

Diplomado virtual

# LUBRICACION, AHORRO DE ENERGIA Y CONFIABILIDAD DE MAQUINAS



## Fecha

Septiembre 18  
a  
diciembre 05  
de 2023



## Intensidad

120  
Horas



## Modalidad

Virtual



## Inversión

Colombia:  
\$3'900.000  
más el 19% de IVA  
Otros países:  
USD1.400  
Exento de retenciones y  
costos de transferencia



## Lugar

Plataforma  
online



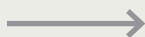
## Horario

18:00  
a  
21:00  
Hora Colombia



## Certificaciones:

TRIBOS  
Cat. I BPLAL  
Cat. II, LM1,  
Cat. III, LM2



Por persona:  
\$ 450.000  
más el 19% de IVA  
\$120 US  
Exento  
de retenciones  
y costos  
de transferencia

Ingenieros de   
**Lubricación S.A.S**  
Lubricación centrada en confiabilidad

# 1

## OBJETIVOS



- Análisis de la fricción, desgaste y lubricación de los componentes de las máquinas.
- Cálculo del ahorro de energía en kw-hr por menor fricción en los mecanismos lubricados.
- Pruebas de laboratorio de acuerdo con las normas ASTM, para aceites usados IS y SAE.
- Termografía y vibraciones para lograr el ciclo de Vida disponible del activo.
- Ruta de Tribología y la Ruta de Confiabilidad, para lubricar los mecanismos por condición.
- Desarrollo de los procesos que de la Lubricación Centrada en la Confiabilidad LCC.

# 2

## TEMAS

### Sesión 1 Módulo 1

**Intensidad 10 horas**

**Instructor IM Pedro Albarracín Aguillón**

**Tema: Ciclo de vida del activo**

- Productividad, rentabilidad e innovación para la competitividad de las empresas.
- Vida Disponible Vd y Vida Esperada Ve del activo.
- Desgaste normal, anormal y falla de los mecanismos lubricados.
- Condición de operación OC, OF y EF de los mecanismos lubricados.
- Factores que afectan el ciclo de Vida Disponible Vd del mecanismo y cómo controlarlos.
- Factores que afectan la vida de servicio del aceite y su influencia en el logro del ciclo de Vida Disponible Vd del mecanismo.
- Presentación Test 1 y 2, 60% y desarrollo de Trabajo, 40% de la calificación del módulo.

- Calor generado por fricción e incremento de temperatura según el tipo de fricción.
- Temperatura de operación OC, OF y EF e influencia de la temperatura ambiente.
- Consecuencias de la temperatura de operación en el rango OF y EF.
- Alta fricción por una lubricación deficiente, o por problemas mecánicos u operacionales.

### Sesión 1 Módulo 2

**Intensidad 10 horas**

**Instructor IM Pedro Albarracín Aguillón**

**Tema: Tribología, fricción, consumo de energía por fricción**

- Reducción del consumo de energía por fricción y protección del ambiente para el logro de procesos sostenibles y competitivos.
- Tribología y su influencia en la Vida disponible Vd de los mecanismos lubricados.
- Fricción, tipos: metal-metal, sólida, mixta y fluida, coeficientes de fricción y valores.
- Consumo y ahorro de energía por menor fricción en los mecanismos lubricados.
- Correlación entre los diferentes tipos de fricción y las fallas catastróficas.

### Sesión 1 Módulo 3

**Intensidad 10 horas**

**Instructor IM Pedro Albarracín Aguillón**

**Tema: Lubricación límite, EHL y HD**

- Definición de película lubricante, tipos y su relación con la fuerza de fricción.
- Capas de la película lubricante: base lubricante y aditivos metálicos AW o EP.
- Lubricación límite, Elastohidrodinámica EHL e Hidrodinámica HD; definición, características y su desarrollo según la carga, velocidad, temperatura y rugosidad de los mecanismos.
- Cálculo y rango trabajo del factor de seguridad  $\lambda$  de la película lubricante de acuerdo al tipo de lubricación en rodamientos, cojinetes lisos, y engranajes.
- Aditivos antidesgaste AW para lubricación HD y extrema presión EP para EHL.
- Prueba Timken y 4 Bolas para evaluar la capacidad de carga del aditivo AW y EP.
- Cálculo del tipo de aditivo EP<sub>1</sub>, EP<sub>2</sub>, EP<sub>3</sub>, EP<sub>4</sub> según el valor del factor de seguridad  $\lambda$ .
- La influencia de la fuerza de fricción y de la rugosidad en el factor de seguridad  $\lambda$ .
- Selección de la rugosidad ISO 468 de acuerdo con el tipo de mecanismo lubricado.
- Porqué no se debe alterar el acabado superficial original de los mecanismos lubricados.

