



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN EL
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA LA MAQUINARIA DE
RECUPERACIÓN DE TURBINAS DEL CIRT EN LA EMPRESA CELEC EP –
HIDROAGOYÁN.”

AUTOR: José Antonio Lozada Cepeda

TUTOR: Ing. Christian Castro, Mg

AMBATO-ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de graduación, certifico que el presente proyecto técnico realizado por el Sr. José Antonio Lozada Cepeda, estudiante de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, se desarrolló bajo mi tutoría, es un trabajo personal e inédito, bajo el tema: ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA LA MAQUINARIA DE RECUPERACIÓN DE TURBINAS DEL CIRT EN LA EMPRESA CELEC EP – HIDROAGOYÁN.

En el presente trabajo de graduación bajo mi tutoría fueron concluidos de manera correcta los 4 capítulos que conforman el proyecto técnico dentro del tiempo establecido según la normativa que rige en la Universidad Técnica de Ambato.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, y puede continuar con el trámite pertinente.

En la ciudad de Ambato, Mayo de 2017.

.....
Ing. Mg. Christian Castro

AUTORÍA DEL PROYECTO TÉCNICO

Yo, JOSE ANTONIO LOZADA CEPEDA, declaro que los contenidos y los resultados en el presente proyecto técnico, como requerimiento previo para la obtención del título de Ingeniero Mecánico, son absolutamente originales, auténticos y personales a excepción de las citas, cuadros y gráficos de origen bibliográfico.

.....

José Antonio Lozada Cepeda.

Autor

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste Proyecto Técnico dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Autor

José Antonio Lozada Cepeda

APROVACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal de grado aprueban el informe del proyecto técnico realizado por el estudiante José Antonio Lozada Cepeda de la carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: “ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA LA MAQUINARIA DE RECUPERACIÓN DE TURBINAS DEL CIRT EN LA EMPRESA CELEC EP – HIDROAGOYÁN”

Ambato, Julio del 2017

Para constancia firman:

Ing. Mg. Alejandra Lascano

Ing. Mg. Gustavo Patín

DEDICATORIA

A mis padres pues este es el fruto de su inmenso sacrificio:

A Fabián por su ejemplo, apoyo y disciplina. Porque me mostró el significado de la rectitud, la tenacidad y el deseo de soñar alto.

A Alexandra por su esfuerzo, abnegación, entrega y bondad porque me enseñó que no tiene sentido ser luz si no vas a iluminar la vida de los demás.

Gracias por todo lo que me hicieron pasar, porque me empujaron lejos de una vida buena y me enseñaron a buscar una llena de grandeza.

A mis hermanos:

A Vanessa por su apoyo por ser mi amiga incondicional.

A Mathías, la razón este y mis futuros esfuerzos y logros.

A mi abuela Margarita porque durante toda mi vida universitaria antes de clases supo esperarme con un plato de comida caliente con un abrazo.

A mis Tíos Tito y Titi por su bondad, generosidad, y su apoyo incondicional.

A Francisco por su consejo y su amistad sincera.

A María José y María Alejandra, Ligia, Jorge, Paulina, Jaime, María Paula y Ruperto por su integridad, bondad y apoyo durante mi vida estudiantil.

A mis amigos de la infancia y de mi vida universitaria. Por todas las experiencias irremplazables y aventuras grandiosas que compartimos juntos.

José Antonio

AGRADECIMIENTO

Al Señor ING. CHRISTIAN CASTRO TUTOR ACADÉMICO DE TESIS, por la bondad, comprensión e integridad mostradas. Gracias por su colaboración y guía en el desarrollo del presente trabajo investigativo.

Al Señor ING. MAURICIO CAICEDO. GERENTE DE CELEC EP HIDROAGOYÁN por abrirme las puertas de tan noble institución y brindar todas las facilidades necesarias para la culminación presente trabajo.

Al Señor ING. GONZALO ALTAMIRANO PÉREZ JEFE DEL CIRT por la amabilidad mostrada al dar apertura del presente proyecto en el CIRT y brindar su tiempo y orientación para su culminación exitosa.

Al Señor ING. MARCO VINICIO ZABALA TABANGO JEFE DE MANUFACTURA Y RECUPERACIÓN y TUTOR EMPRESARIAL DEL PROYECTO por su paciencia, ayuda y guía en el desarrollo del mismo.

Y en general a todo el personal que labora diariamente en las instalaciones del CIRT y de CELEC EP HIDROAGOYÁN por la calidez, gentileza y colaboración mostradas.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL PROYECTO TÉCNICO	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA	vii
Agradecimiento.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xivv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I.....	1
1. EL PROBLEMA	1
1.1 TEMA	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	1
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
CAPÍTULO II	4
2. FUNDAMENTACIÓN	4
2.1 INVESTIGACIONES PREVIAS	4
2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL	5
2.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.3.1 MANTENIMIENTO.....	6
2.3.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO	6
2.3.2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	7
2.3.2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	7
2.3.3 NIVELES DE MANTENIMIENTO.....	8
2.3.4 PLAN DE MANTENIMIENTO	9
2.3.5 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL - TPM	9
2.3.5.1 INTRODUCCIÓN AL TPM	9

2.3.5.2 DEFINICIÓN DEL TPM	10
2.3.5.3 OBJETIVOS DEL TPM.....	11
2.3.5.4 LA CASA DEL TPM Y LOS ELEMENTOS CLAVES	12
2.3.5.5 LAS 5S	13
A) PRIMERA S: SEIRI.....	14
B) SEGUNDA S: SEITON	14
C) TERCERA S: SEISO	15
D) CUARTA S: SEIKETSU.....	15
E) QUINTA S: SHITSUKE	15
2.3.5.6 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.....	16
2.3.5.7 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM (RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE)	17
A) ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)	18
B) CRITICIDAD (CA)	19
2.3.5.8 PASOS PARA LA IMPLANTACIÓN DEL TPM.....	20
PASO 1: DECISIÓN DE LA DIRECCIÓN O CREACIÓN DEL ENTORNO APROPIADO	21
PASO 2: INFORMACIÓN Y FORMACIÓN TÉCNICA.....	21
PASO 3: DESIGNACIÓN DE LA ESTRUCTURA PARA EL TPM.....	21
PASO 4: DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA	21
PASO 5: ELABORACIÓN DEL PLAN MAESTRO TPM.....	22
PASO 6: LANZAMIENTO OFICIAL DEL PROGRAMA TPM.....	22
PASO 7: IMPLANTACIÓN DE LA MEJORA DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL (OEE)	22
PASO 8: DESARROLLO DEL AUTOMANTENIMIENTO	25
PASO 9: DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PROGRAMADO	25
PASO 10: CAPACITACIÓN Y MEJORA DE COMPETENCIAS TÉCNICAS Y HABILIDADES PARA TODO EL PERSONAL	25
PASO 11: INTEGRACIÓN DE LOS NUEVOS EQUIPOS.....	25
PASO 12: CERTIFICACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DEL TPM.....	25
CAPÍTULO III	27
3. DISEÑO DEL PROYECTO	27
3.1 METODOLOGÍA DE LA IMPLANTACIÓN DEL TPM	27
3.2 RESUMEN DE LA INSTALACIÓN.....	28
3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	28

3.2.2 SERVICIOS OFRECIDOS	31
3.3 DESARROLLO DEL PROGRAMA TPM	32
3.3.1 DECISIÓN DE LA DIRECCIÓN	32
3.3.2 CAMPAÑA DE INFORMACIÓN	32
3.3.3 CREACIÓN DE LA ESTRUCTURA	33
3.3.4 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA	33
3.3.4.1 FODA	33
3.3.4.2 INVENTARIO DE MÁQUINAS	34
3.3.5 PLAN MAESTRO DEL TPM	35
3.3.5.1 SELECCIÓN DEL EQUIPO PILOTO	35
3.3.5.2 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S	36
A) IMPLEMENTACIÓN SIERI (CLASIFICAR, SELECCIONAR Y ORGANIZAR)	36
B) SEITON (ORDENAR)	43
3.3.5.3 IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	44
3.3.5.4 IMPLANTACIÓN DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE	54
A) LÍQUIDO DE CORTE	54
B) MANIPULACIÓN DE PIEZAS O HERRAMIENTAS	54
C) VERIFICACIÓN DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN	54
D) EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	55
E) ZONAS DE PELIGRO DE LA MÁQUINA	55
F) RUIDO	56
G) ILUMINACIÓN	56
H) RIESGOS RESIDUALES	56
I) AUDITORÍA DE ACCIDENTES Y SEGURIDAD	57
3.3.5.5 PLAN DE MANTENIMIENTO	58
A) ELABORACIÓN DE LA FICHA TÉCNICA	58
B) LEVANTAMIENTO DE PARTES	61
C) DOSSIER	66
DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA	66
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA	66
DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS	71
LISTA DE PLANOS DE CONJUNTO DE LA MÁQUINA	74
PESOS APROXIMADOS	75
D) ANÁLISIS AMFE	76

E) ANÁLISIS DE CRITICIDAD	87
F) GAMAS DE MANTENIMIENTO	95
G) PLAN DE MANTENIMIENTO ANUAL	115
H) INGRESO DE LAS GAMAS DE MANTENIMIENTO EN EL SOFTWARE	128
3.3.5.6 CÁLCULO DE LA EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO (O.E.E).....	137
CAPÍTULO IV	142
4.1 CONCLUSIONES	142
4.2 RECOMENDACIONES	143
BIBLIOGRAFÍA	144
ANEXOS	146
ANEXO A. ESQUEMA DE LA NAVE INDUSTRIAL DEL CIRT.....	147
ANEXO B. DIMENSIONES DEL TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000.....	148
ANEXO C. MAPA DE RIESGOS DEL TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000.....	151
ANEXO D. ESQUEMA DE UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL TPM.....	152
ANEXO E. ESQUEMA DE UBICACIÓN DE ELEMENTOS A SOCIALIZAR EN EL TABLERO KAIZEN.....	153
ANEXO F. INFORME PROYECTO CIRT16-SFO-TH-008	154
ANEXO G. FOTOGRAFÍAS APLICACIÓN 5S, SEGURIDAD E H. AMBIENTAL.....	155
ANEXO H. EXTRACTOS DE LA NORMA ISO 3655, 1986.....	160
ANEXO I. RESUMEN DE LA NORMA ISO 14224, 2006.....	162
ANEXO J. ESTRUCTURA HOMOLOGADA DE OBJETOS FUNCIONALES Y SERIALES EN CELEC EP HIDROAGOYÁN.....	173

