bastante brillante.



Fig. 37



Fig. 38

Existen tres posibles soluciones, y son:

- modificar el ajuste de exposición de la cámara
- modificar el ajuste del modo de exposición de la cámara
- modificar la imagen en la computadora. En este último caso, la exposición no debe ser demasiado diferente entre la fotografía tomada por la cámara y la que debe dar una visión clara de los daños. Puede ver una explicación más completa en el capítulo 12.

Con mi cámara compacta, es más rápido cambiar el ajuste de exposición para subexponer o sobreexponer la fotografía. Pero, con frecuencia, realizo un ajuste final en la computadora.

En mi cámara SLR, cambiar el ajuste (ISO, velocidad, apertura, modo de enfoque, modo de exposición, etc.) es bastante rápido, y no hay necesidad de pasar a un menú o mirar la pantalla posterior. Con más frecuencia, cambiaría el modo de exposición, para pasar de la medición de exposición de imagen completa, a la medición central o puntual, donde la exposición se calcula solo para el detalle que quiero enfocar.

9. Uso del flash integrado de la cámara

Regla principal: no utilice el flash integrado de la cámara sobre un rodamiento, porque el acero reflejará la luz.

Excepción: si hay una fuente de luz muy intensa, como el sol (→ **fig. 39**), y la parte que desea mostrar se encuentra en la sombra:

- ajuste la cámara para exponer correctamente la parte que está en la sombra, lo que sobreexpondrá la parte iluminada por el sol
- o utilice el flash para eliminar la sombra (→ **fig. 40**)

Tenga en cuenta que nunca he probado la iluminación anular, que es una opción en mi cámara 2 con modo macro bueno. Es una opción interesante para tomar macros con la cámara muy cerca del objeto, porque la cámara oculta la luz del entorno. No sé cómo se refleja la luz en el acero del rodamiento. Tengo que comprar una y probarla.



Fig. 39: aro del rodamiento en el sol, rotura en la sombra



Fig. 40: la misma imagen de la fig. 39, pero con el uso del flash



Fig. 41



Fig. 42

10. Comprobar la calidad de la imagen

Como la pantalla de la cámara es pequeña, pueden parecer enfocadas (nítidas) algunas partes de la imagen que están fuera de foco (borrosas). Si la luz ambiental es demasiado brillante, será más difícil ver si la imagen está enfocada o no.

Ya frente a la computadora, con la imagen en tamaño completo, descubre que los detalles que quería mostrar están fuera de foco.

Acostúmbrase a mirar siempre las fotografías que ha tomado. Haga zoom en la imagen para comprobar la calidad, la → **fig. 41** muestra la imagen completa en la cámara después de haberla tomado, la → **fig. 42** muestra que hacer zoom en la imagen ayuda a comprobar su calidad (sin desenfoque).

Tenga en cuenta que la imagen en la pantalla trasera de la cámara es una copia de baja calidad de la imagen final. Con el tiempo, será capaz de estimar si una imagen realmente tiene un pequeño desenfoque o si es solo la baja calidad de la copia en la pantalla. En caso de duda, tome otra foto, y compruebe minuciosamente el enfoque y la velocidad de obturación.

11. Su mejor amigo es un trípode

Utilice un trípode para poder reducir la velocidad de obturación y mantener un ISO bajo, incluso en condiciones de poca luz. También existen trípodes para teléfonos inteligentes.

La **fig. 43** muestra a mi colega que toma una fotografía sosteniendo su teléfono inteligente con la mano. Para evitar el desenfoque, ya que no había suficiente luz, el teléfono inteligente aumentó automáticamente el número ISO, lo que creó ruido. La reducción del ruido "suavizó" la imagen final.

La **fig. 44** muestra mi cámara en su trípode articulado, manteniendo su número ISO más bajo y una velocidad de obturación de 0,3 s. La imagen final es nítida, sin ruido ni suavizado.

Si no hay trípode, y existe riesgo de desenfoque debido al movimiento de la cámara, si es posible, trate de colocar la cámara o el teléfono inteligente en una posición fija delante del objeto.

La **fig. 45** muestra el teléfono inteligente apoyado de manera estable, ajustado en su ISO más bajo, que es ISO 32, con el disparador automático en funcionamiento.

Cuando la cámara está en un trípode o sobre otro soporte, utilice siempre el disparador automático, para cinco o más segundos, con el fin de evitar cualquier movimiento de la cámara o desenfoque cuando se presiona el botón del obturador. Por lo general, ajusto el disparador automático para 10 s; de ese modo, si la cámara se mueve después de pulsar el botón del obturador, todavía tengo tiempo suficiente para corregir su posición antes de que se tome la fotografía.



