

PROYECTO FINAL DE GRADO



Elaboración del Plan de Mantenimiento Eléctrico Preventivo para las instalaciones del sector industrial de la Empresa Forestal e Industrial S.A (EFISA) ubicada en la ciudad de Villeta, del Dpto. Central

AUTOR: CHRISTIAN JOEL PEÑA VARELA

Descripción de EFISA

- EFISA opera en varias áreas clave:
- Silvicultura
- Biomasa
- Industria Maderera



Planteamiento del Problema



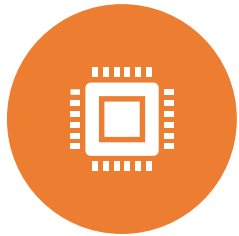
FECHA	FALLA REPORTADA	CONSECUENCIAS
29,4,2021	Fallo del temporizador en el circuito eléctrico de mando.	Autotransformador de 100 CV dañado; incendio en tablero eléctrico (sierra horizontal)
19,5,2022	Fallo del pulsador de paro de emergencia en el sector de cepillado.	Pérdida parcial de la mano de un operario por arranque repentino de las sierras.
Varias (2022)	Daño de 6 motores eléctricos.	Paradas de producción y gastos por reparación/reemplazo.
(2021-2024)	Contaminación de dispositivos eléctricos (polvo, virutas).	Fallos intermitentes, riesgo de incendio.



Objetivo General

- Elaborar el Plan de Mantenimiento Eléctrico Preventivo para las instalaciones del sector industrial de la Empresa Forestal e Industrial S.A (EFISA) ubicada en la ciudad de Villeta, del Dpto. Central.

Objetivos Específicos



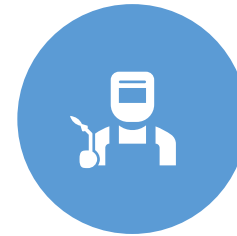
RELEVAR DATOS TÉCNICOS E HISTÓRICOS DE FALLAS EN LOS DIFERENTES CIRCUITOS ELÉCTRICOS Y EN LAS MAQUINARIAS.



IDENTIFICAR LOS EQUIPOS MÁS CRÍTICOS EN CUANTO A LA PRODUCCIÓN.



REVISAR NORMAS RELACIONADAS CON EL MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DE PLANTAS INDUSTRIALES QUE TENGAN QUE VER CON PROCESAMIENTO DE MADERA.

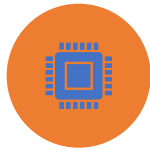


PROPONER UN PLAN DE MANTENIMIENTO EN BASE A NORMAS, RECOMENDACIONES DE FABRICANTES Y TÉCNICOS, AJUSTADO A LAS NECESIDADES DEL SECTOR INDUSTRIAL DE LA EMPRESA EFISA.



REALIZAR UN PRESUPUESTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO.

Relevamiento de Datos



- Recopilación de datos técnicos.



- Visita a las distintas zonas de la línea.



- Información de las zonas de la cantidad y potencia de motores.




- Análisis de incidentes pasados.



- Revisión de registros de la empresa sobre fallas y gastos asociados al mantenimiento.







MES	TOTAL DE JORNADA LABORAL	% DE PRODUCCIÓN	HS EFECTIVAS	HS DE MANT. CORRECTIVO	% DE MANT. CORRECTIVO
ENERO	29,17	71,90%	21	7	28.1%
FEBRERO	162,63	68,90%	112	29	31.1%
MARZO	156,05	74,30%	116	17	25.7%
ABRIL	175	62,30%	109	33	37.7%

Problemática	Consecuencias
Alto porcentaje de horas dedicadas a mantenimiento correctivo (superior al 20%).	Pérdidas económicas (29.3% en 2021 y 11.9% en 2022 del gasto de explotación).



Identificación de equipos críticos:

- Maquinas Rotativas (76 Motores)
- Tableros Eléctricos (17 unidades)
- Transformadores y Autotransformadores
 - Industria ; 1 trafo 150kVA
 - 3 autotransformadores de 100 CV



