

“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA” JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA EQUIPOS DE LA LINEA DE PRODUCCION DE OXIGENO DE LA
IMPORTADORA JASEL”**

Por:

MARCELO SANDOVAL VARGAS

**Modalidad de graduación Proyecto de grado presentado a consideración de la
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito
para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.**

SEPTIEMBRE del 2023

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

M. Sc. Ing. Marcelo Segovia Cortez

DECANO

M. Sc. Lic. Clovis Gustavo Succi Aguirre

VICE DECANO

FACULTAD DE CIENCIAS

Y TECNOLOGIA

FACULTAD DE CIENCIAS

Y TECNOLOGIA

TRIBUNAL:

Ing. Dean Rafael Castillo Limachi

Ing. Jaime Enrique Lujan Pérez

Ing. Omar Ávila Rojas

Advertencia

El tribunal calificador del presente proyecto, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el presente trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidades del autor.

DEDICATORIA:

A Dios por guiar mis pasos en cada uno de mis objetivos.

A mis padres Samuel Sandoval y Rosario Vargas por ser el pilar fundamental en mi vida, por su amor, trabajo, apoyo y sacrificio en todos estos años.

A mis hermanos Brigham, Junior, Pablo, Sergio y Mauricio que siempre están ahí a pesar de las circunstancias y me respaldan en cada paso que doy y ahora por cumplir un objetivo más.

A mi pareja Marien López por su gran apoyo, por acompañarme en esta etapa y brindarme todo su amor, cariño y comprensión.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios por darme una nueva oportunidad cada día.

A mi familia Sandoval Vargas y mi pareja Marien López por su apoyo incondicional, y que siempre confiaron en mi para poder lograr cada uno de mis objetivos a lo largo de esta vida.

A los docentes por inculcarnos sus conocimientos y experiencias en cada materia cursada.

PENSAMIENTO:

El éxito no está en vencer siempre sino
en no desanimarse nunca.

Napoleón Bonaparte

INDICE

	Página
Advertencia.....	I
Dedicatoria.....	II
Agradecimientos.....	III
Pensamiento.....	IV
Resumen.....	V

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.ANTECEDENTES.....	1
1.1. ANTECEDENTES DE MANTENIMIENTO.....	1
1.2. DATOS DE LA EMPRESA.....	3
1.3. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.4. ÁRBOL DE PROBLEMAS.....	4
1.5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.6. OBJETIVOS.....	5
1.6.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.7. JUSTIFICACIÓN.....	5

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. CONCEPTO MANTENIMIENTO.....	7
2.2. IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO.....	7
2.3. TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	8
2.3.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	8
2.3.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	9
2.3.2.1. TIPOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	10
2.3.2.2. FORMA DE APLICAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	10
2.3.3. MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	11
2.3.4. MANTENIMIENTO CERO HORAS U OVERHAUL.....	12
2.3.5. MANTENIMIENTO EN USO.....	12

2.4. HERRAMIENTAS PARA CONTROL Y EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	12
2.4.1. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM).....	12
2.4.2. CICLO DE DEMING (PDCA).....	13
2.4.3. FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS.....	13
2.5. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE FALLAS.....	14
2.5.1. MATRIZ DE RIESGOS.....	14
2.5.2. EL ANÁLISIS MODAL DE FALLAS Y EFECTOS (AMFE).....	17
2.5.2.1. PASOS A SEGUIR COMO HACER UN AMFE:.....	17
2.6. ISO 9001.....	19
2.6.1. OPERACIÓN.....	19
2.6.1.1. PLANIFICACIÓN Y CONTROL OPERACIONAL.....	19
2.6.1.2. BENEFICIOS CON LA IMPLEMENTACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE ESTA NORMA.....	20
2.6.2. DIAGNÓSTICO DE MANTENIMIENTO SEGÚN BASE DE LA NORMA ISO 9001.....	20
2.7. ISO 55000.....	22
2.7.1. VENTAJA.....	23
2.7.2. PROPÓSITO.....	23
2.7.3. BENEFICIOS DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS.....	24
2.7.4. DIAGNÓSTICO DE MANTENIMIENTO SEGÚN BASE DE LA NORMA ISO 55000.....	25
2.8. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	27
2.8.1. BENEFICIOS DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	28
2.9. INDICADORES MTBF Y MTTR.....	29
2.9.1. MTBF: TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS.....	29
2.9.1.1. CÓMO CALCULAR EL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS.....	29
2.9.2. MTTR: TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN.....	30
2.9.2.1. CÓMO CALCULAR EL TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN.....	31
2.9.3. IMPORTANCIA DE LAS MÉTRICAS MTTR Y MTBF.....	31
2.10. MANUAL DE MANTENIMIENTO.....	32
2.11. CHECK LIST.....	33

2.12. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS.....	34
2.13. DIAGRAMA DE PARETO.....	34