Fig. 43



Fig. 44



Fig. 45



Fig. 46



Fig. 47



Fig. 48: si no ve ninguna diferencia entre las dos imágenes, ¡aumente el tamaño del documento!

12. ¿Por qué utilizar RAW en lugar de jpeg?

Hace 11 años tuve un problema con un objetivo en mi SLR; a partir de entonces, siempre tomo fotografías en formato RAW. El diafragma quedó abierto atascado, lo que provocó sobreexposición. Por suerte, conseguí salvar la imagen, algo que pensaba que nunca sería capaz de hacer. La **fig. 46** era la imagen sobreexpuesta original, la **→ fig. 47** es la imagen después del rescate con un software especial. Si se hubiera tratado de un archivo jpeg, no habría sido capaz de salvar la imagen.

RAW es un archivo de imagen sin modificaciones o con modificaciones mínimas, directamente desde el sensor. El archivo RAW es como el negativo de una película fotográfica.

Un jpeg es un archivo de imagen, que el sensor de la cámara ha transformado internamente y comprimido. Un jpeg es como la foto en papel, generada por un laboratorio a partir del negativo.

Hay una diferencia principal, que es importante a la hora de tomar fotografías de rodamientos dañados, y que es el número de bits de los archivos. En informática, un bit es un 0 o un 1. Un sensor recibe la luz y la transforma en información compuesta por ceros y unos. Si la información que entrega cada fotosito se codifica como un solo bit, la información solo puede ser un 0 o un 1, es decir, tan solo dos tonos como blanco y negro. Si hay dos bits, la información puede ser 00, 01, 10 u 11; por lo tanto, cuatro tonos como negro, gris oscuro, gris claro y blanco.

Los archivos jpeg de la cámara o de los teléfonos inteligentes se codifican en 8 bits; por lo tanto, hay hasta 256 tonos posibles.

Las cámaras pueden ofrecer imágenes jpeg de diferentes calidades. Se puede elegir el tamaño de la imagen final y su compresión. Por defecto, la cámara ofrece generalmente un jpeg de buena calidad con compresión baja, y si la imagen es para el análisis de daños, debe permanecer en

alta calidad con compresión mínima porque hay menos pérdida de información.

Tenga en cuenta que un jpeg ya es un archivo comprimido, incluso en su configuración de máxima calidad.

Los archivos RAW se pueden codificar en 12 bits, 14 bits o incluso más, según la cámara. Mi cámara compacta ofrece un archivo RAW de 14 bits; por lo tanto, hay hasta 16 384 tonos posibles por fotosito. Un archivo RAW contiene mucha más información y tiene mayor capacidad de distinguir dos colores muy similares en el espectro gris.

Básicamente, si un paisaje tiene dos piedras, una al lado de la otra, con colores muy similares, el archivo RAW registrará los dos colores diferentes, por lo que puede verse que hay dos piedras en la imagen final. El archivo jpeg registra los dos colores como el mismo color, por lo que no se podrá ver que hay dos piedras. Cuanto más se comprime el jpeg, menor es la capacidad para distinguir entre dos colores similares, que se consideran como uno solo. La **→ fig. 48** muestra qué

sucede cuando se comprime un archivo de imagen. A la izquierda está el jpeg de buena calidad, de 396 kB. A la derecha, la misma imagen comprimida para que ocupe solo 40 kB. Los píxeles entre el 6 y el 3, y entre el 9 y el 12, tienen colores muy similares y, una vez comprimida, la información se pierde.

Un archivo RAW presenta inconvenientes: los archivos RAW son archivos bastante pesados. Las fotografías tomadas con mi cámara compacta para ilustrar esta edición de *Prácticas para Celulosa y Papel* tienen entre 25 y 40 MB cada una.

Los archivos RAW necesitan un software especial para leerse. Cada OEM de cámaras, con algunas excepciones, tiene su propio tipo de archivo RAW. Los colegas, proveedores o clientes no pueden leer los archivos RAW si no tienen el software adecuado. Se necesita tiempo adicional, después de tomar una imagen para transformarla en una fotografía/archivo jpeg que todo el mundo pueda leer/ver.

Si el objeto o el daño se expone correctamente al tomar la fotografía, realmente no es necesario un archivo RAW. Utilizo archivos RAW, siempre que sea posible, porque quiero poder cambiar luego la exposición.