## Sesión 2 Módulo 4

**Intensidad 10 horas**

**Instructor IM Pedro Albarracín Aguillón**

**Tema: Desgaste de mecanismos lubricados**

- Tendencia al desgaste TD y Rata de desgaste RD.
- Desgaste normal, anormal y falla.
- Desgaste, tipos: adhesivo, fatiga superficial, erosivo, abrasivo y corrosivo.
- Límites condenatorios para evitar el desgaste anormal y la falla.
- Factores que se deben tener en cuenta para controlar los diferentes tipos de desgaste: película lubricante, temperaturas de operación, oxidación, agua, sólidos, vibraciones.
- Influencia de la fuerza de fricción en los diferentes tipos de desgaste.
- Incidencia del factor de seguridad  $\lambda$  en el desgaste adhesivo y fatiga superficial.
- El Índice de Viscosidad en el control del desgaste adhesivo y por fatiga superficial.
- El nivel de limpieza ISO 4406-99 del aceite en el control del desgaste erosivo y abrasivo.
- El análisis de la oxidación del aceite en el laboratorio para el control del desgaste corrosivo.
- Lubricantes especiales para reducir el desgaste adhesivo y por fatiga superficial.
- Prácticas de monitoreo para mantener el desgaste dentro del rango normal y para determinar la criticidad del incremento cuando es anormal.
- Análisis de fallas en componentes de máquinas, causas y soluciones.

- Clases de lubricantes: minerales, sintéticos, vegetales.
- Tipos de lubricantes: aceites, grasas, lubricantes sólidos.
- Categoría de los lubricantes: H1, H2, H3.
- Sistemas de clasificación de los lubricantes ISO: ASTM, AGMA, SAE, API y NLGI.
- Lubricantes minerales, aceites, grasas, composición, propiedades físico-químicas.
- Selección del aceite mineral ISO y SAE/API para motores y transmisiones con base en las propiedades físico-químicas especificadas por el fabricante de la máquina.
- Selección de la grasa mineral NLGI industrial y automotriz con base en las propiedades especificadas por el fabricante de la máquina.
- Catalogación para la compra de un aceite ISO, SAE/API y de una grasa NLGI.
- Metodología para hallar el equivalente de un lubricante en otra marca.
- Mezcla de aceites minerales de diferente viscosidad o marca. Problemas, compatibilidad.
- Biodegradabilidad y toxicidad de los lubricantes minerales.
- Lubricantes sintéticos y vegetales, definición, formulación, características.
- Tipos de lubricantes sintéticos y vegetales, aplicaciones.
- Selección de aceites ISO, SAE/API y grasas NLGI sintéticos y vegetales.
- Compatibilidad de los lubricantes sintéticos y vegetales con los minerales.
- Ahorro de energía y menor temperatura con los lubricantes sintéticos y vegetales.
- Procedimiento para la implementación y uso de los lubricantes sintéticos y vegetales.
- Pruebas de laboratorio para los aceites sintéticos y vegetales.
- Biodegradabilidad y toxicidad de los lubricantes sintéticos y vegetales.

## Sesión 2 Módulo 5

**Intensidad 10 horas**

**Instructor IM Pedro Albarracín Aguillón**

**Tema: Lubricantes Minerales, Sintéticos y Vegetales, Sistemas de clasificación y selección**

- Lubricante, definición, funciones del lubricante: Formar la película lubricante, reducir la fricción, enfriar, amortiguar y evacuar impurezas ISO o limpiar SAE MCI.
- Viscosidad dinámica y cinemática, unidades, viscosímetros y equivalencias.
- Índice de viscosidad y variación de la viscosidad con la temperatura, Gráfico ASTM D342.
- Aditivos metálicos AW y EP y aditivos físico-químicos para proteger la película lubricante.