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. CIRT	2
Figura 1-2. Equipos del CIRT	3
Figura 2-1. Tipos de Mantenimiento	8
Figura 2-2. Evolución del alcance del TPM.....	10
Figura 2-3. Objetivos del TPM	11
Figura 2-4. Casa y pilares básicos del TPM.....	12
Figura 2-5. Pilares de las 5S.....	13
Figura 2-6. Esquema de preguntas clave Seiri	14
Figura 2-7. Mapas de localización	15
Figura 2-8. Modelo de Matriz de criticidad	20
Figura 2-9. Conceptos del OEE	24
Figura 3-1. Metodología de implantación de TPM.....	27
Figura 3-2. CIRT	28
Figura 3-3. Estructura Administrativa de CELEC EP Unidad de Negocio HIDROAGOYÁN.....	29
Figura 3-4. Estructura Administrativa del CIRT- Unidad de Negocio HIDROAGOYÁN CELEC EP	30
Figura 3-5. Análisis FODA del CIRT	33
Figura 3-6. Identificación Seiri	38
Figura 3-7. Aplicación Seiri	39
Figura 3-8. Esquema de preguntas clave Seiri	39
Figura 3-9. Modelo de tarjetas rojas	40
Figura 3-10. Gestión de elementos innecesarios Seiri	42
Figura 3-11. Casillero y armario de herramientas.....	43
Figura 3-12. Señalización de la ubicación de los elementos.....	44
Figura 3-13. Señalización de herramientas	46
Figura 3-14. Buzón de Inconformidades (medidas en mm).....	46
Figura 3-15. Fuentes de contaminación	48
Figura 3-16. Puertas y barandillas de seguridad	54
Figura 3-17. Señalización según NTE INEN 439,1984.....	55
Figura 3-17. Vista general de la máquina.....	66
Figura 3-18. Ejes de la máquina.....	69
Figura 3-19. Diagrama par-potencia del accionamiento del plato	70
Figura 3-20. Diagrama par-potencia del accionamiento	70
Figura 3-21. Modelo de matriz de criticidad.....	90
Figura 3-22. Ventana inicial “Central”	128
Figura 3-23. Registro de usuario “Central”	129
Figura 3-24. Ventana de menú disponibles “Central”	129
Figura 3-25. Menú “Planta”	130
Figura 3-26. “ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO”	130
Figura 3-27. Herramientas de “ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO”.....	131
Figura 3-28. Ventana de “INFORMACIÓN TÉCNICA”	132

Figura 3-29. Ejemplo de hoja de datos de “INFORMACIÓN TÉCNICA”	132
Figura 3-30. Pestaña “ACTIVIDADES”	133
Figura 3-31. Pestaña “FOTOS”	133
Figura 3-32. Pestaña “HISTORICO DE ORDENES DE TRABAJO”	134
Figura 3-33. “Emitir OT.”	134
Figura 3-34. Menú de Orden de trabajo	135
Figura 3-35. Cuadro de diálogo de operaciones de impresión	135
Figura 3-36. Ejemplo de orden de trabajo	136
Figura 3-37. Interpretación OEE	139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Evolución del mantenimiento	6
Tabla 2-2. Estrategia para alcanzar la fábrica ideal.....	16
Tabla 2-3. Etapas para el desarrollo del automantenimiento	17
Tabla 2-4. Las 12 etapas de un programa TPM.....	26
Tabla 3-1. Estructura de los equipos del CIRT	34
Tabla 3-2. Matriz de valoración cuantitativa.....	35
Tabla 3-3. Matriz de ponderación de los equipos del CIRT	35
Tabla 3-4. Inventario de los elementos innecesarios.....	37
Tabla 3-5. Gestión de los elementos innecesarios.....	41
Tabla 3-6. Inventario de los elementos necesarios para la limpieza	45
Tabla 3-7. Registro de elementos encontrados durante la limpieza	47
Tabla 3-8. Detección y clasificación de las fuentes de contaminación	48
Tabla 3-9. Puntos de lubricación del Torno vertical BOST CNC SMART 50CH-4000..	49
Tabla 3-10. Auditoria 5S y mantenimiento autónomo	52
Tabla 3-11. Formato de auditoria de seguridad y accidentes	57
Tabla 3-12. Ficha técnica del Torno mecánico vertical CNC SMART 50 CH-4000	58
Tabla 3-13. Estructura del torno vertical CNC SMART 50CH-4000	61
Tabla 3-14. Resumen de elementos de la máquina	71
Tabla 3-15. Lista de planos de conjunto de la máquina	74
Tabla 3-16. Pesos Aproximados de la máquina	75
Tabla 3-17. Ponderación de criterios AMFE.....	76
Tabla 3-18. Análisis de Métodos y Efectos de Fallos	77
Tabla 3-19. Resumen AMFE.....	86
Tabla 3-20. Ponderación de criticidad.....	87
Tabla 3-21. Cálculo de criticidad	88
Tabla 3-22. Matriz de criticidad Tablero principal (UHA1)	91
Tabla 3-23. Matriz de criticidad Refrigerador de tablero (VTP1)	91
Tabla 3-24. Matriz de criticidad Instrumentación	91
Tabla 3-25. Matriz de criticidad Tableros locales (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5) ..	92
Tabla 3-26. Matriz de criticidad Refrigerador aceite hidráulico	92
Tabla 3-27. Matriz de criticidad Refrigerador hidrostático x/z.....	92
Tabla 3-28. Matriz de criticidad Actuadores y motores	93
Tabla 3-29. Matriz de criticidad Estructura principal	93
Tabla 3-30. Matriz de criticidad Sistema neumático.....	93
Tabla 3-31. Matriz de criticidad Sistema hidráulico	94
Tabla 3-32. Matriz de criticidad Protecciones y cubiertas	94
Tabla 3-33. Matriz de criticidad Barrón.....	94
Tabla 3-34. Especificación de códigos de mantenimiento CELEC	95
Tabla 3-35. Gama de mantenimiento mecánico.....	95
Tabla 3-36. Gama de mantenimiento mecánico trimestral.....	98
Tabla 3-37. Gama de mantenimiento mecánico anual	100
Tabla 3-38. Gama de mantenimiento eléctrico	102
Tabla 3-39. Gama de mantenimiento eléctrico trimestral	106

Tabla 3-40. Gama de mantenimiento eléctrico semestral	108
Tabla 3-41. Gama de mantenimiento eléctrico semestral	110
Tabla 3-42. Gama de mantenimiento eléctrico anual.....	112
Tabla 3-43. Gama de mantenimiento autónomo de los operarios.....	114
Tabla 3-44. Plan de mantenimiento anual	115
Tabla 3-45. Formato de toma de datos OEE	140
Tabla 3-46. Formato cálculo OEE por proyecto	141

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN EL
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA LA MAQUINARIA
DE RECUPERACIÓN DE TURBINAS DEL CIRT EN LA EMPRESA CELEC EP
– HIDROAGOYÁN**

Autor: José Antonio Lozada Cepeda

Tutor: Ing. Christian Castro, Mg

RESUMEN

El propósito del presente proyecto es desarrollar un plan maestro para establecer la filosofía del TPM en el Torno Vertical del Centro de Investigación y Recuperación de turbinas CIRT. Este proyecto abarca 5 de los 12 pasos establecidos por el JIPM (Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas) para la implantación del TPM (Mantenimiento Productivo Total) en las empresas. Este proyecto establece la documentación necesaria para la aplicación de las 5S y el mantenimiento autónomo. Además de instrucciones y sugerencias ambientales y de seguridad para los operadores. Las actividades de mantenimiento preventivo son planteadas en base técnicas de RCM (Mantenimiento Basado en la Confiabilidad) como: CA (Análisis de criticidad) y AMFE (Análisis Modal de fallos y efectos). Y las actividades de mantenimiento predictivo son establecidas según la normativa ISO 3655, 1986. Todas estas actividades incluyendo las de automantenimiento son organizadas, clasificadas y programadas en gamas. Por último realiza el cálculo del OEE (eficiencia global del equipo) para un proceso de mandrinado en el torno vertical y se identifican las principales pérdidas en la eficiencia global de la máquina.

Palabras clave: TPM, RCM, OEE, torno vertical.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO
FACULTY OF CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DESIGN OF A MAINTENANCE PLAN BASED ON TOTAL PRODUCTIVE
MAINTENANCE (TPM) FOR CIRT'S TURBINE RECOVERY MACHINERY IN
THE COMPANY CELEC EP – HIDROAGOYÁN**

Author: José Antonio Lozada Cepeda

Advisor: Ing. Christian Castro, Mg

ABSTRACT

The purpose of this project is to make a master plan in order to develop TPM (Total Productive Maintenance) philosophy for the Vertical Turning Lathe of the Turbine Research and Recovery Establishment CIRT. This project develops five of the twelve steps established by JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance) for the TPM implementation. This project also provides the necessary documentation for: 5S and autonomous maintenance application. Also, some safety health and environment suggestions are provided. PM (preventive maintenance) activities are chosen based on RCM (Reliability Centered Maintenance) techniques like: CA (Critical Analysis) and FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). Also, several predictive maintenance activities are established following ISO 3655, 1986. All these activities including automotive maintenance ones are organized and scheduled. Finally OEE (Overall Equipment Effectiveness) rate is applied to a broaching process to the vertical turning lathe in order to identify the principal losses on the machine.

Keywords: TPM, RCM, OEE, vertical turning lathe.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1 TEMA

Elaboración de un Plan de Mantenimiento basado en el Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la maquinaria de recuperación de turbinas del CIRT en la empresa CELEC EP – HIDROAGOYÁN.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Actualmente la industria latinoamericana afronta el gran reto de la globalización, por tal razón en su sistema de producción es necesario incluir sistemas de gestión de mantenimiento y manufactura de clase mundial. Las industrias que desarrollan planes de mejoras y diagnostican la necesidad de incrementar la eficiencia y productividad en sus empresas no escapan a considerar la filosofía del TPM como la mejor opción. [1]

El gobierno actual en el afán de promover el uso de energías alternativas para la generación eléctrica y promover la industrialización del Ecuador ha puesto en marcha la generación de nuevas centrales hidroeléctricas con el fin de duplicar el sector energético aprovechando el potencial hidráulico del país.

La CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR (CELEC EP) en su Unidad de Negocios Hidroagoyán ha emprendido la implementación de un CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS HIDROELÉCTRICAS (CIRT). El mismo que estará destinado a cubrir la demanda de mantenimiento, recuperación y construcción de partes y elementos de turbinas a nivel nacional con proyección futura a construir turbinas con tecnología y mano de obra ecuatoriana. Esto permitirá una independencia tecnológica a mediano plazo para apoyar el cambio de la matriz energética.

Dicho centro actualmente en fase de implementación cuenta con máquinas herramientas, equipos y dispositivos de última generación a la vanguardia del avance tecnológico entre los cuales se encuentran: un centro de mecanizado CNC automatizado, un torno vertical

diseñado para mecanizar piezas grandes con un diámetro del plato 4 metros y una altura de torneado de 2,5 metros con precisión de 0,001 mm, un horno de inducción eléctrica para tratamiento térmicos y un sistema robotizado de soldadura (robot de 8 ejes), entre otros equipos. [2]

El CIRT tiene la necesidad de implementar un plan de mantenimiento basado en prácticas de mantenimiento de clase mundial; en este sentido se ha pensado en el Mantenimiento Productivo Total (TPM) como una alternativa para este propósito; por tal motivo este trabajo pretende aplicar como plan piloto la implementación del TPM en el torno vertical de 3 ejes con base en la filosofía de las 5 S, el auto mantenimiento de los operadores y la estructura de mantenimiento programado, se pretende que esto sirva de ejemplo para la posterior implementación de este tipo de mantenimiento en todos sus equipos.

La aplicación del TPM permitirá reducir las fallas que se presentan y los tiempos de parada; en base a actividades de mantenimiento autónomo y programado asegurando la confiabilidad y permitiendo así alargar la vida útil de los equipos y recursos tan vitales para la producción empresarial; [3] aumentando así la eficiencia global de los equipos y trabajadores, creando una adecuada filosofía de trabajo. [4]

Un plan de mantenimiento productivo total aplicado a la maquinaria del CIRT generará beneficios como: mejor control de operaciones y calidad del ambiente de trabajo, mayor fiabilidad y disponibilidad de los equipos y eliminación de las causas potenciales de accidentes y de las pérdidas que afectan a la productividad de la planta. [5]



Figura 1-1. CIRT
Fuente: [Autor]



Figura 1-2. Equipos del CIRT
Fuente: [Autor]

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- “Elaborar un plan piloto del Mantenimiento Productivo Total con base en la filosofía de las 5S, el auto mantenimiento y el mantenimiento programado para el torno vertical CNC del CIRT en la empresa CELEC EP – HIDROAGOYÁN.”

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la estructura física del equipo y levantar un inventario técnico de sus partes.
- Establecer indicadores de fallo y criticidad de los principales sistemas y equipos del CIRT en base a un análisis con técnicas y métodos de mantenimiento productivo total.
- Elaborar actividades, criterios y frecuencias de ejecución de mantenimiento autónomo con base en la filosofía de las 5S.
- Obtener gamas de mantenimiento para los principales sistemas y equipos del CIRT para programarlos en un software específico.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN

2.1 INVESTIGACIONES PREVIAS

Se citan los siguientes proyectos:

- En su proyecto de implantación del mantenimiento planificado para la empresa TREFILEC CIA. LTDA A, Jácome y T. Oña desarrollan paso a paso la metodología de implantación del TPM con el objetivo de reducir: fallas de equipos, accidentes de trabajo, y aumentar la eficiencia global del equipo.

Durante su trabajo de titulación los autores desarrollan: la filosofía de las 5S y los pilares mantenimiento autónomo y de seguridad en la empresa; siguiendo la metodología indicada por el Mantenimiento Productivo Total.

Esta investigación concluye que una vez implantado el TPM se observa una reducción en los costos de mantenimiento y una disminución de la frecuencia de fallas en los departamentos en que fue aplicado dicho plan.

Este proyecto permitió acercar a la empresa a su objetivo de: cero fallas, cero defectos y cero despilfarros.

- Al desarrollar e implementar un sistema de gestión mantenimiento productivo total (TPM) en la empresa ICAPEB CIA. LTDA G, Lema se plantea aplicar: el mantenimiento autónomo, las 5S y reglas de seguridad industrial en un equipo piloto de la planta al cual se ha considerado como equipo crítico.

Luego de aplicar las nuevas órdenes de trabajo el proyecto logró involucrar al personal de producción en tareas de mantenimiento. Además se concluyó en un aumento en: la capacidad el proceso, la calidad del producto, la productividad y la eficiencia del equipo un 20%.

- Durante el diseño y la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de la compañía SAN ANTONIO SERVICES LTD el investigador V, Quilo contempló la creación de dicho plan en base a las 5S.

Se aplica técnicas de mantenimiento basado en la confiabilidad como: el análisis modal de fallos (AMFE) y un estudio de fallos a las hojas de vida de los equipos. Quilo concluye entonces en la disminución del tiempo muerto entre operaciones por indisponibilidad del equipo.

Además luego de aplicar las tareas de mantenimiento preventivo planteadas concluye en una reducción drástica de las actividades de mantenimiento correctivo en los equipos.

2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Las siguientes normativas técnicas respaldan el presente trabajo:

- *Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos.* ISO 14224, 1999
- *Condition monitoring and diagnostics of machines.* ISO 17359, 2003
- *Terminología para mantenimiento.* UNE-EN 13306, 2011
- *Documentos para mantenimiento.* UNE-EN 13460, 2009
- *Análisis modal de fallos y efectos.* AMFE. NTP 679, 2004
- *Colores, señales y símbolos de seguridad.* NTE INEN 439, 1984
- *Criticality analysis for maintenance purposes.* NORSOK Z-008, 2001
- *Dependability management. Part 3-11 Reliability Centered Maintenance RCM.* IEC 60300-3-11, 2009
- *Acceptance conditions for vertical turning lathes with one or two columns and single fixed or movable table - General introduction and testing of the accuracy.* ISO 3655, 1986

2.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.3.1 MANTENIMIENTO

La normativa UNE-EN 13306, 2011 define al mantenimiento como “el conjunto de operaciones ya sean: técnicas, administrativas o de gestión que son realizadas con el fin de conservar o precautelar el estado de un elemento y así prolongar su vida útil.” [1] En este concepto el término “precautelar” indica la idea de que hoy en día el mantenimiento ya no solo se encarga de arreglar averías en una máquina sino evitar que estas se produzcan mediante el conocimiento de las condiciones de los equipos. Para lograr un mantenimiento en que exista cero fallas o averías es necesario que todo el personal de la compañía se involucre y comprometa. En la tabla 2-1 se muestra la evolución de la concepción de mantenimiento en función del tiempo.

Tabla 2-1. Evolución del mantenimiento

TÉCNICAS ORIENTADAS AL:			
Cuidado físico de la máquina		Cuidado del servicio que proporciona la máquina	
1880 -1914	1914 - 1950	1950 -1970	1970 – En adelante
CORRETIVO (MC)	PREVENTIVO (MP)	PRODUCTIVO (PM)	PRODUCTIVO TOTAL (TPM)
Enfoque máquina Sólo se intervenía en caso de paro o falla importante.	Enfoque máquina Con establecimiento de algunas tareas preventivas	Enfoque al servicio que presentan las máquinas. Importancia de fiabilidad para la entrega del servicio al cliente. Se busca la eficiencia económica en el diseño de la planta.	Enfoque al servicio que presentan las máquinas. Lograr eficiencia PM a través de un sistema comprensivo eficiente y participativo total de los empleados de producción y mantenimiento.

Fuente: [2] E. Dounce Villanueva, *La productividad en el Mantenimiento Industrial*. México: Grupo editorial Patria, 2007, pp. 4.

2.3.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

A pesar que varios autores podrán discrepar. Existen dos grandes tipos de mantenimiento que son el Mantenimiento Correctivo y el Preventivo. Y dentro del Mantenimiento Preventivo se concibe la idea del Mantenimiento Predictivo como una subclasificación.

2.3.2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este tipo de mantenimiento se aplica luego del reconocimiento de una avería y su objetivo es regresar al elemento a las condiciones requeridas para realizar la función para la cual es solicitado. Este mantenimiento puede ser condicional (que actúa ante la aparición del defecto) o reactivo (que actúa ante la falla). [1]

El desarrollo del mantenimiento correctivo contempla no solo la reparación, sino también la investigación de las causas para evitar que esto vuelva a suceder. Además este mantenimiento abarca la gestión de reparaciones contemplando el mejor uso de los recursos como: herramientas, repuestos, talleres, personal, etc. [2]

2.3.2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Es el conjunto de actividades que tienen por objetivo prevenir o predecir las fallas en base a criterios establecidos de probabilidad de fallo. Mediante inspecciones este tipo de mantenimiento busca reducir dicha posibilidad normalmente generada por el desgaste de un elemento. [1]

La aplicación correcta y eficaz del mantenimiento preventivo debe siempre estar enfocada a evitar averías críticas y significativas o intolerables para la instalación. Comprendiendo que al gestionar este tipo de mantenimiento existirán averías que no merecen la pena tratar de evitarlas puesto a que será más barato esperar que sucedan para su posterior intervención.

El mantenimiento preventivo rutinario o predeterminado se realiza en una frecuencia establecida de intervalos de tiempo o de unidades de funcionamiento. Normalmente suele ser invasivo por lo que la máquina debe pararse durante el mismo.

El mantenimiento predictivo es aquel que está basado en ensayos y análisis no destructivos o invasivos como por ejemplo: análisis de vibración, termografías, ensayos de tintas penetrantes, ensayos de tintas fluorescentes, partículas magnéticas, ensayos de ultrasonido, etc. Estos ensayos permiten saber el estado o condición en la que se encuentran la máquina con el objetivo de predecir cuál será su comportamiento.