En algunos casos, subexpongo a propósito, cuando tomo la fotografía con la cámara en mano, para poder usar una velocidad de obturación mayor y evitar el desenfoque. Por ejemplo, cuando veo que ya estoy en ISO 300 con mi cámara compacta y tiene una velocidad de obturación de 1/8 s. Sé que voy a obtener una imagen borrosa, porque 1/8 s es demasiado lento para mí. Al reducir la exposición, puedo mover en el rango de velocidad a uno en el que me sienta cómodo, como 1/30 s. La imagen es oscura, pero una vez que tenga el archivo de imagen en mi computadora, podré cambiar la exposición.

La **fig. 49** muestra la imagen con la exposición usada en el momento de tomar la fotografía.

La **fig. 50** es el resultado de la modificación de la exposición a partir del archivo RAW.

La **fig. 51** es el resultado de la modificación de la exposición a partir del archivo jpeg.



Fig. 49: imagen subexpuesta a propósito para aumentar la velocidad de obturación y evitar el desenfoque



Fig. 50: la fig. 49 con aumento de la exposición, a partir de un archivo RAW



Fig. 51: la fig. 49 con aumento de la exposición a partir de un archivo jpeg: debido a la menor información, se reduce el rango dinámico en comparación con la fig. 50; con esta nueva exposición, se pierden detalles en las zonas brillantes



Fig. 52: la imagen de la izquierda es la imagen original de la parte inferior de un digestor en una planta de celulosa, con luz naranja de la iluminación artificial. En la imagen de la derecha, el balance de blancos se ajusta mediante el papel blanco situado en la parte inferior derecha

13. Balance de blancos

El ajuste del balance de blancos devuelve el color real del objeto, como si fuese con luz diurna normal. Una fotografía tomada a la sombra tiende a ser más azul que en la realidad. Una fotografía tomada cerca de una vela se verá más naranja que en la realidad. Por realidad, me refiero a lo que ve nuestro cerebro. Nuestro cerebro hace un ajuste del balance de blancos. Si se concentra, podrá ver los cambios de color según la fuente de luz (sol directo, sol indirecto, etc.).

Cuando se toman fotografías de rodamientos dañados, no siempre es necesario tener en cuenta el balance de blancos. Podría ser interesante cuando, por ejemplo, se toman fotografías de un rodamiento lubricado con grasa, donde el color de la grasa podría dar una pista. Los modos automáticos de balance de blancos funcionan muy bien en las cámaras modernas, pero cometen errores, especialmente con iluminación artificial, según el objeto.

Siempre dejo mi cámara con el ajuste automático del balance de blancos; luego lo corrijo en la computadora. Debe usar archivos RAW, no jpeg. No voy a explicar cómo ajustarlo utilizando elementos de la imagen que tienen color neutro (un pedazo de papel blanco, el acero de un rodamiento limpio), pero voy a mostrar un ejemplo, → **fig. 52**.

Tenga en cuenta que casi todos los monitores de computadoras para oficina y de uso familiar se ajustan para que tengan mucho brillo y mucho azul. Para ver los colores reales, debe ajustar la configuración de color del monitor.



Fig. 53

14. Especificaciones mínimas de la cámara

Los teléfonos inteligentes tienen una gran profundidad de campo, y casi todo el mundo tiene uno. Pero el sensor es demasiado sensible al ruido y tiene un rango dinámico limitado. No recomiendo confiar en los teléfonos inteligentes.

Las cámaras SLR con objetivos macro específicos toman muy buenas fotografías y es agradable usarlas, pero son costosas, pesadas y necesitan un trípode pesado. Si tiene una en su oficina y no tiene que viajar con ella, ¿por qué no usarla?

Recomiendo usar una cámara compacta, con un trípode articulado liviano.

- 1 La cámara debe ser capaz de generar archivos de imagen RAW.
- 2 En cuanto al tamaño del sensor y el número de megapíxeles, no me resulta cómodo dar una recomendación, ya que un sensor pequeño da mayor profundidad de campo que uno más grande, pero los más grandes (con el mismo número de píxeles) son menos sensibles al ruido. Tiendo a afirmar que, si es su única cámara compacta y también la va a utilizar para tomar fotografías de amigos y familiares durante la noche, busque un sensor con una densidad de píxeles inferior a 0,25 megapíxeles/mm². Si necesita la cámara para tomar fotografías de objetos inmóviles, como rodamientos dañados y utilizando un trípode para mantener

el ISO bajo en condiciones de poca luz, entonces puede optar por un sensor con mayor densidad, pero trate de mantenerse por debajo de los 0,40 megapíxeles/mm².

