

	Programa del Curso Curso de Balanceo Dinámico de Maquinaria Rotativa	Código: FDI-DB-001
		Revisión: 01
		Fecha: 7 agosto 2026

Curso de Balanceo Dinámico de Maquinaria Rotativa

	Programa del Curso Curso de Balanceo Dinámico de Maquinaria Rotativa	Código: FDI-DB-001
		Revisión: 01
		Fecha: 7 agosto 2026

Contenido

1. OBJETIVO GENERAL	3
2. OBJETIVO ESPECIFICO	3
3. PERFIL DE INGRESO	4
4. COMPETENCIAS QUE DESARROLLA.....	4
5. CONTENIDOS DEL CURSO	5
6. METODOLOGÍA.....	9
7. REQUISITOS DE APROBACIÓN.....	9
8. CERTIFICACIÓN	9
9. PRESENTACIÓN DEL INSTRUCTOR	10
CONTROL DE CAMBIOS	11

	Programa del Curso Curso de Balanceo Dinámico de Maquinaria Rotativa	Código: FDI-DB-001
		Revisión: 01
		Fecha: 7 agosto 2026

Nombre del curso: Curso de Balanceo Dinámico de Maquinaria Rotativa

Empresa: F&D Ingeniería en Mantenimiento SpA

Modalidad: Presencial / Online en vivo

Duración: 16 horas cronológicas (2 jornadas de 8 horas)

1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar las competencias necesarias para comprender los principios físicos del desbalance en rotores, interpretar los fundamentos de vibraciones aplicados al balanceo, reconocer y diagnosticar los tipos de desbalance, operar la instrumentación de balanceo en terreno, ejecutar el método del coeficiente de influencia en uno y dos planos, cuantificar el desbalance residual admisible y elaborar informes técnicos de balanceo, conforme a la norma ISO 21940-11.

2. OBJETIVO ESPECIFICO

Al finalizar el curso, el participante será capaz de:

- Reconocer el desbalance como un vector $1 \times \text{RPM}$ (magnitud y fase) y distinguir sus tres tipos: estático, de par y dinámico.
- Comprender los fundamentos de vibraciones aplicados al balanceo: amplitud, frecuencia, fase y espectro.
- Identificar la firma espectral del desbalance y diferenciarla de otras fallas mecánicas.
- Operar la instrumentación de balanceo: acelerómetro, referencia de fase, estroboscopio y analizador.
- Preparar un rotor para el balanceo: inspección previa, descarte de otras fallas y selección de planos de corrección.
- Aplicar el método del coeficiente de influencia en un plano: peso de prueba, regla 30/30 y cálculo del peso de corrección.
- Aplicar el método del coeficiente de influencia en dos planos: matriz de influencia y coeficientes cruzados.
- Calcular el desbalance específico permisible y la tolerancia de un rotor según su grado de calidad G, masa y RPM, conforme a la ISO 21940-11.
- Elaborar informes técnicos de balanceo, con registro de datos, gráficos y recomendaciones.
- Resolver casos prácticos de balanceo en terreno, de principio a fin, con criterios de aceptación normativos.

	Programa del Curso Curso de Balanceo Dinámico de Maquinaria Rotativa	Código: FDI-DB-001
		Revisión: 01
		Fecha: 7 agosto 2026

3. **PERFIL DE INGRESO**

Este curso está dirigido a:

- Técnicos de mantenimiento.
- Mecánicos industriales.
- Ingenieros.
- Supervisores de mantenimiento.
- Planificadores.
- Especialistas en confiabilidad.
- Analistas de vibraciones.
- Profesionales vinculados al mantenimiento predictivo.

No se requieren conocimientos previos en balanceo dinámico.

4. **COMPETENCIAS QUE DESARROLLA**

El participante será competente para:

- Reconocer el desbalance como un vector $1 \times \text{RPM}$ y distinguir sus tres tipos: estático, de par y dinámico.
- Interpretar amplitud, frecuencia, fase y espectro como el lenguaje de todo instrumento de balanceo.
- Operar la cadena de instrumentación de balanceo: acelerómetro, referencia de fase, estroboscopio y analizador.
- Preparar un rotor para el balanceo, descartando previamente otras fallas mecánicas.
- Aplicar el método del coeficiente de influencia en un plano, con peso de prueba y regla 30/30.
- Aplicar el método del coeficiente de influencia en dos planos, resolviendo el sistema de coeficientes cruzados.
- Cuantificar el desbalance residual admisible según el grado de calidad G, conforme a la ISO 21940-11.
- Elaborar informes técnicos de balanceo, documentando el trabajo de forma trazable.
- Resolver casos de balanceo de equipos reales: ventiladores, motores, bombas y rodillos transportadores.