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1. NIVEL DE DISEÑO DEL PROYECTO.....	39
3.2. JUSTIFICACIÓN DEL NIVEL DE DISEÑO.....	39
3.3. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO TÉCNICO Y METODOLÓGICO.....	40
3.3.1. FASE N°1: TRABAJO DE CAMPO.....	40
3.3.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	40
3.3.1.2. COORDINACIÓN CON EL ÁREA DE MANTENIMIENTO.....	40
3.3.1.3. ANÁLISIS DE LAS FALLAS.....	40
3.3.1.4. SISTEMA DE CODIFICACIÓN.....	40
3.3.1.5. BÚSQUEDA DE RECOMENDACIÓN DE LOS FABRICANTES.....	40
3.3.2. FASE N°.2: PROCESO DE LA INFORMACIÓN.....	41
3.3.2.1. SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	41
3.3.2.2. ORGANIZACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN.....	41
3.3.3. FASE N°.3: DISEÑO DEL PROYECTO.....	41
3.3.3.1. DETERMINACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE APOYO.....	41
3.3.3.2. CREACIÓN DE LAS TAREAS.....	41
3.3.3.3. PROGRAMACIÓN DE INSPECCIÓN Y CONTROLES DE LAS TAREAS PROPUESTAS.....	42
3.3.3.4. CREACIÓN DE INVENTARIO DE REPUESTOS RÁPIDOS.....	42

CAPITULO IV

DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DE LA EMPRESA

4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA.....	43
4.1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	43
4.1.2. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA.....	43
4.1.2.1. LOGOTIPO DE LA EMPRESA.....	44
4.1.3. COMPONENTES ESTRATÉGICOS DE LA EMPRESA.....	44
4.1.3.1. MISIÓN.....	44
4.1.3.2. VISIÓN.....	44
4.1.4. ORGANIZACIÓN.....	45

4.1.5. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.....	45
4.1.6. MATERIA PRIMA.....	46
4.1.7. PRODUCTOS Y/O SERVICIOS.....	46
4.1.8.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	48
4.1.8.2. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	49
4.1.8.3. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE PROCESO.....	50
4.1.8.4. CURSOGRAMA ANALÍTICO.....	51
4.1.8.5. CURSOGRAMA SINÓPTICO.....	53
4.1.9. EQUIPOS.....	53
4.1.10. LAY OUT - DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.....	59
4.1.11. ELIMINACIÓN DE EFLUENTES.....	59
4.2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS EQUIPOS.....	60
4.3. ACTUAL SISTEMA DE MANTENIMIENTO.....	73
4.3.1. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	73
4.3.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR AIRE TORNILLO.....	73
4.3.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA UNIDAD DE PRE-ENFRIAMIENTO.....	76
4.3.1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DEL PURIFICADOR.....	78
4.3.1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA COLUMNA DE ENFRIAMIENTO.....	80
4.3.1.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA BOMBA DE OXIGENO.....	82
4.3.2. DIAGNÓSTICO DE EVALUACIÓN EN BASE A LA NORMA ISO 55000: 2014.....	84

CAPITULO V

DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

5.1. INTRODUCCIÓN.....	86
5.2. COMISIÓN DE MANTENIMIENTO.....	86
5.3. DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO..	87
5.3.1. SISTEMA DE CODIFICACIÓN.....	87

5.3.1.1. CODIFICACIÓN DE DOCUMENTOS.....	87
5.3.1.2. CODIFICACIÓN DE EQUIPOS.....	89
5.3.2. FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS.....	90
5.3.3. MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO.....	91
5.3.3.1.MANUAL DEL COMPRESOR DE AIRE TORNILLO.....	92
5.3.3.2. MANUAL DE LA UNIDAD DE PRE-ENFRIAMIENTO.....	94
5.3.4.1. CHECKLIST DE LOS EQUIPOS.....	102
5.3.4.2. TAREAS PROGRAMADAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	104
5.3.4.2.1. TAREAS DIARIAS.....	104
5.3.4.1.2. TAREAS PERIÓDICAS.....	108
5.3.4.2. INVENTARIO DE REPUESTOS	114
5.3.4.3. ORDEN DE TRABAJO.....	117
5.3.5.INSTRUCTIVO PARA REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	118
5.3.6.MANTENIMIENTO DE APOYO: MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	121
5.3.6.1. INSTRUCTIVO DE REPARACIÓN.....	121
5.3.6.2. REPORTE DE FALLAS.....	123
5.3.6.3. REGISTRO DE REPARACIONES.....	124
5.3.7. MANUAL DEL DISEÑO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	125
5.4. INDICADORES DE MANTENIMIENTO.....	128
5.5. PRESUPUESTO DE IMPLEMENTACIÓN.....	145
5.5.1. COSTOS FIJOS.....	145
5.5.2. COSTOS VARIABLES.....	145

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES.....	147
6.2. RECOMENDACIONES.....	149