- 3 Una cámara resistente, a prueba de golpes, sumergible (hasta cierto punto), que pueda limpiarse fácilmente.
- 4 Que ofrezca control manual total, que le permita fijar el valor ISO, la apertura y la velocidad de obturación deseados.
- 5 Para el modo macro, no tome una decisión basándose exclusivamente en la distancia mínima de enfoque. La distancia focal y el número de los fotositos del sensor también son importantes. Trate de conseguir la cámara para probarla y tome fotografías antes de comprarla. Busque comentarios en Internet.
- 6 La pantalla trasera articulada es una ventaja en algunas situaciones, pero hace que la cámara sea más gruesa.

Como resultado, tengo dos cámaras compactas. No pude encontrar una cámara resistente con modo macro bueno, control manual total y desempeño superior para reducir el ruido con valor ISO alto.

Mi elección es una cámara compacta avanzada, sin pantalla articulada, por lo que cabe en el bolsillo, aunque no es muy resistente ni tiene un modo macro muy bueno.

Mi colega, el jefe del servicio de ingeniería de aplicaciones de SKF Francia, prefiere una cámara

compacta con pantalla articulada y modo macro bueno. Él todavía utiliza su antigua cámara de 5,1 megapíxeles para tomar fotografías de daños en rodamientos, → fig. 53. Entre mi cámara avanzada con modo macro pobre o mi cámara resistente con modo macro bueno, su opción es la resistente debido a su modo macro.

Uno de mis antiguos colegas, que ahora trabaja para uno de los principales fabricantes de equipos originales de celulosa y papel, tenía otras prioridades además de un modo macro bueno. Quería una cámara simple de apuntar y disparar con la opción de grabar videos en cámara lenta y/o 4K. Compró la misma cámara que mi cámara resistente.

15. Enviar imágenes

Enviar imágenes completas sin compresión puede ser un problema, ya que el peso de la imagen podría ser de 10 MB o más para las cámaras compactas. Un adjunto de diez imágenes de un rodamiento dañado en un correo electrónico, alrededor de 100 MB, puede ser problemático.

Comprimir la imagen para reducir el peso no siempre es la mejor idea, porque disminuye la calidad y pueden desaparecer pistas.

Es mejor comprimir las imágenes y dar una visión de conjunto.

Para los detalles, simplemente recortar la imagen original y no reducir la calidad al guardar la versión recortada. Por ejemplo, la → **fig. 34** tiene 20,8 MB, pero la versión recortada de esa imagen, que puede verse a la izquierda en la → **fig. 36**, tiene 0,54 MB sin reducción de la calidad, un peso 40 veces menor.



Philippe Gachet, Experto sénior en aplicaciones, Centro de competencia de aplicaciones de SKF, philippe.gachet@skf.com

16. Conclusiones y principales recomendaciones

Espero que esta edición de Prácticas para Celulosa y Papel le haya proporcionado conocimientos sobre lo que es importante a la hora de tomar fotografías de un rodamiento dañado. Gran profundidad de campo, ausencia de desenfoque debido al movimiento de la cámara, exposición correcta de los detalles que podrían proporcionar una pista y ausencia de ruido electrónico, son los puntos principales que debe observar.

Por último, mis mejores recomendaciones:

- Nunca configure su cámara en el modo totalmente automático.
- Evite usar el flash incorporado. Evite que el acero del rodamiento refleje la luz.
- Configure su cámara para el número ISO más bajo.
- Compruebe siempre la velocidad de obturación cuando sujete la cámara para tomar una fotografía.
- Cierre el diafragma para lograr la profundidad de campo máxima. No siempre es necesario cerrarlo al máximo.
- Tenga siempre un trípode articulado pequeño en su bolso, para el caso en que la velocidad de obturación sea demasiado baja.
- Haga zoom siempre en la fotografía que ha tomado para comprobar la calidad.
- Y lea el manual de su cámara.

skf.com

® SKF es una marca registrada del Grupo SKF.

© Grupo SKF 2018

El contenido de esta publicación es propiedad de los editores y no puede reproducirse (incluso parcialmente) sin autorización previa por escrito. Se ha tenido el máximo cuidado para garantizar la exactitud de la información contenida en esta publicación, pero no se acepta ninguna responsabilidad por pérdidas o daños, ya sean directos, indirectos o consecuentes, que se produzcan como resultado del uso de dicha información.

PUB 11147/23 ES · Noviembre 2018

Algunas imágenes se utilizan bajo licencia de Shutterstock.com