	Programa del Curso Curso de Balanceo Dinámico de Maquinaria Rotativa	Código: FDI-DB-001
		Revisión: 01
		Fecha: 7 agosto 2026

5. CONTENIDOS DEL CURSO

MÓDULO 1. Introducción al Balanceo Dinámico

Objetivo: Por qué un rotor vibra, y por qué corregirlo es rentable.

Contenidos

- Conceptos fundamentales del desbalance: el eje principal de inercia y el eje geométrico.
- Principios físicos del desbalance: el vector de fuerza centrífuga $F = m \cdot r \cdot \omega^2$.
- Balanceo y confiabilidad de los equipos: vida de rodamientos, consumo de energía, paradas, costo de mantenimiento y seguridad.
- Consecuencias del desbalance no corregido: concentración de energía en la frecuencia de giro ($1 \times \text{RPM}$).
- Panorama normativo del balanceo: diferencia entre ISO 21940-11 (calidad de balanceo de rotores rígidos) e ISO 20816 (evaluación de vibración de máquinas).
- ISO 21940-11: qué es, qué reemplazó (antigua ISO 1940-1) y qué fija (desbalance residual admisible según grado de calidad G).
- Alcance de la norma: rotor de comportamiento rígido versus rotor flexible.
- Velocidad de servicio versus velocidad máxima como fuente de error común.
- Criterio normativo para determinar cuántos planos de corrección exige cada caso.

MÓDULO 2. Fundamentos de Vibraciones

Objetivo: El lenguaje que usa todo instrumento de balanceo.

Contenidos

- Qué es vibrar: el movimiento oscilatorio y el sistema masa-resorte.
- Amplitud, frecuencia y periodo de una onda vibratoria.
- Unidades de medición: desplazamiento, velocidad y aceleración, y criterio de selección según el rango de frecuencia.
- La fase: qué es, cómo se mide respecto de una marca de referencia, y por qué es indispensable para el balanceo.
- El espectro de frecuencia: la Transformada Rápida de Fourier (FFT) y el paso del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia.
- La firma espectral del desbalance: un pico dominante en $1 \times \text{RPM}$, con $2 \times$ y $3 \times$ muy por debajo.
- Diagnóstico diferencial: distinguir el desbalance de otras causas de vibración en $1 \times$ (desalineación, soldadura, resonancia).

	Programa del Curso Curso de Balanceo Dinámico de Maquinaria Rotativa	Código: FDI-DB-001
		Revisión: 01
		Fecha: 7 agosto 2026

MÓDULO 3. Tipos de Desbalance

Objetivo: Estático, de par y dinámico — y cuántos planos exige cada uno.

Contenidos

- Eje principal de inercia versus eje geométrico: cómo la desviación entre ambos define el tipo de desbalance.
- Desbalance estático: un solo punto pesado, corrección en 1 plano; ejemplos típicos como ruedas, discos delgados y ventiladores axiales.
- Desbalance de par (couple): dos masas a 180° en extremos opuestos, fuerza neta nula pero momento presente, corrección en 2 planos.
- Desbalance dinámico: la combinación real de estático y de par, el caso más frecuente en terreno.
- La regla práctica de la relación largo/diámetro (L/D) para decidir entre 1 o 2 planos de corrección.
- Rotores angostos ($L/D < 0,5$): comportamiento típico como desbalance estático o de un solo plano.
- Síntesis comparativa de los tres tipos de desbalance: planos requeridos, forma de detección y equipos típicos.

MÓDULO 4. Instrumentación para Balanceo

Objetivo: Los sensores, la referencia de fase y el analizador.

Contenidos

- La cadena de medición completa: de la vibración física al dato numérico.
- El acelerómetro: principio de funcionamiento y tipos de montaje.
- La referencia de fase: por qué es obligatoria para todo instrumento de balanceo.
- El estroboscopio: balanceo con luz estroboscópica.
- El analizador o colector de datos: cálculo de amplitud y fase 1×, pantalla de barra y pantalla polar.
- Ejemplo de equipo utilizado en la industria: SKF Microlog AX.
- Checklist de verificación del instrumento antes de medir.

MÓDULO 5. Preparación para el Balanceo

Objetivo: Lo que se revisa antes de montar el primer peso de prueba.

Contenidos

- Inspección visual y mecánica previa del rotor.
- Descarte obligatorio de otras fallas mecánicas: por qué balancear una máquina "enferma" no funciona.
- Seguridad durante la intervención.
- Selección de los planos de corrección: cuántos planos usar según el tipo de rotor.