Las rondas de operación se basan fundamentalmente en inspecciones del operador en las cuales él utiliza sus sentidos y experiencia para buscar posibles fallos. También se las

conoce como mantenimiento autónomo. [3]

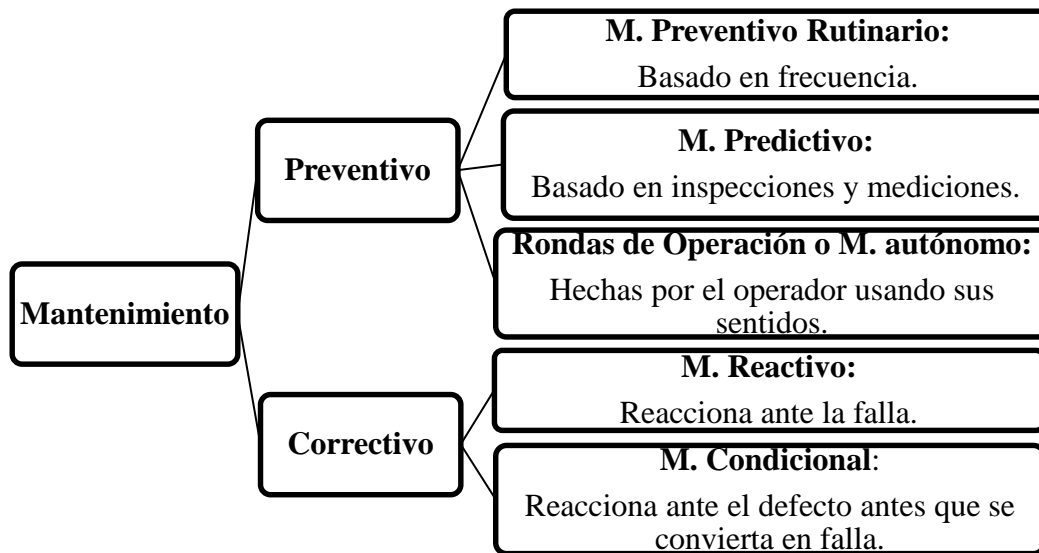


Figura 2-1. Tipos de Mantenimiento

Fuente: [3] P. Silva Ardila, Mantenimiento en la práctica. Barranquilla: Ing. Pedro Eliseo Silva Ardila, 2009, pp. 36

2.3.3 NIVELES DE MANTENIMIENTO

Según la complejidad de las tareas estas se puede categorizar en cinco niveles distintos.

Nivel 1. Son tareas simples de entrenamiento mínimo generalmente realizadas por el operador también se conoce como mantenimiento autónomo.

Nivel 2. Mediante procedimientos específicos se aplican acciones básicas que deben ser realizadas por personal calificado.

Nivel 3. Mediante la identificación y diagnóstico del estado de la máquina se realizan acciones complejas básicas como reparaciones menores por parte de personal técnico calificado.

Nivel 4. Son trabajos importantes de mantenimiento correctivo y preventivo con acciones que implican el conocimiento de una técnica o tecnología, realizado por parte de personal técnico especializado.

Nivel 5. Son trabajos de renovación mediante acciones importantes de reparación o de reconstrucción que implican dominio de una técnica o aplicación de una tecnología por parte de personal técnico especializado muchas veces exteriores a la empresa. [3]

2.3.4 PLAN DE MANTENIMIENTO

Según la norma UNE-EN 13306, 2011 un plan de mantenimiento es “la unión organizada de tareas documentadas que contienen: las acciones, los procedimientos, los recursos, los métodos y el tiempo necesario para desarrollar el mantenimiento.” [1]

En el plan de mantenimiento se gestionarán tareas de mantenimiento enfocadas a: recuperar las prestaciones perdidas por el desgaste de los equipos, evitar el conjunto de averías críticas y significativas para la producción o costes mediante mantenimiento preventivo y por último al desarrollo de actividades de predicción que permitan conocer el comportamiento de la instalación.

Existen tres formas aceptadas casi universalmente para determinar dichas tareas. En orden de complejidad dichas formas son:

- Basarse en las instrucciones del fabricante
- Basarse en protocolos genéricos de mantenimiento para equipos similares
- Basarse en análisis de fallos potenciales y criterios de confiabilidad (RCM)

2.3.5 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL - TPM

2.3.5.1 INTRODUCCIÓN AL TPM

A partir de la década de los cincuenta se introducen conceptos de mantenimiento preventivo en las plantas de japonesas General Electric y en otras industrias privadas y gubernamentales. Dichas empresas crean la asociación japonesa para la dirección (JMA) como respuesta a la necesidad de mejora de calidad de sus productos y el deseo de hacerlos competitivos con las industria mundial. Conceptos de mejora continua y ciclo Deming son emulados por las industrias Japonesas hasta que en los años 70 cuando se crea el Instituto Japonés de Ingenieros de Plantas JIPE. Dicho instituto desarrolla en conjunto con la compañía automotriz Nippondenso el TPM por aquel entonces “Total member participation preventive maintenance”. Debido al éxito de dicho sistema en tres años dicha empresa gana un premio por mantenimiento preventivo y el JIPE pasa a ser conocido como Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas JIPM. Este instituto desarrollaría una tercera generación del TPM mediante la aplicación de las 5S y Calidad

Total. Esta última generación del TPM hoy en día emulada a nivel mundial busca mejorar la productividad de la organización en lugar de solo mantener los equipos mediante la máxima explotación de los recursos de una organización. [4]

En la actualidad existen varias organizaciones que han establecido una cultura exitosa de TPM. Sin embargo no siempre la llaman de esta manera o en su defecto lo consideran parte de un sistema mayor como el Just in Time (JIT) o el Toyota Production System (TPS). La ventaja es que el TPM no es una filosofía que tenga la necesidad de eliminar otros sistemas de mantenimiento ya aplicados en una empresa. Lo importante no es como se lo llame sino los métodos aplicados y los resultados obtenidos en busca de la mejora de eficiencia global de los equipos OEE (Overall Equipment Effectiveness). [5] El alcance de TPM ha ido evolucionando en el tiempo como se muestra en la figura 2-2.

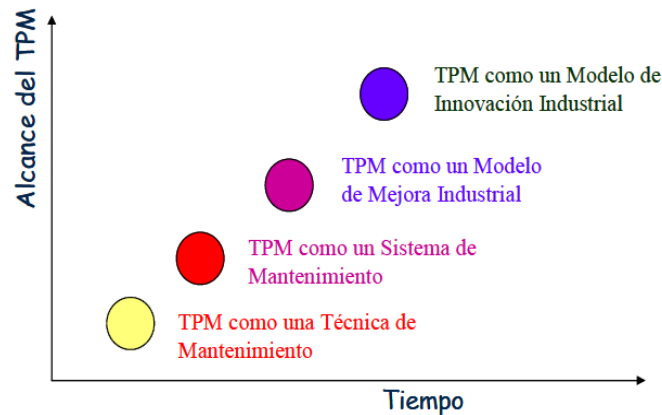


Figura 2-2. Evolución del alcance del TPM

Fuente: [6] O. García Palencia, *Gestión moderna del mantenimiento Industrial*. Bogotá: Ediciones de la U, 2012, pp.

103

2.3.5.2 DEFINICIÓN DEL TPM

Cada autor puede definir al TPM con un concepto distinto según el lugar de aplicación y el área al que está enfocada la empresa en la que se aplica. A pesar de ello, dichos conceptos se alinean a enfocarse al TPM básicamente como un sistema o una filosofía diseñada para orientar el desarrollo industrial al administrar las máquinas y equipos de una organización. Su meta es garantizar que los equipos tengan menor cantidad posible de averías, que produzcan correctamente y a mayor velocidad, que generen productos de mejor calidad y que alcancen así la máxima eficiencia operativa con altos niveles de participación de los empleados. [5]

2.3.5.3 OBJETIVOS DEL TPM

El objetivo general del TPM es lograr la optimización y el progreso continuo del rendimiento operacional de todos los procesos y sistemas de producción a través de un sistema basado en el respeto individual y en la completa participación de los empleados.

Los objetivos específicos del TPM son:

- Obtener un máximo rendimiento mediante el desarrollo del automantenimiento y la ideología de mejora continua.
- Mejorar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos
- Tomar estadística de experiencia en actividades TPM
- Capacitación técnica del talento humano (principalmente operadores) para su conocimiento de las instalaciones.

Para cumplir con estos objetivos se debe lograr un cambio de mentalidad que guiará a los elementos a un estado cero fallos, averías y defectos. [7]

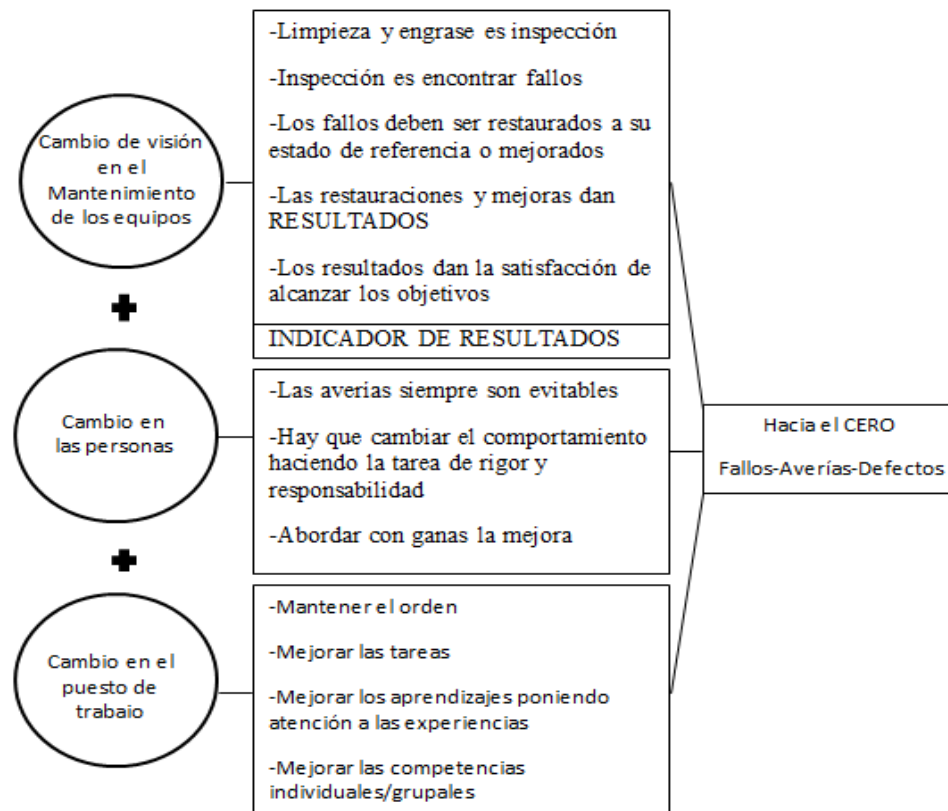


Figura 2-3. Objetivos del TPM

Fuente: [7] F. Rey Sacristán, *Mantenimiento total de la producción (TPM)*. Madrid: Fundación Confemental 2001, pp.