## Sesión 2 Módulo 6

**Intensidad 10 horas**

**Instructor IM Pedro Albarracín Aguillón**

**Tema: Almacenamiento y manejo de lubricantes**

- El lubricante como elemento clave en el logro de la Vida disponible Vd.
- Fabricación, manipulación y aplicación del lubricante.
- La contaminación del lubricante y el riesgo de fallas.

- Almacenamiento y cuidado básico de los lubricantes.
- Bodega principal para almacenamiento de lubricantes.
- Cuarto de lubricantes, diseño, características y componentes.
- Depósitos, aceiteras y pistolas engrasadoras bajo Norma.
- Almacenamiento de aceites usados para filtrar.
- Limpieza interna de cárteres y depósitos de aceite de máquinas.
- Flushing hidráulico y químico hidráulico en sistemas de lubricación.
- Termodiálisis y filtración del aceite usado.
- Manejo y disposición final del aceite usado.
- Biodegradabilidad CEC-L-33T-82 y Toxicidad EPA 560/6-82-002.

## Sesión 3 Módulo 7

### Intensidad 10 horas Instructor IM Pedro Albarracín Aguillón Tema: Lubricación de Máquinas 1

Lubricación, selección del lubricante, catalogación, carta de lubricación, rótulos de lubricación y solución de problemas más frecuentes en:

- Cables.
- Cadenas de rodillos y silenciosas.
- Acoples de rejilla, cadena y piñones.
- Rodamientos.
- Cojinetes lisos.

## Sesión 3 Módulo 8

### Intensidad 10 horas Instructor IM Pedro Albarracín Aguillón Tema: Lubricación de Máquinas 2

Lubricación, selección del lubricante, catalogación, carta de lubricación, rótulos de lubricación y solución de problemas más frecuentes en:

- Reductores de velocidad.
- Motores eléctricos.
- Motorreductores.
- Multiplicadores de velocidad.
- Ventiladores.
- Bombas alternativas y centrífugas.
- Sistemas hidráulicos.

## Sesión 3 Módulo 9

### Intensidad 10 horas Instructor IM Pedro Albarracín Aguillón Tema: Lubricación de Máquinas 3

Lubricación, selección del lubricante, catalogación, carta de lubricación, rótulos de lubricación y solución de problemas más frecuentes en:

- Compresores alternativos de pistón de simple y de doble efecto.
- Compresores rotativos de tornillo de CTCCH y CTCCS.  
Compresores centrífugos y axiales.
- Turbinas de vapor.
- Generadores.
- Turbinas hidráulicas Pelton, Francis, Kaplan.
- Turbinas de gas.
- Motores de combustión interna diesel y gasolina, transmisiones.
- Fluidos para transformadores.
- Fluidos para transferencia de calor.
- Fluidos para mecanizado.

## Sesión 4 Módulo 10

### Intensidad 10 horas Instructor IM Pedro Albarracín Aguillón Tema: Análisis de laboratorio ASTM, ISO, EAA al aceite y nivel de desgaste de mecanismos

- El análisis del aceite ISO y SAE/API en el laboratorio como herramienta predictiva.
- Pruebas básicas ASTM, ISO, EAA: Viscosidad, TAN, TBN, % vol. agua, partículas sólidas, aditivos metálicos, contaminantes metálicos, metales de desgaste.
- Pruebas especiales ASTM, ISO: RPVO, demulsibilidad, antiespumante, tensión interfacial, barnices, antioxidantes, antidesgaste, extrema presión, punto de inflamación, punto de goteo, factor de giro, consistencia.
- Parámetros que se le analizan al aceite ISO y SAE/API y límites condonatorios OF y EF.
- Selección de las máquinas críticas para analizarles el aceite y frecuencias de monitoreo.
- Puertos de muestreo de aceite, características, ubicación de acuerdo a la máquina.
- Toma de la muestra de aceite, procedimiento,

## Sesión 4 Módulo 12

frascos, bomba de vacío, datos.