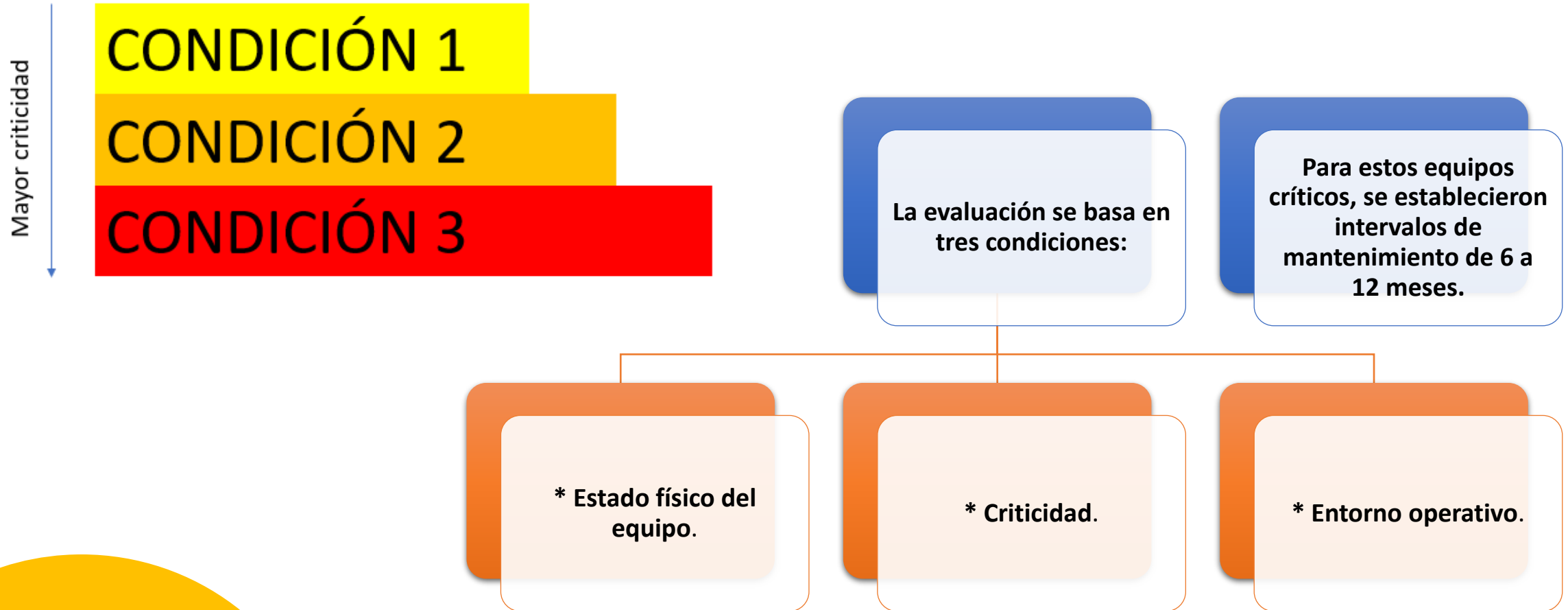
Zona	Cantidad de motores	Potencia
Zona Despuntadora; Cepilladora	22	1 a 6 hp
Canteadora Nivel 1 y Nivel 2	6	1 a 40 hp
Zona cinta transportadora de aserrín	7	1 a 5.5 hp
Cintas y rodillos Nivel 2	16	1 a 5.5 hp
Sierra Tándem	4	1 a 75 HP
Sierra horizontal	6	1 a 60 hp
Sierra circular múltiple	5	1 a 100 hp
Picadora	10	100 a 300 hp

Norma de Mantenimiento Eléctrico NFPA 70B

- USD 157,00



Evaluación de los Equipos en base a la NFPA 70B



Plan de Mantenimiento – Elementos clave



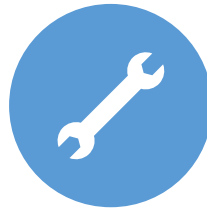
Prácticas adecuadas para el cuidado de los equipos críticos según la NFPA 70B.



Hojas de Ruta.



Hojas de Reporte.



Lista de Repuesto.



Cronograma.

Hoja de Rutas

Ejemplo de hoja de ruta para mantenimiento de transformadores.

Parte del transformador	6 meses	12 meses	
Todo el equipamiento			
Termografía infrarroja	X		Utilizar cámara termográfica para registrar la temperatura
Inspección visual		X	Verificar el nivel de líquido aislante
Limpieza		X	Limpiar las caratulas (si es necesario) Limpieza General
Servicio mecánico		X	
Pruebas eléctricas		X	Realizar análisis físico-químico Realizar las pruebas descritas en el apartado 4.5.1.