2.3.5.4 LA CASA DEL TPM Y LOS ELEMENTOS CLAVES

Casi todas las filosofías de mantenimiento Japonés emuladas por culturas occidentales generalmente se representan en casas compuestas por: cimientos, pilares y un tejado para su mayor entendimiento. Sin la implantación de unos buenos cimientos no se pueden construir los pilares y si no se desarrollan correctamente los pilares no se alcanza el tejado. Para el TPM existen varias versiones de dichas casas que normalmente son intentos de enfocar la casa original aplicada por el JIPM en Nippondenso Co. a las necesidades particulares de una empresa. Sin embargo, todas ellas mantienen unos principios esenciales que son:

- Cimiento principal: 5S
- Pilares Fundamentales: El mantenimiento autónomo, el mantenimiento programado, la calidad en el mantenimiento, la creación de grupos técnicos de planificación y revisión de programas, y el desarrollo programas de capacitación.

Con todo ello se puede alcanzar el techo u objetivo que es el TPM.

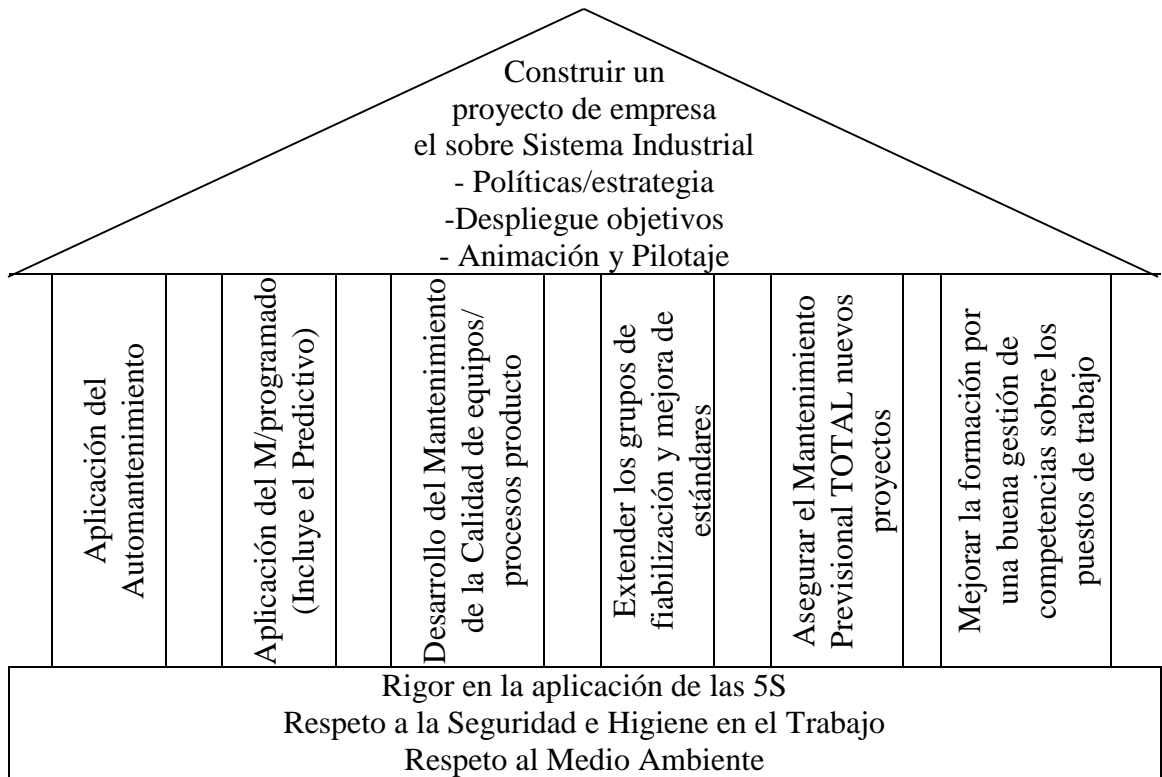


Figura 2-4. Casa y pilares básicos del TPM

Fuente: [7] F. Rey Sacristán, *Mantenimiento total de la producción (TPM)*. Madrid: Fundación Confemetal 2001, pp.

2.3.5.5 LAS 5S

La base en la cual se sostiene el TPM es el rigor en la aplicación de las 5S que no es más que un sistema de trabajo a base de 5 principios japoneses que permite gestionar la aplicación de actividades de: orden, limpieza y detección de anomalías en el puesto de trabajo.

Este sistema es aplicable a todo nivel y permite la obtención de un mejor ambiente de trabajo, aumento de la productividad y mayor seguridad para personas y equipos. [8]

El desarrollo de las 5 S también cuenta con pilares fundamentales los cuales se resumen en la siguiente figura:

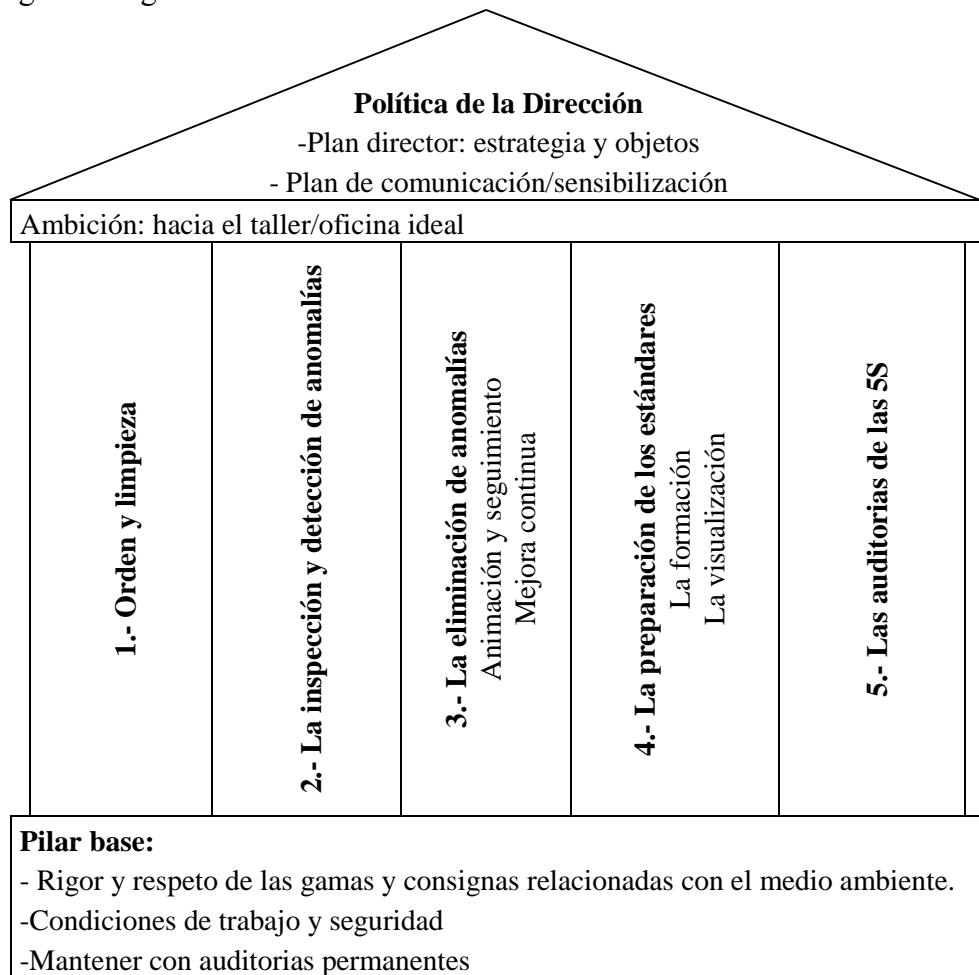


Figura 2-5. Pilares de las 5S

Fuente: [8] F. Rey Sacristán, *Las 5S: orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid: Fundación Confemetal 2005, pp. 28

Las 5S son: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke y se explican a continuación.

A) PRIMERA S: SEIRI Clasificar, seleccionar y organizar.- Se debe organizar, separar y clasificar todo cuanto sirve de aquellos elementos innecesarios. Se debe también aprovechar la organización para establecer normas de trabajo en los equipos.

El concepto del Justo a tiempo (JIT) recomienda seguir el siguiente esquema:

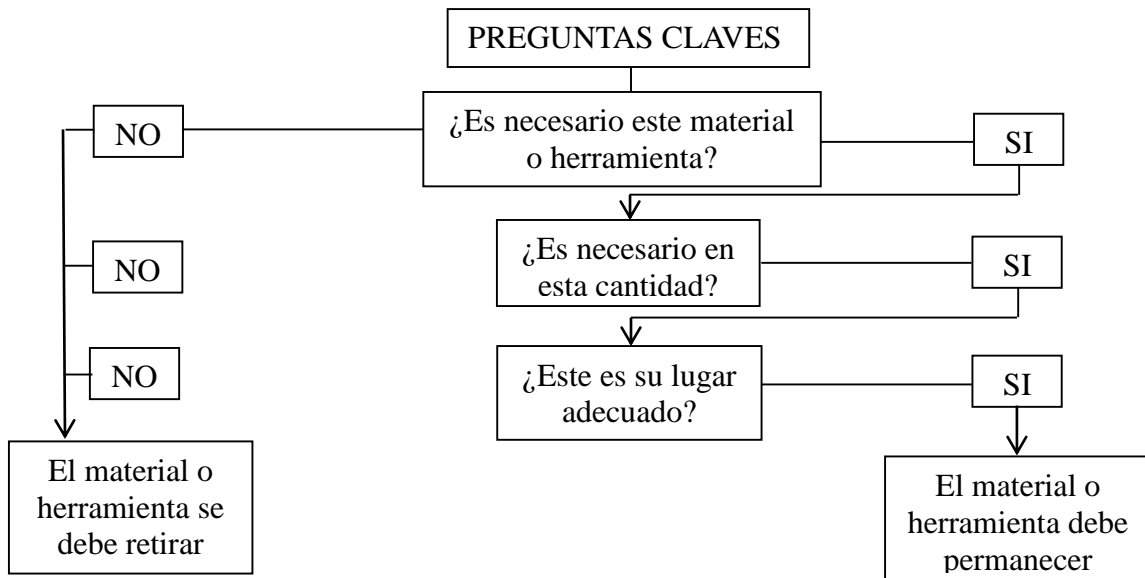


Figura 2-6. Esquema de preguntas clave Seiri

Fuente: [5] E. Dounce Villanueva, *Un enfoque analítico del Mantenimiento Industrial*. México: Compañía editorial Continental, 2006, pp. 204

En caso de que un objeto no satisfaga dichas preguntas debe ser señalado con una tarjeta roja o blanca para una revisión por el supervisor quien decidirá entre: mantenerlo, ubicarlo en otras entidades de la empresa, alquilarlo, regresarlo al proveedor, desecharlo o embodegarlo. [5]

B) SEGUNDA S: SEITON Ordenar.- Se debe desechar lo que no sirve y situar los implementos que si sirven (como objetos y herramientas de trabajo) en lugares específicos, accesibles y estratégicos. Además, se instaurará señalética y normativa visible que facilite el orden permanente de los implementos. [5]

Las herramientas pueden ser organizadas por: la frecuencia de utilidad, la simplicidad de uso, la simplicidad de localización y la función. Se recomienda evitar el uso de herramientas multifuncionales.