- Análisis de laboratorio a las propiedades físico-química del aceite ISO y SAE/API.
- Análisis del nivel de limpieza a aceites industriales según ISO 4406 - 99.
- Evaluación por EAA al contenido de aditivos metálicos y contaminantes metálicos a los aceites ISO y SAE/API.
- Tendencia al desgaste TD y Rata de desgaste RD y evaluación del desgaste por EAA.
- Evaluación por ferrografía para determinar el tipo de desgaste y su criticidad.
- Formato para reportar los resultados de laboratorio.
- Análisis de los resultados de los parámetros analizados al aceite ISO y SAE/API y de las tendencias y su relación con el desgaste adhesivo, erosivo, abrasivo y corrosivo.
- Toma de decisiones para asegurar la confiabilidad de las máquinas.

**Intensidad 10 horas**

**Instructor IM Pedro Albarracín Aguillón**

**Tema: Confiabilidad de máquinas**

- Filosofía de la confiabilidad de máquinas basada en la rentabilidad.
- Implementación de un programa de confiabilidad de máquinas.
- Matriz de criticidad y clasificación de las máquinas por criticidad.
- Política de rotación de máquinas.
- Vida Disponible Vd y Esperada Ve, y los 6 factores que la afectan, como: película lubricante (fho), temperatura (fTop), oxidación (fTAN), agua (fH2O), contaminación (fISO4406) y vibración (fv).
- Ventanas operativas de un mecanismo, OC, OF y EF.
- Diagrama de flujo de la confiabilidad de máquinas.
- Puntos de monitoreo y puertos de muestreo.
- Ruta de Lubricación preventiva.
- Ruta de Lubricación predictiva por Tribología para máquinas de propósito general.
- Ruta de Lubricación predictiva por Confiabilidad para máquinas críticas y esenciales.
- Protocolo de entrega de equipos nuevos y reparados.
- Herramientas teóricas: Lubricación, termografía, vibraciones.
- Herramientas prácticas: Laboratorio, cámara termográfica y colector de vibraciones.
- Carta de Confiabilidad, parámetros que la constituyen, límites OC, OF y EF.
- Toma de datos en las máquinas para analizar la condición de lubricación, temperatura y vibraciones y diagnosticar si su estado está en OC, OF o EF.
- Informe de confiabilidad, indicador de confiabilidad y de disponibilidad de máquinas.
- Análisis de Causa Raíz - RCA.

## Sesión 4 Módulo 11

**Intensidad 10 horas**

**Instructor IM Pedro Albarracín Aguillón**

**Tema: Lubricación Centrada en Confiabilidad LCC**

- Lubricación Centrada en la Confiabilidad LCC, filosofía, características, y descripción de los seis procesos que lo constituyen.
- El papel del LCC en la ejecución del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad MCC.
- Análisis cualitativo y conceptual de las Fortalezas y Debilidades que se tengan en los seis procesos del LCC y las Recomendaciones a seguir para mejorarlos e implementarlos.
- Desarrollo de los seis procesos del LCC en una planta industrial.
- Proceso de Lubricación Efectiva: Lo constituyen 25 pasos.
- Proceso de Lubricación Preventiva: Lo constituyen 13 pasos.
- Proceso de Lubricación Predictiva: Lo constituyen 15 pasos.
- Proceso de Lubricación Proactiva: Lo constituyen 9 pasos.
- Proceso de Gestión ambiental: Lo constituyen 4 pasos.
- Proceso de Formación de líderes en lubricación: Lo constituyen 10 pasos.

# 3

## PROYECTO DE GRADO

**El Diplomado virtual cuenta con un proyecto de grado, con los siguientes objetivos:**

- Desarrollar un tema, basado en los conocimientos adquiridos, que se pueda implementar de manera eficiente eficaz y con una baja inversión, en la empresa donde trabaja.

- Empezar a desarrollarlo a partir del Módulo 5, para que el estudiante cuente con el tiempo suficiente para hacer consultas y comprobaciones prácticas y teóricas.
- El documento del Proyecto de Grado se debe entregar máximo el viernes de la semana 13.

## 4

### CRITERIOS DE EVALUACION

- Test del módulo: 20%
- Trabajo del módulo: 20%
- Quices: 20%
- Participación: 10%
- Proyecto de grado: 30%

El promedio de la calificación de los 12 módulos corresponde al 70% de la calificación final.