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla II 1-Ficha Técnica.....	14
Tabla IV1-Información de la Empresa.....	43
Tabla IV 2-Características del Oxígeno.....	47
Tabla IV 3-Análisis de fallas de toda la línea de producción de oxígeno.....	64
Tabla IV 4-Categorización de Riesgos.....	68
Tabla IV 5-Análisis de falla por el método AMFE.....	71
Tabla V 1-Inventario de Repuestos.....	114
Tabla V 2-Indicadores del compresor.....	129
Tabla V 3-Indicadores de la unidad de pre enfriamiento.....	131
Tabla V 4 -Indicadores de la columna de enfriamiento.....	132
Tabla V 5-Indicadores del purificador.....	133
Tabla V 6-Indicadores de la bomba de oxígeno.....	134
Tabla V 7-Indicadores del compresor aire tornillo.....	136
Tabla V 8-Indicadores de la unidad de pre- enfriamiento.....	138
Tabla V 9-Indicadores del purificador.....	139
Tabla V 10-Indicadores de la columna de enfriamiento.....	140
Tabla V 11-Indicadores de la bomba de oxígeno.....	141
Tabla V 12-Indicadores de los equipos.....	142
Tabla VI 1-Costos fijos.....	145
Tabla VI 2-Costos variables.....	146
Tabla VI3-Costototalde implementación.....	146

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro II 1-Probabilidad.....	15
Cuadro II 2-Severidad.....	15
Cuadro II 3-Nivel de riesgo P x S.....	16
Cuadro II 4-Requisitos de la ISO 9001:2015.....	21
Cuadro II 5- Requisitos de la norma ISO 55000.....	25
Cuadro IV1-Cursograma analítico.....	52
Cuadro IV 2-Cursograma sinóptico.....	53
Cuadro IV 3-Compresor de aire de tornillo.....	54
Cuadro IV 4-Unidad de pre enfriamiento	55
Cuadro IV 5-Purificador.....	56
Cuadro IV 6-Columna de enfriamiento.....	57
Cuadro IV 7-Bomba de Oxígeno.....	58
Cuadro IV 8-Compresor de aire tornillo.....	61
Cuadro IV 9-Unidad de pre enfriamiento	62
Cuadro IV 10-Columna de enfriamiento.....	62
Cuadro IV 11-Purificador.....	63
Cuadro IV 12-Bomba de oxígeno.....	63
Cuadro IV 13-Descripción de Fallas.....	67
Cuadro IV 21 Tareas Periódicas del Compresor.....	109
Cuadro IV 22 Tareas Periódicas de la Unidad de Pre enfriamiento.....	110
Cuadro IV 23 Tareas Periódicas de la Columna de enfriamiento.....	111
Cuadro IV 24 Periódicas del Purificador.....	112
Cuadro IV 25 Tareas Periódicas de la Bomba de Oxígeno.....	113
Cuadro V1-Codificación de documentos.....	88
Cuadro V 2-Listado de equipos.....	90
Cuadro V 3-Ficha técnica.....	91
Cuadro V 4-Check list de los equipos.....	103
Cuadro V 5-Tareas Diarias del Compresor.....	105
Cuadro V 6-Tareas Diarias de la Columna de enfriamiento.....	107

Cuadro V 7-Orden de Trabajo.....117
Cuadro V 8-Orden de Reparación.....121
Cuadro V 9-Reporte de fallas.....123
Cuadro V 10-Registro de Reparaciones.....124

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura I 1-Árbol de Problema.....	4
Figura IV1-Logo de la empresa.....	44
Figura IV 2-Organigrama de la Empresa.....	45
Figura IV 3-Localización de la Empresa.....	46
Figura IV 4-Diagrama de flujo.....	49
Figura IV 5-Distribución de la planta.....	59
Figura IV 6-Proceso de mantenimiento del compresor aire tornillo.....	75
Figura IV 7- Proceso de mantenimiento de la unidad de Pre-enfriamiento.....	77
Figura IV 8- Proceso de mantenimiento del Purificador.....	79
Figura IV 9- Proceso de mantenimiento de la Columna de Enfriamiento.....	81
Figura IV 10- Proceso de mantenimiento de la Bomba de Oxígeno.....	83
Figura IV 11- Estado de la información documentada de acuerdo a la norma ISO 55000.....	85
Figura V1-Indicadores del compresor.....	130
Figura V 2-Indicadores de la unidad de pre enfriamiento.....	131
Figura V 3-Indicadores de la columna de enfriamiento.....	132
Figura V 4-Indicadores del purificador.....	133
Figura V 5-Indicadores de la bomba de oxígeno.....	134

INDICE DE ECUACIONES

	Página
Ecuación (1).....	19
Ecuación (2).....	19
Ecuación (3).....	30
Ecuación (4).....	31

ABREVIATURAS

Sigla	Definición
TPM	Mantenimiento Productivo Total
RCM	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad
PDCA	Ciclo de Deming
KPI	Indicadores de mantenimiento
MTBF	Indicador que denota el Tiempo Medio Entre Fallas
MTBF	Indicador para sistemas reparables
SGC	Sistema de Gestión de la Calidad
NPR	Número de prioridad de falla
CRIT	Criticidad