El uso de un mapa de localizaciones también es aplicable para mejorar la posición de los ítems.

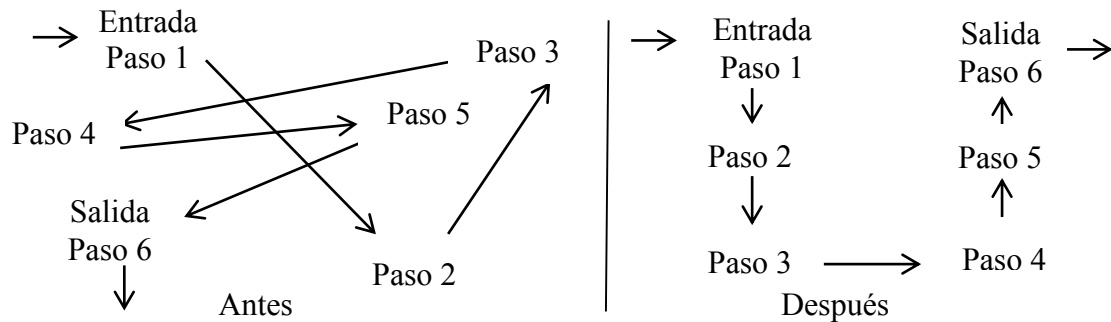


Figura 2-7. Mapas de localización

Fuente: [5] E. Dounce Villanueva, *Un enfoque analítico del Mantenimiento Industrial*. México: Compañía editorial Continental, 2006, pp. 208

C) TERCERA S: SEISO Limpiar.- Se debe motivar al operador a identificarse con sus máquinas, conocerlas por dentro y mostrarle dónde se encuentran los principales focos de suciedad en la misma. Con el objetivo de realizar limpiezas frecuentes para eliminar: virutas, polvo, salpicaduras entre otros. Además, se determinan la fuente de la suciedad y neutralizarla o reducirla en lo posible. Para ello se deben establecer: los objetivos, los métodos y las herramientas necesarias para la tarea. [5]

D) CUARTA S: SEIKETSU Mantener la limpieza.- Con ayuda de la aplicación de estándares y controles visuales se deben diferenciar las situaciones normales de las que sean consideradas como anomalías. [4]

E) QUINTA S: SHITSUKE Rigor o disciplina.- Con el objetivo fomentar el hábito y la responsabilidad en estas prácticas se deben establecer hojas de control aplicables en autoinspecciones que permitan alcanzar los objetivos del compromiso y mantener una mejora continua. [5]

En la siguiente tabla se resume el desarrollo de las 5S.

Tabla 2-2. Estrategia para alcanzar la fábrica ideal

	1	2	3	4
	Limpeza Inicial	Optimización	Formulación	Perpetuidad
Organización	Separar lo que es útil de lo que es inútil	Clasificar las cosas útiles	Revisar y establecer	Estabilizar
Orden	Tirar lo que es inútil	Definir la manera de dar un orden a los objetos	Colocar a la vista las normas así definidas	Mantener
Limpeza	Limpiar las instalaciones	Localizar los lugares difíciles de limpiar y buscar una solución	Buscar las causas de suciedad y poner remedio a las mismas	Mejorar
Pulcritud Estandarización	Eliminar lo que no es higiénico	Determinar las zonas sucias	Implantar las gamas de limpieza	Evaluar (auditoria 5S)
Rigor Disciplina	Acostumbrarse a aplicar las 5S y respetar los procedimientos en vigor en el lugar de trabajo			FÁBRICA IDEAL

Fuente: [8] f. Rey sacristán, *las 5s: orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid: fundación confemetal 2005, pp.

2.3.5.6 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Es uno de los pilares del TPM y se define como la agrupación de actividades menores de mantenimiento realizadas por el operario como: inspecciones, lubricaciones, verificación, limpieza, etc.

El mantenimiento autónomo busca crear y mantener condiciones para que los equipos funcionen sin averías y con un máximo rendimiento. Además busca crear una filosofía de identificación y pertenencia de los operarios con sus equipos; dándoles el sentido de responsabilidad y compromiso con el buen estado de su puesto de trabajo. [4]

Mediante el mantenimiento autónomo los operadores deben desarrollar las siguientes capacidades:

- Encontrar anomalías
- Identificación de las causas y corrección inmediata
- Establecer condiciones
- Controlar el mantenimiento

EL JIPM sugiere una serie de etapas para el desarrollo del automantenimiento que se resumen en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3. Etapas para el desarrollo del automantenimiento

ETAPA	NOMBRE	ACTIVIDADES A REALIZAR
1	Limpieza e inspección	- Suprimir suciedad, fugas, polvo. - Describir mediante el uso de tarjetas.
2	Acciones correctivas	- Prevenir que ensucie el equipo de nuevo. - Despejar el acceso a los sitios que requieren limpieza y control. - Reducir el tiempo empleado para la limpieza.
3	Preparación de estándares experimentales de inspección autónoma	- Elaborar y aplicar estándares provisionales para de limpieza, lubricación y apriete.
4	Inspección general	- Capacitar para la inspección haciendo uso de los manuales, etc. - Eliminar pequeñas averías y mejorar conocimiento de los equipos a través de la inspección.
5	Inspección automática	- Generar e implantar procedimientos de control autónomo.
6	Estandarización	- Realizar y aplicar estándares de registro de control.
7	Control autónomo pleno	- Aplicar de políticas establecidas por la dirección de la empresa. - Utilizar tableros de gestión visual, tablas MTBF y tableros Kaizen.

Fuente: [4] C. Gómez Santos, Mantenimiento Productivo Total Una visión global. Las Canarias: Lulu.com. 2001. pp.47

2.3.5.7 MATENTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM (RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE)

La norma INEN-IEC 60300, 2014 define al mantenimiento centrado en confiabilidad como “un método para establecer el plan de mantenimiento el cual permitirá alcanzar en

forma eficiente y efectiva los requerimientos de seguridad y los niveles de disponibilidad de los equipos e instalaciones, y está dirigida al mejoramiento de la seguridad global, la disponibilidad y la economía de la operación.” [9]

El RCM es un método organizado y lógico para la obtención de un plan de mantenimiento empresarial y funciona perfectamente en conjunto con el TPM como auxiliar para el desarrollo del pilar de mantenimiento programado. El corazón del RCM es el análisis de fallos potenciales de la instalación el cual es perfectamente sustentable por la aplicación de la metodología AMFE y el análisis de criticidad.

A) ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)

El AMFE o FMEA (Failure Mode Effect Analysis) es un proceso sistemático para identificar fallas funcionales potenciales antes de que estas ocurran, con la intención de eliminar o minimizar los riesgos asociados a ellas. [3]

Para comprender la concepción de la metodología AMFE se debe comprender las funciones que realiza cada uno de los elementos del equipo. Para posteriormente considerar al fallo como cese de la aptitud del elemento para realizar dicha función.

El modo de fallo será entonces la manera en la que se produce la inaptitud del elemento para realizar la función requerida. Y la avería será el estado del elemento en el que ya ha fallado. Por lo tanto todos los esfuerzos realizados en el mantenimiento estarán encaminados a evitar que los elementos lleguen a un estado de avería. Cabe mencionar que no se considera avería a la incapacidad que tiene el elemento de realizar su función durante el mantenimiento preventivo o por otras acciones planificadas, o debido a la falta de recursos externos. [1]

Normalmente una avería es la consecuencia de un fallo, pero en algunas circunstancias puede ser una avería preexistente. [3]

La NTP 679, 2004 [10] expone este método de manera concreta en cual se toma en cuenta: la detectabilidad que puede tener el fallo (**D**), la gravedad que puede tener su ocurrencia (**G**) y la frecuencia con la cual puede suceder (**F**). Estos criterios son ponderados en un solo producto llamado Índice de Prioridad de Riesgo (**IPR**) como se muestra en la siguiente fórmula:

$$IPR = D * G * F$$

Existe la sugerencia de 38 posibles modos de falla codificados para facilidad de uso según la norma ISO 14224, 1999. Dicha norma provee además un listado de causas de falla y actividades a realizar de los equipos para prevenirlas. Sin embargo, existen muchos más modos y causas de fallo y en última instancia cada empresa conoce mejor que nadie los problemas de sus equipos. (Ver anexo I) [11]

B) CRITICIDAD (CA)

Es el índice numérico de la severidad de un fallo o de una avería combinado con la probabilidad o frecuencia de su ocurrencia y otra de las herramientas del RCM. [1]

$$Criticidad = FFF * C$$

Dónde:

FFF = Frecuencia de ocurrencia del fallo

C = Consecuencia o severidad del fallo

La criticidad se establece mediante un análisis que evalúa el grado de impacto que pueda tener la salida de servicio del equipo en un momento determinado. Con ello se puede priorizar ordenes de mantenimiento, seleccionar e identificar los problemas con mayor urgencia en ser resueltos y direccionar mejor los recursos de mantenimiento y en general de la empresa.