## 5

### MATERIAL DE ESTUDIO

El material de estudio se le enviará a cada estudiante previo al inicio del diplomado. Valor de inscripción incluye flete de envío, no incluye impuestos a pagar en país destino.

- Un ejemplar del libro Tribología y Lubricación, Tomo I, 5ta Edición.
- Un ejemplar del libro Lubricación de Máquinas I, Tomo II, 5ta Edición.
- Presentaciones

## 6

### CERTIFICACIÓN DEL DIPLOMADO VIRTUAL

La Certificación de aprobación del Diplomado virtual la expide TRIBOS INGENIERIA SAS & INGENIEROS DE LUBRICACION S.A.S.

## 7

### CERTIFICACIÓN TRIBOS CAT I, II, III

Los participantes del Diplomado virtual deben presentar el examen de las Certificaciones Tribos: “Buenas prácticas en lubricación y análisis de laboratorio”, Cat I, BPLAL, “Lubricación de máquinas I”, Cat II, LM1 y “Lubricación de máquinas II”, Cat III. Son válidas por 5 años y su aprobación por parte del estudiante, le garantiza que puede aprobar cualquier certificación disponible a nivel nacional o internacional dentro de las mismas categorías.

## 8

### A QUIÉN VA DIRIGIDO

Gerentes de planta y de confiabilidad, ingenieros, supervisores de mantenimiento y tribólogos.

## 9

### PERFIL DEL PARTICIPANTE

Debe cumplir con alguno de los siguientes prerequisites:

- Contar con un título universitario en cualquier rama de la ingeniería.
- Contar con una tecnología relacionada con el mantenimiento o lubricación de máquinas.
- Contar como mínimo con 5 años de experiencia como Tribólogo.

#### Lugar de estudio

Plataforma virtual.

#### Intensidad, horario

120 horas, de 6:00 pm a 10:00 pm (hora Colombia). Ver Numeral 8

## 10

### INVERSIÓN

#### Participación al diplomado completo (12 módulos):

Colombia:  
\$3´900.000 (tres millones novecientos mil pesos) más el 19% del IVA

Otros países:  
USD \$1.400 (mil cuatrocientos dólares), exento de cualquier tipo de impuesto que sea necesario pagar en el país donde reside la persona que asiste ni comisiones financieras.

#### Participación por módulos:

Valor por módulo \$325.000 (trescientos veinte y cinco mil pesos), más el 19% del IVA  
USD \$130 (ciento treinta dólares), exentos de cualquier tipo de impuesto. No incluye los libros.



# 11

## FORMA DE PAGO

### Para Colombia:

Banco: Bancolombia

Tipo de cuenta: corriente

Número de cuenta: 61407060345

Nit. 800134731-3

Titular: Ingenieros de Lubricación S.A.S.

### Otros países:

Solicitar el link de pago al correo

camila.albarracin@ingenierosdelubricacion.com

o por WhatsApp al número de celular +57 3006560598

# 12

## PROCESO DE INSCRIPCIÓN

Enviar orden de compra y comprobante de pago:

camila.albarracin@ingenierosdelubricacion.com

y contabilidad@ingenierosdelubricacion.com

Razón social: INGENIEROS DE LUBRICACION S.A.S.

NIT. 800134731-3

Celular: 3006546604 / 3006560598

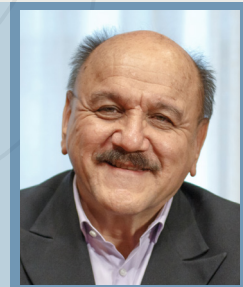
Se confirma la inscripción con la recepción de la orden de compra. El pago deberá realizarse previo al inicio del diplomado. Una vez que se haya hecho la respectiva inscripción y cancelado el 100% del valor de la asistencia al diplomado LUBRICACION, AHORRO DE ENERGIA Y CONFIABILIDAD DE MAQUINAS, el participante debe enviar al correo camila.albarracin@ingenierosdelubricacion.com, la siguiente información:

- Nombres y apellidos.
- Profesión.
- Foto tipo documento reciente a colores de 3x4 cm, con fondo blanco.
- Empresa donde trabaja, cargo y correo electrónico.
- Recibo original de la consignación del valor del curso.