	Programa del Curso Curso de Balanceo Dinámico de Maquinaria Rotativa	Código: FDI-DB-001
		Revisión: 01
		Fecha: 7 agosto 2026

- Consideraciones operacionales que también deben evaluarse antes de intervenir el equipo.
- Checklist final: verificación de que el equipo está listo para balancear.

MÓDULO 6. Balanceo en Un Plano

Objetivo: El método del coeficiente de influencia, paso a paso.

Contenidos

- El problema de fondo: en terreno no se conoce de antemano la sensibilidad del rotor, por eso se usa un peso de prueba.
- La regla 30/30: criterio para determinar si el peso de prueba fue válido (cambio de amplitud $\geq 30\%$ o de fase $\geq 30^\circ$).
- Estimación del peso de prueba: criterio del 10% de la carga del eje.
- La secuencia de trabajo del balanceo en un plano, en 6 pasos.
- Convención de medición angular: sentido horario o antihorario.
- La solución vectorial: del coeficiente de influencia (H) al peso de corrección (Wc).
- Lectura de las pantallas del instrumento: pantalla de barra y pantalla polar.
- Caso resuelto con diagrama polar: ventilador de tiro inducido, balanceo en 1 plano.
- Caso resuelto con diagrama polar: motor-bomba pequeño, balanceo en 1 plano.

MÓDULO 7. Balanceo en Dos Planos

Objetivo: Coeficientes cruzados y la solución de un sistema completo.

Contenidos

- Por qué se requieren dos planos: los efectos cruzados entre planos de corrección.
- La matriz de influencia en el balanceo en dos planos: qué es y para qué sirve.
- Los cuatro coeficientes de influencia (H_A1, H_A2, H_B1, H_B2) y su lectura física.
- Cómo se construye la matriz de influencia: tres corridas controladas.
- De la matriz de coeficientes a los pesos de corrección W1 y W2.
- Ejemplo numérico: matriz de influencia calculada para una bomba entre mancales.
- Qué ocurre si se ignoran los efectos cruzados entre planos.
- Checklist de errores frecuentes que afectan la confiabilidad de la matriz: RPM variable, sensor movido, peso de prueba débil, radio cambiado, fase inestable y ángulos mal definidos.
- Procedimiento dinámico de dos planos: corridas necesarias y aplicación en terreno.
- La función Prognosis (pronóstico): qué evalúa, cómo apoya la decisión y cuándo conviene usarla.
- Caso resuelto: bomba entre mancales, mediciones de las tres corridas y solución del sistema 2x2.
- Caso resuelto: rodillo transportador de correa, balanceo en dos planos, con el sistema de ecuaciones, resolución numérica y verificación del resultado.

	Programa del Curso Curso de Balanceo Dinámico de Maquinaria Rotativa	Código: FDI-DB-001
		Revisión: 01
		Fecha: 7 agosto 2026

- Caso resuelto: motor-soplador de dos apoyos, balanceo en dos planos, con el sistema de ecuaciones, resolución numérica y verificación del resultado.

MÓDULO 8. Criterios de Aceptación

Objetivo: Cuánto desbalance es aceptable, según la norma — no a ojo.

Contenidos

- El grado de calidad G según ISO 21940-11: qué representa y de dónde se obtiene para distintos equipos.
- La fórmula para pasar de grado G a tolerancia, explicando cada variable y el origen de la constante 9549.
- Ejemplo numérico completo: de grado G a masa residual admisible, paso a paso.
- Tabla de referencia de grados de calidad G típicos.
- Caso de cálculo de tolerancia: ventilador de tiro inducido (ID) de aplicación minera.
- Caso de cálculo de tolerancia: motor-bomba pequeño.
- Criterios de aceptación del trabajo de balanceo y errores frecuentes.
- Ejemplo práctico de aceptación de un balanceo en dos planos.

MÓDULO 9. Elaboración de Informes Técnicos

Objetivo: Documentar el trabajo para que sea trazable y útil.

Contenidos

- Qué debe contener un informe de balanceo.
- Plantilla mínima de registro de datos de campo.
- Interpretación de gráficos para el informe: qué gráficos incluir y cómo leerlos.
- Ejemplo de informe técnico completo.
- Recomendaciones técnicas y buenas prácticas de documentación.

MÓDULO 10. Taller Práctico: Casos Resueltos

Objetivo: Cinco casos de principio a fin, con equipos y números reales.

Contenidos

- Caso 1 (repaso): ventilador de tiro inducido, síntesis del balanceo en un plano.
- Caso 2: ventilador centrífugo, por qué y cómo se reparte la corrección entre dos posiciones válidas.
- Caso 3 (repaso): bomba entre mancales, síntesis del balanceo en dos planos.
- Caso 4: rodillo transportador, el mismo criterio de reparto de peso aplicado en dos planos.
- Caso 5: reto de diagnóstico — por qué una firma espectral puede no ser desbalance puro y la fase axial como prueba definitiva.