En el análisis de criticidad se pueden incluir criterios ponderados como: la frecuencia de la falla, la consecuencia, flexibilidad, tiempo operacional, su costo de reparación e impacto en la satisfacción del cliente, en lo ambiental y en la seguridad personal; relacionándolos con la siguiente formula:

$$C = [(PI * FO) + CM + Isp + SHA + Ia + Tpr]$$

Dónde:

C = Consecuencia

PI = Impacto Operacional

FO = Flexibilidad Operacional

CM = Costo de reparación

SHA = Impacto y seguridad personal

Isc = Impacto en la satisfacción del cliente

Ia = Impacto ambiental

Tpr = Tiempo Promedio para reparación

Una forma de representar los resultados de dicha ponderación es en una matriz de criticidad. En la figura 2-8 se presenta una matriz de criticidad 5 x 5 la cual está dividida en 4 zonas. [12]

Zonas de criticidad:

B= Baja criticidad

M = Media criticidad

A = Alta criticidad

MA = Muy Alta criticidad

Frecuencia	5	A	MA	MA	MA	MA
	4	A	A	A	A	MA
	3	M	M	M	A	MA
	2	B	B	B	M	M
	1	B	B	B	M	M
		1	2	3	4	5
Consecuencias						

Figura 2-8. Modelo de Matriz de criticidad

Fuente: [12] C. Parra, A. Crespo, *Ingeniería de Mantenimiento, Fiabilidad aplicada a la gestión de activos*.

Desarrollo y aplicación de un Modelo de gestión de mantenimiento (MGM) Sevilla: INGEMAN. 2012, pp. 64

Esta matriz no es reglamentaria y dicha matriz puede ser adaptada a las necesidades de cada empresa según los valores numéricos de ponderación que se le otorguen a cada criterio.

2.3.5.8 PASOS PARA LA IMPLANTACIÓN DEL TPM

En palabras de F. Rey Sacristán “Son necesarios 5 años para implementar y desarrollar

el TPM en una compañía...” pero el “rigor de su aplicación” conlleva al éxito. Para ello se plantean 12 pasos aceptados casi universalmente para el desarrollo del TPM.

PASO 1: DECISIÓN DE LA DIRECCIÓN O CREACIÓN DEL ENTORNO APROPIADO

El TPM será completamente entendido y respaldado por la alta dirección quienes se encargarán de precautelar por el entorno adecuado e informar oficialmente mediante distintas estrategias como: diapositivas, revistas empresariales, folletos, etc., al personal y proveedores de su decisión de aplicar el TPM. [5]

PASO 2: INFORMACIÓN Y FORMACIÓN TÉCNICA

Se deben crear programas de adiestramiento y desarrollo con el objetivo de obtener la adhesión de toda la organización mediante estrategias como: juntas de trabajo, sesiones, presentaciones, seminarios, mensajes por medios electrónicos, campañas de introducción del TPM. El lenguaje a utilizar en la formación debe ajustarse al nivel del personal que será entrenado. Los campos que abordará esta formación serán: el espíritu del TPM, el automantenimiento, métodos de resolución de problemas en grupos y las 5S.

PASO 3: DESIGNACIÓN DE LA ESTRUCTURA PARA EL TPM

Se establecerá un sistema que apoye al TPM conocido como sistema coordinador o promotor del TPM que no será otra cosa que un círculo de calidad. El cual tendrá conocimiento pleno del TPM y de su aplicación práctica.

PASO 4: DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

Se evaluará la situación actual y el estado técnico de la organización del mantenimiento y del desempeño de los sistemas de producción haciendo énfasis en la problemática que los afecta y en base a ello se plantearán objetivos alcanzables a corto, mediano y largo

plazo.

PASO 5: ELABORACIÓN DEL PLAN MAESTRO TPM

Se elaborará y establecerá un plan maestro para implementación del TPM considerando las siguientes tareas:

- Mejorar la efectividad global del equipo.
- Elaborar el plan de mantenimiento autónomo para los operadores.
- Elaborar el plan de mantenimiento para el personal de mantenimiento.
- Elaborar un plan de capacitación y desarrollo para todo el personal empresarial.
- Elaborar un plan de mantenimiento para los nuevos equipos.

PASO 6: LANZAMIENTO OFICIAL DEL PROGRAMA TPM

Se realizará una junta en la cual se anunciará oficialmente que a partir de ese momento se trabajará de acuerdo al TPM y no como se estaba laborando hasta ese momento. Se socializarán los cinco pasos realizados con anterioridad. Y se realizará una jerarquización de las pérdidas en cada proceso analizadas previamente en el diagnóstico de la situación de partida.

PASO 7: IMPLANTACIÓN DE LA MEJORA DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL (OEE)

La eficiencia o efectividad global de los equipos OEE (Overall Equipment Effectiveness) también llamada EGE o EGP es un perfil matemático simple del desempeño del equipo. Este se encuentra basado en un puntaje teórico perfecto de 100% en tres categorías: disponibilidad, desempeño o rendimiento y calidad. Por consecuencia, OEE es el porcentaje del tiempo que el equipo está operando a la máxima velocidad posible sacando productos aceptables.

$$OEE = D \times E \times T \times Cp$$

Dónde:

OEE = Eficiencia global de la máquina

D = Disponibilidad

E = Eficiencia del rendimiento, velocidad o desempeño

Tcp = Tasa de calidad de productos

Luego, la relación existente entre dichas fallas y los factores del OEE se resume a continuación.

Disponibilidad (*D*).- Es el porcentaje del tiempo que la máquina está realmente en operación comparado con la cantidad de tiempo que debería estar en operación.

$$D = \frac{\textit{Tiempo Operativo}}{\textit{Tiempo disponible de máquina}}$$

Rendimiento (*E*).- Es el porcentaje del tiempo operativo que la máquina está realmente produciendo. Este indicador también puede analizarse al comparar la velocidad máxima a la que puede trabajar la máquina con la que realmente está trabajando.

$$E = \frac{\textit{Tiempo en cada unidad * Unidades entrantes}}{\textit{Tiempo Operativo}}$$

Tasa de calidad de productos (*Tcp*).- Esta tasa indica las piezas correctas obtenidas en comparación con las que se debieron obtener.

$$T_{cp} = \frac{\textit{Unidades entrantes - basura - piezas retabajadas}}{\textit{Unidades entrantes}}$$

Para mejorar el OEE las causas de las pérdidas en los procesos deberán ser analizadas profundamente. Existen seis grandes obstáculos o pérdidas típicas:

- Pérdidas por averías.- Son pérdidas imprevistas. Para lograr el objetivo de cero fallas se debe: evitar el daño acelerado, precautelar las condiciones de funcionamiento, utilizar normativas de operación, analizar y combatir las causas de las fallas incluso si son fallas en el diseño.
- Pérdidas por cambio de útiles.- Son reducciones en la eficiencia del equipo. Para lograr el objetivo de cero ajustes por equipo se debe: precautelar la metodología, las herramientas y la precisión en el montaje de los equipos.
- Pérdidas por microparos.- Son causados por problemas momentáneos que suceden en

el equipo y que el operario al advertir los resuelve enseguida. Para lo cual realiza: una observación meticulosa de los equipos propensos a este tipo de conflictos.

- Pérdidas por velocidad reducida.- Los operadores deben conocer la velocidad de diseño de sus máquinas, y las velocidades optimas a trabajar con cada producto con el objetivo de buscar alcanzar la velocidad máxima posible en la producción.
- Pérdidas por defectos.- Para eliminar la obtención de productos con fallas o defectos que estén fuera de calidad se debe realizar un diagnóstico del problema para determinar las posibles causas y solucionarlas.
- Pérdidas por arranque o mermas.- Aparecen en el equipo cuando este se encuentra en una transición desde una posición estática hasta su producción estable. Para evitarlas se debe comprobar el tiempo prometido por el proveedor que necesita la máquina para arrancar y buscar alcanzarlo. [5]

El concepto de OEE y la disminución puede ser un tanto obtuso por ello se presenta el siguiente gráfico a manera de resumen explicativo.

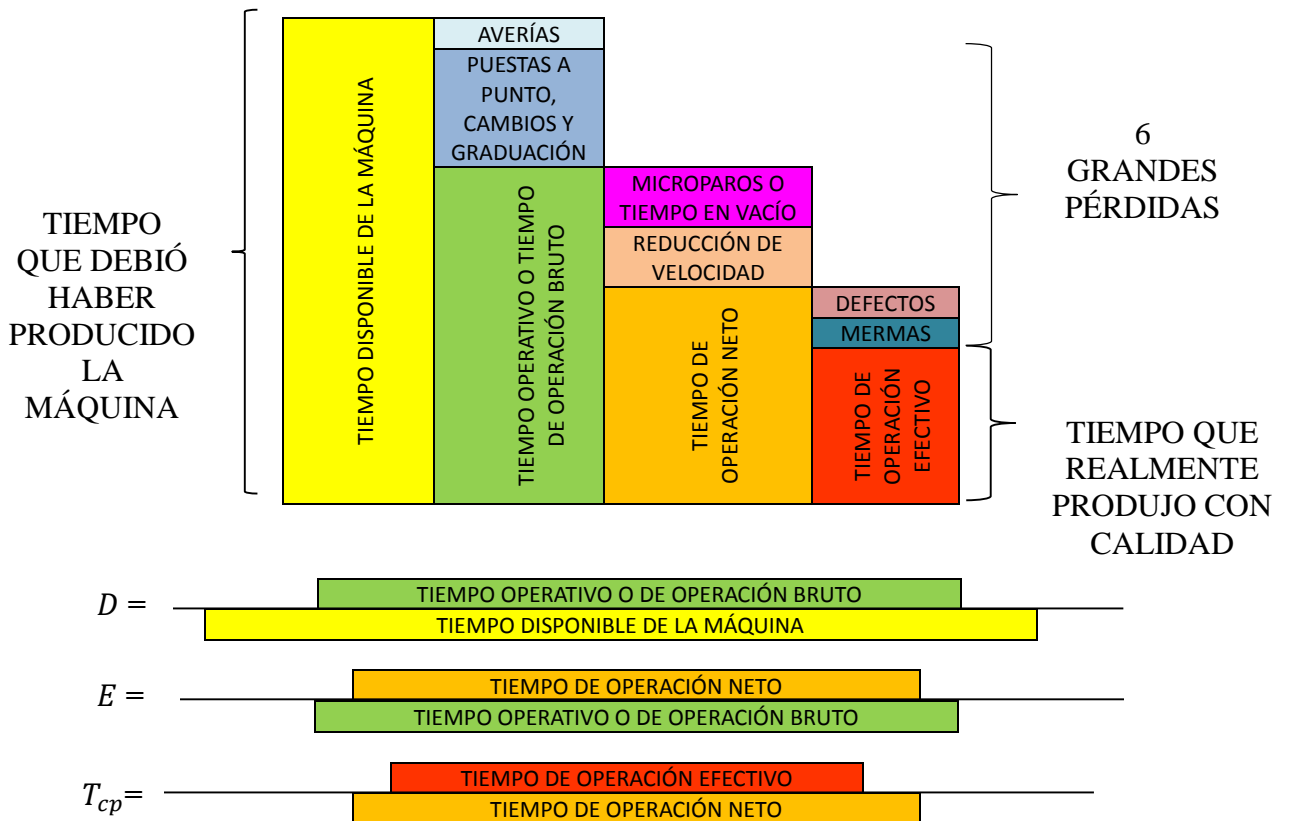


Figura 2-9. Conceptos del OEE
Fuente: [Autor]

PASO 8: DESARROLLO DEL AUTOMANTENIMIENTO

En esta etapa se implementará el mantenimiento autónomo según los pasos sugeridos por el JIPM explicados previamente.