## INSTRUCTOR

### PEDRO ALBARRACÍN AGUILLÓN

Ingeniero Mecánico y Especialista en Gerencia de Mantenimiento de la Universidad de Antioquia - Colombia, 45 años de experiencia como ingeniero de lubricación y tribología, conferencista en cursos de Tribología y Lubricación en empresas de Colombia y en países de América Latina; ingeniero consultor en lubricación y Tribología en empresas industriales, ingeniero de lubricación por 3 años en la textilera Coltejer en Medellín - Colombia y durante 20 años en la Refinería de petróleo de Ecopetrol en Barrancabermeja - Colombia; profesor asociado de Tribología en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional sede Medellín - Colombia, por más de 40 años. Ingeniero de diseño y fabricación de equipos de lubricación por circulación de aceite y de tratamiento de aceites por termovaciación en Ingenieros de Lubricación SAS. Autor de los libros: Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz, Tomo I, 1ra, 2da, 3ra, 4ta y 5ta edición, Lubricación de Turbinas de Vapor 1ra y 2da edición, Equivalencias entre las diferentes marcas de lubricantes 1ra y 2da edición, Tribología y Lubricación, Tomo I, 5ta Edición, Lubricación de máquinas I, Tomo II, 5ta edición. Director de desarrollo de tecnología de Tribos Ingeniería SAS.





# DIPLOMADO SEMESTRE II 2023

Septiembre 18 a diciembre 05

## DIPLOMADO PRESENCIAL O VIRTUAL LUBRICACION, AHORRO DE ENERGIA Y CONFIABILIDAD DE MAQUINAS

No.	Sesión	Módulo semana	Tema	Día	Hora (hora Colombia)	Día	Hora (hora Colombia)
01	1	1	Ciclo de vida del activo.	Lunes	18:00 a 21:00	Martes	18:00 a 21:00
02		2	Tribología, fricción, ahorro de energía, calor, temperatura.	Lunes	18:00 a 21:00	Martes	18:00 a 21:00
03		3	Lubricación límite, EHL y HD.	Lunes	18:00 a 21:00	Martes	18:00 a 21:00
04	2	4	Desgaste en los mecanismos lubricados.	Lunes	18:00 a 21:00	Martes	18:00 a 21:00
05		5	Lubricantes Minerales, Sintéticos y vegetales.	Lunes	18:00 a 21:00	Martes	18:00 a 21:00
06		6	Almacenamiento, manejo y aplicación de lubricantes.	Lunes	18:00 a 21:00	Martes	18:00 a 21:00
07	3	7	Lubricación de Máquinas 1.	Lunes	18:00 a 21:00	Martes	18:00 a 21:00
08		8	Lubricación de Máquinas 2.	Lunes	18:00 a 21:00	Martes	18:00 a 21:00
09		9	Lubricación de Máquinas 3.	Lunes	18:00 a 21:00	Martes	18:00 a 21:00
10	4	10	Análisis de laboratorio ASTM, ISO, EAA.	Lunes	18:00 a 21:00	Martes	18:00 a 21:00
11		11	Lubricación Centrada en Confiabilidad LCC	Lunes	18:00 a 21:00	Martes	18:00 a 21:00
12		12	Confiabilidad de máquinas	Lunes	18:00 a 21:00	Martes	18:00 a 21:00
13		13	Entrega del proyecto.				
14		14	Presentación examen de Certificación Tribos Cat. I, II, III.		Uno por día		
15		15	Entrega de calificaciones y diplomas				
Programación de fechas - 2023							
17	Sem. 1	Sept 18 al 24	Sem. 5	Oct 16 al 22	Sem. 9	Nov 13 al 19	
18	Sem. 2	Sept 25 a oct 01	Sem. 6	Oct 23 al 29	Sem. 10	Nov 20 al 26	
19	Sem. 3	Oct 02 al 08	Sem. 7	Oct 30 a Nov 05	Sem. 11	Nov 27 a Dic 03	
20	Sem. 4	Oct 9 al 15	Sem. 8	Nov 06 al 12	Sem. 12	Dic 04 al 10	

\* El examen se aprueba con el 80% equivalente a 4,0

**Ingenieros de  
Lubricación S.A.S**

Lubricación centrada en confiabilidad

www.ingenierosdelubricacion.com