	Programa del Curso Curso de Balanceo Dinámico de Maquinaria Rotativa	Código: FDI-DB-001
		Revisión: 01
		Fecha: 7 agosto 2026

- Síntesis del taller: los cinco casos comparados.
- Errores más comunes observados en un taller de terreno real.

MÓDULO 11. Evaluación Final

Objetivo: Autoevaluación de los conceptos y cálculos del curso.

Contenidos

- Instrucciones de la autoevaluación.
- Bloque 1 — Fundamentos: preguntas sobre fundamentos y tipos de desbalance.
- Bloque 2 — Cálculo y norma: preguntas sobre cálculo vectorial y cuantificación según ISO 21940-11.
- Bloque 3 — Terreno: preguntas sobre instrumentación y buenas prácticas.
- Retroalimentación y cierre del curso.

6. METODOLOGÍA

El curso combina clases expositivas, demostraciones prácticas, ejercicios guiados de cálculo vectorial, resolución de casos reales y uso de instrumentación de balanceo en terreno.

Las actividades prácticas consideran la utilización de acelerómetros, referencia de fase, analizador/colector de datos y software especializado para el cálculo del coeficiente de influencia y la elaboración de informes técnicos.

7. REQUISITOS DE APROBACIÓN

El participante deberá:

- Asistir al menos al 90% de las horas del curso.
- Obtener una calificación mínima de 75% en la evaluación final.

8. CERTIFICACIÓN

Los participantes que cumplan los requisitos de aprobación recibirán un **Certificado de Aprobación** emitido por **F&D Ingeniería en Mantenimiento SpA**, indicando las horas de capacitación, los contenidos desarrollados y el nombre del instructor.

	Programa del Curso Curso de Balanceo Dinámico de Maquinaria Rotativa	Código: FDI-DB-001
		Revisión: 01
		Fecha: 7 agosto 2026

9. **PRESENTACIÓN DEL INSTRUCTOR**

Alamiro Andrés Fernández Huenuqueo

Ingeniero Civil Industrial y Magíster en Gestión de Organizaciones, con más de 15 años de experiencia en mantenimiento predictivo, monitoreo de condición, confiabilidad y gestión de activos en la industria minera y de procesos.

Es fundador y Gerente General de F&D Ingeniería en Mantenimiento SpA, empresa especializada en servicios de análisis de vibraciones, alineación láser, balanceo dinámico, termografía infrarroja y capacitación técnica para la industria.

Cuenta con certificación internacional como Analista de Vibraciones Categoría IV, conforme a la norma ISO 18436-2, el nivel más alto de competencia en análisis de vibraciones, que acredita conocimientos avanzados para el diagnóstico de maquinaria rotativa, desarrollo de estrategias de monitoreo de condición, resolución de problemas complejos y liderazgo técnico en programas de mantenimiento predictivo.

A lo largo de su trayectoria ha participado en proyectos para importantes empresas del sector minero e industrial, desarrollando diagnósticos de maquinaria crítica, implementación de programas de monitoreo de condición, análisis de fallas, optimización de estrategias de mantenimiento y formación de personal técnico.

Su experiencia incluye la evaluación de equipos como bombas, ventiladores, motores eléctricos, reductores, compresores, sopladores, correas transportadoras y otros activos críticos, utilizando tecnologías de monitoreo de condición de última generación.

Como instructor, combina sólidos fundamentos técnicos con una metodología eminentemente práctica, basada en casos reales de la industria, permitiendo que los participantes desarrollen competencias aplicables inmediatamente en sus lugares de trabajo.

Formación Académica

- Ingeniero Civil Industrial.
- Magíster en Gestión de Organizaciones.
- Diploma en excelencia operacional y gestión de activos.

Especialidades

- Análisis de Vibraciones.
- Balanceo Dinámico.
- Alineación Láser de Ejes.
- Termografía Infrarroja.
- Gestión de Activos.
- END.

	Programa del Curso Curso de Balanceo Dinámico de Maquinaria Rotativa	Código: FDI-DB-001
		Revisión: 01
		Fecha: 7 agosto 2026

Filosofía de Capacitación

“La capacitación debe ir más allá de la teoría. Cada concepto aprendido debe ser aplicable en terreno, permitiendo a los participantes mejorar la confiabilidad de sus equipos, reducir fallas y generar valor para sus organizaciones mediante decisiones técnicas fundamentadas.”

CONTROL DE CAMBIOS

Rev.	Página	Descripción	Fecha	Área
00	Todas	Creación del Documento	7 agosto 2026	