Hoja de Rutas

Ejemplo de hoja de ruta para mantenimiento de motores eléctricos

PARTE DEL MOTOR	Semanal	Mensual	3 meses	6 meses	Anual
ESTATOR					
Inspección visual del estator.					X
Control de la limpieza.					X
Inspección de las cuñas de las ranuras.					
Verificación de la fijación de los terminales del estator.					X
Medición de la resistencia de aislamiento del devanado.					X

Hoja de Rutas

Ejemplo de hoja de ruta para mantenimiento de tableros eléctricos

Parte del tablero	6 meses	12 meses	
Todo el equipamiento			
Termografía infrarroja	x		Con la cámara <u>termográfica</u> observe la temperatura en los puntos de conexión de los Contactores. Ajustar los puntos de conexión si la temperatura sobre pasa 35°C.
Cables de alimentación			
Inspección visual		X	Verificar que <u>el calibre del cable sea el</u> adecuado para la corriente de trabajo
Limpieza		X	Eliminar el polvo de la superficie externa del tablero.
Pruebas eléctricas		X	
Relés de protección electromecánicos			
Inspección visual		X	
Limpieza		X	Eliminar el polvo de la superficie
Servicio mecánico		X	Ajustar los puntos de conexión
Pruebas eléctricas		X	
Relés de protección, estado sólido y microprocesador			
Inspección visual		X	
Limpieza		X	
Servicio mecánico		X	Ajustar los puntos de conexión
Pruebas eléctricas		X	
Interruptores			
Inspección visual		x	
Limpieza		x	Eliminar el polvo de la superficie
Servicio mecánico		x	Ajustar los puntos de conexión
Pruebas eléctricas		x	

Hoja de Reportes

REGISTRO DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DEL TRANSFORMADOR

Planta _____ Fecha _____

Alcance: Transformadores de potencia de 150 kVA y mayor capacidad con tensión primaria de 2300 voltios o superior. Lectura directa: registrada y graficada.

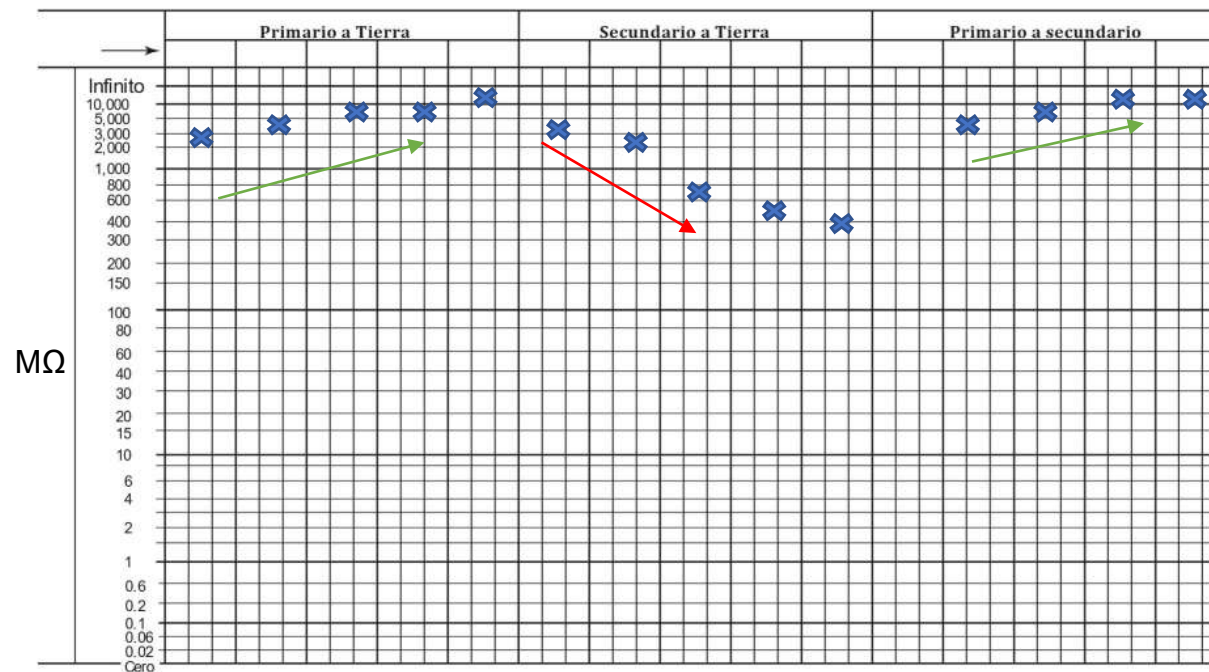
Nº de serie del transformador _____ Fase _____

Ubicación _____ Instrumento utilizado _____

Equipo incluido en la prueba _____

II*	Fecha	Primario a tierra	Secundario a tierra	Primario a secundario	Temp. Interna	Temp. Ambiente

* Iniciales del inspector



Observaciones: _____

Anotar los valores de medición

Graficar los valores de medición

Hoja de Reportes

Hojas de Reportes para Motores Eléctricos

MANTENIMIENTO PREVENTIVO CHECKLIST DE CONTROL DE MOTORES ELECTRICOS													
PLANTA:													
UBICACION:													
TAG:													
Voltaje Medido:	R-S:	R-T:	ST:	RN:	SN:	TN:							
Corriente Medida:	R:	S:			T:								
Temperatura Máx:													
Máquina Rotativa (Motor Eléctrico)	PERIODO		FUNCION	CONTROL A REALIZAR	FECHA		FECHA		FECHA		FECHA		
	Semestral	Trimestral	Actividad 1	Revisión de estado de estructura externa del motor eléctrico (Carcaza, tapa delantera, ventilador, tapa deflectora) y limpiar dicho equipo, pintura si lo amerita	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
			Actividad 2	Medición de Voltaje y la corriente del motor en funcionamiento o en vacío se si pudiere.	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
Actividad 3			Verificar si en funcionamiento se escucha algún ruido de los rodamientos y/o vibra el equipo en funcionamiento o en vacío se si pudiere.	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO		
Semestral		Actividad 4	Verificar los terminales si están sulfatados y recalentados, ajuste de conexiones eléctricas y los pulsadores de comando	RESUELTO		SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
		Actividad 5	Desconexión de terminales y Medición de Megado del Motor	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
		Actividad 6	Revisión del estado de los cables de llegada al motor y ordenar con precintos	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
OBSERVACIONES:													
TECNICO ASIGNADO:													
VERIFICADO POR:													

INFORME DE PRUEBA DE MOTOR

HOJA NÚM. _____ DE _____
 CLIENTE _____ FECHA _____ PROYECTO NÚM. _____
 DIRECCIÓN _____ TEMPERATURA DEL AIRE. _____ HUMEDAD RELATIVA (%) _____
 PROPIETARIO/USUARIO _____ FECHA ÚLTIMA INSPECCIÓN _____
 DIRECCIÓN _____ ÚLTIMO INFORME DE INSPECCIÓN _____
 UBICACIÓN DEL EQUIPO _____
 IDENTIFICACIÓN DEL PROPIETARIO _____

INFORMACIÓN DE LA PRUEBA DEL MOTOR

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO A _____ VCC EN MEGOHMS

30 SEG. _____

60 SEG. _____

10 MIN. _____

D.A. _____

P.I. _____

A. NOMBRE Y MARCA IDENTIFICATIVA DEL MOTOR _____

B. FABRICANTE _____

C. NÚMERO DE MODELO _____

D. NÚMERO DE SERIE _____

E. RPM _____

F. TAMAÑO _____

G. CODIGO _____

H. CABALLOS DE FUERZA _____

I. TENSIÓN Y FASE SEGÚN PLACA _____

J. AMPERIOS DE PLACA _____

K. VOLTAJE REAL _____

L. AMPERIOS REALES _____

M. FABRICANTE DE ARRANQUE _____

N. TAMAÑO INICIAL _____

O. TAMAÑO DEL VENTILADOR, N° DE CATÁLOGO Y AMPERAJE _____

P. AMPERAJE DEL FUSIBLE _____

R. FACTOR DE POTENCIA _____

S. FACTOR DE SERVICIO _____

OBSERVACIONES: _____

EQUIPO DE PRUEBA _____ SERIAL # _____

Hoja de Reporte

Absorción Dieléctrica

$$I_{Abs} = \frac{R_{1Minuto}}{R_{30Segundos}}$$

DA: <1.1	Peligro
DA: >1.1, <1.25	Regular
DA: >1.25, <1.4	Precaución
DA: >1.4, <1.6	Bueno

Índice de Polarización

$$I_P = \frac{R_{10Minutos}}{R_{1Minuto}}$$

IP: <1	Peligro
IP: >1, <1.5	Regular
IP: >1.5, <2.0	Precaución
IP: >2, <4	Bueno

Hoja de Reportes

Hojas de Reportes para Tableros Eléctricos

MANTENIMIENTO PREVENTIVO												
CHECK LIST DE CONTROL DE TABLEROS ELECTRICOS												
PLANTA:												
UBICACIÓN:												
TAG:												
Voltaje Medido:	R-S:	R-T:	ST:	RN:	SN:	TN:						
Corriente Medida:	R:	S:	T:									
Temperatura Máx:												
TABLERO ELECTRICO DE CONTROL Y/O POTENCIA	FUNCION	CONTROL A REALIZAR					FECHA		FECHA		FECHA	
						SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	Actividad 1	Revision de estado de estructura externa del tablero (chapa, anclaje,puerta) reparar y limpiar si lo amerita										
	Actividad 2	Medicion de Voltaje de entrada y de corriente										
	Actividad 3	Verificar ajuste de conexiones electricas en todos los puntos										
	Actividad 4	Verificar puntos calientes en elementos electricos por medio de termografia y/o pitola de temperatura										
	Actividad 5	Revision de correcto funcionamiento de Luces piloto de señalizacion										
	Actividad 6	Revision de tuberias de llegada al tablero que esten correctamente instaladas, y si no existe cables que ameriten encintar										
	Actividad 7	Limpieza general interna y externa de tablero										
	Actividad 8	Prueba de funcionamiento										
						RESUELTO						
						SI	NO	SI	NO	SI	NO	
OBSERVACIONES:												
TECNICO ASIGNADO:												
VERIFICADO POR:												

Lista de Repuestos

Piezas de repuesto para el transformador de Potencia

Piezas de repuesto	
Aislador pasante primario, con su borne correspondiente	•
Aislador pasante secundario, con su borne correspondiente	•
Descargador de sobre tensión	▲
Juntas	▲
Porta fusible MT	▲
Seccionador fusible tipo expulsión MT	▲
Fusible ELO MT	▲
Porta fusible BT	▲
Fusible NH BT	▲
▲ Repuestos necesarios	• Repuestos opcionales

Lista de Repuestos

Piezas de repuesto para motores eléctricos

Piezas de repuesto		
Sensor de temperatura para cojinete delantero y trasero		▲
Filtro para filtro (si aplica)		▲
Rodamiento delantero y trasero para el moto-ventilador		
Lubricante para los cojinetes		▲
Sensor de vibración para cojinete delantero y trasero (si aplica)		•
Convertor de señal de vibración para cojinete delantero y trasero (si aplica)		•
Sensor de temperatura para aire (si aplica)		•
Cojinetes de rodamiento (1 pieza para cada cojinete)	Rodamiento	▲
	Sello de teflón	▲
	Anillo de fijación interno	•
	Anillo de fijación externo	•
	Centrifugador de grasa	•
	Anillo con laberinto	•
	Resorte de presión cilíndrica	•
	Anillo de protección contra entrada de agua	•
Cojinetes de deslizamiento (1 pieza para cada cojinete)	Conjunto de casquillos	▲
	Sello laberinto fluctuante	▲
	Sello mecánico	▲
	Anillo móvil de lubricación	•
	Válvula reguladora de aceite (se aplicable)	•
▲ Repuestos necesarios • Repuestos opcionales		

Lista de Repuestos

Piezas de repuesto para tableros eléctricos

Piezas de repuesto	
Interruptor termomagnético Caja moldeada	▲
Interruptor termomagnético DIN	▲
Conmutadores	▲
Pulsadores	▲
Pulsadores de emergencia	▲
Relés térmicos	▲
Luz piloto	▲
Contactores	▲
Relés de seguridad	▲
Borneras din	▲
Variador de frecuencia	•
Autotransformador	▲
Fuente 24 V DC	▲
Ventiladores	▲
▲ Repuestos necesarios	• Repuestos opcionales

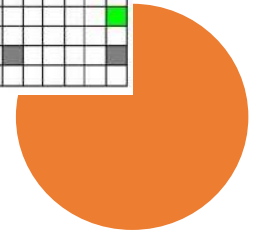
Cronograma



Hoja de cálculo
de Microsoft Excel

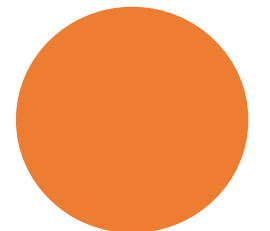


TURNO	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
D																															
N																															
D																															
N																															
D																															
N																															
D																															
N																															
D																															
N																															
D																															
N																															
D																															
N																															
D																															
N																															



Presupuesto del plan de mantenimiento

Descripción	Subtotal (Gs.)
Equipos	127.195.825
Capacitaciones	63.878.110
Motores Eléctricos	196.924.174
Tableros Eléctricos	20.614.200
Transformador	6.720.000
Total (Gs.)	415.332.309



CONCLUSIONES



Un relevamiento de datos



La identificación de los equipos más críticos



La revisión fundamental de la norma NFPA 70B.



Plan de mantenimiento Eléctrico preventivo ajustado a las necesidades específicas de EFISA.



Presupuesto detallado de Gs. 415.332.309.

RECOMENDACIONES



- SEGUIMIENTO CONTINUO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO



- CAPACITACIÓN REGULAR PARA OPERARIOS



- ACTUALIZACIÓN DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS

GRACIAS