PASO 9: DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PROGRAMADO

Se implantará el mantenimiento programado de forma realista con actividades estratégicas y tácticas para atacar los posibles fallos en la máquina.

PASO 10: CAPACITACIÓN Y MEJORA DE COMPETENCIAS TÉCNICAS Y HABILIDADES PARA TODO EL PERSONAL

Se aplicarán los planes de capacitación para personal será capacitado en técnicas de mantenimiento y operación; considerando las necesidades concretas de cada área.

PASO 11: INTEGRACIÓN DE LOS NUEVOS EQUIPOS

En este paso se análisis el ciclo de vida de los equipos nuevos por parte del equipo de mantenimiento y de producción. Además se analiza el costo monetario del ciclo de vida del equipo, se debe verificar los niveles de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad del equipo para obtener el mejor nivel en la planeación de la inversión y disminuir el tiempo de vida temprana.

PASO 12: CERTIFICACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DEL TPM

En el paso final se desarrollará una constante autoauditoría de los resultados obtenidos con el TPM aplicado con una búsqueda continua de mejores objetivos intentando aplicar una mejor formación a los participantes.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los 12 pasos para la implantación del TPM.

Tabla 2-4. Las 12 etapas de un programa TPM

	ETAPAS	CONTENIDOS
PREPARACIÓN	1. Decisión de la empresa de aplicar el TPM como proyecto de empresa	- Estrategia a presentar en el comité de dirección - Revista de empresa
	2. Campaña de información-formación técnica	- Estrategia a presentar en el comité de dirección - Revista de empresa
	3. Crear la estructura de animación y pilotaje del TPM	- Comisiones, animadoras - Grupos de trabajos
	4. Diagnóstico de la situación de partición. Indicadores de progreso técnicos organización.	- Banco de datos de valores técnicos económicos. - Encuestas de la organización
	5. Redacción de un plan tipo. Líneas de acción/objetivos.	- Redacción global y detallada - Planificación
DESARROLLO	6. Lanzamiento	- Datos de partida/presentación plan tipo - Aspectos formales - Desarrollo de las "5S"
	7. Implantación de la mejora continua en los sistemas-procesos	- Análisis de disfuncionamientos - Máquinas cuellos de botella - Grupos de fiabilización
	8. Desarrollo del automantenimiento	- Mejora de la gestión y organización del mantenimiento programado - Gamas/niveles - Formación - Máquinas típicas - Grupos de fiabilización
	9. Desarrollo del mantenimiento programado	- Entrevistas/evaluación de competencias - Contrato de formación/ cursos - Gestión de la polivalencia - Grupos de fiabilización
OPTIMIZACIÓN	10. Formación del equipo humano en los métodos y experiencias del mantenimiento.	- Entrevistas/ evaluación de competencias - Contrato de formación/cursos - Gestión de la polivalencia - Grupos de fiabilización
	11. Integrar el TPM en los sistemas de gestión, diseño y construcción de nuevos equipos	- Medida de la F/M/D - Participar en fases de un proyecto de equipo nuevo - Documentación técnica - Fiabilización - Máquina típicas - Grupos de fiabilización
	12. Certificar y estabilizar el TPM	- Auditar-definir nuevo objetivos - Mejorar la formación

Fuente: [7] F. Rey Sacristán, *Mantenimiento total de la producción (TPM)*. Madrid: Fundación Confemetal 2001, pp.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DEL PROYECTO

3.1 METODOLOGÍA DE LA IMPLANTACIÓN DEL TPM

La metodología a aplicar en el presente proyecto se muestra en el flujograma de la Figura 3-1.

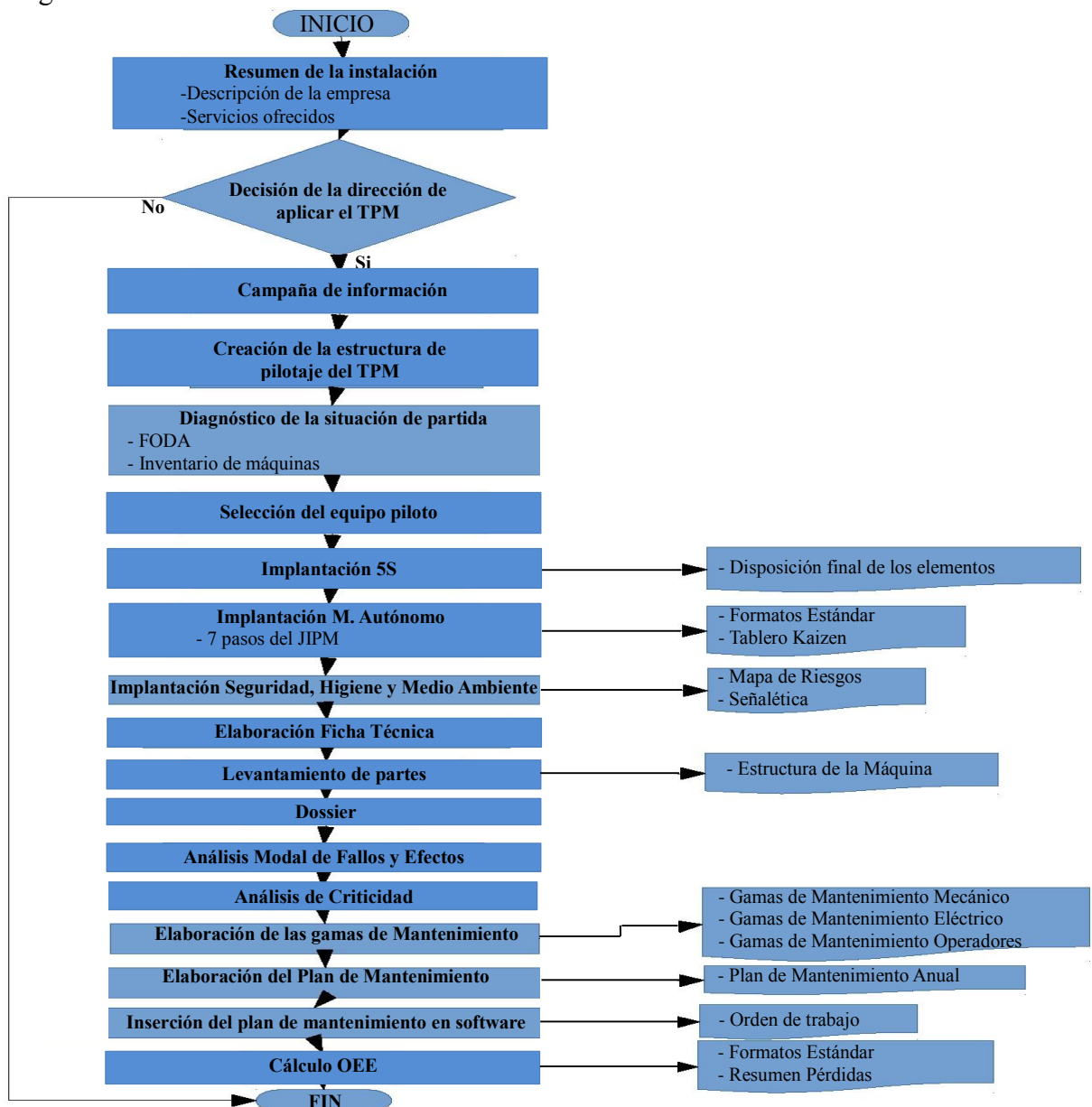


Figura 3-1. Metodología de implantación de TPM

Fuente: [Autor]

3.2 RESUMEN DE LA INSTALACIÓN

3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS HIDROELÉCTRICAS. (CIRT) es un emprendimiento de la CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR (CELEC EP) en su Unidad de Negocios Hidroagoyán; el cual se encuentra ubicado en el kilómetro 5½ de la Vía Baños-Puyo en el cantón de Baños de Agua Santa en la provincia de Tungurahua.

El objetivo del CIRT es ser líderes en procesos de recuperación y construcción de partes y elementos de turbinas a nivel nacional con proyección futura a construir turbinas y sus componentes con tecnología y mano de obra ecuatoriana. Permitiendo que las unidades de negocio hidroeléctricas de CELEC abaratar los costos de reemplazo en los mantenimientos al evitar que dichos componentes salgan del país por largos periodos para su reparación.

El CIRT cuenta con un área de trabajo de 1040 m², un área útil de 24m de ancho, 42 m de longitud y 140 m² para: oficinas interiores de administración, ingeniería y laboratorios. Además contempla áreas específicas de: diseño asistido por computadora, mecanizado, soldadura mediante procesos de pulido, soldadura convencional y robotizada, mecanizado, tratamientos térmicos, pruebas de control de calidad y ensayos. Todo esto se puede visualizar con mayor detalle en el esquema general de la planta (ver Anexo A).



Figura 3-2. CIRT
Fuente: [Autor]

Actualmente el CIRT se encuentra en fase de implantación y pruebas de los equipos y sistemas. La “legalización de la estructura operativa y del personal fue aprobada mediante resolución N° CELEC EP-GG-0071-16 por el Gerente General de CELEC EP Sr. Ing. Luis Rúaes Corrales en la ciudad de Cuenca a los veinte y ocho días del mes de Julio del año dos mil dieciséis.” y se muestra en las figuras 3-3 y 3-4.

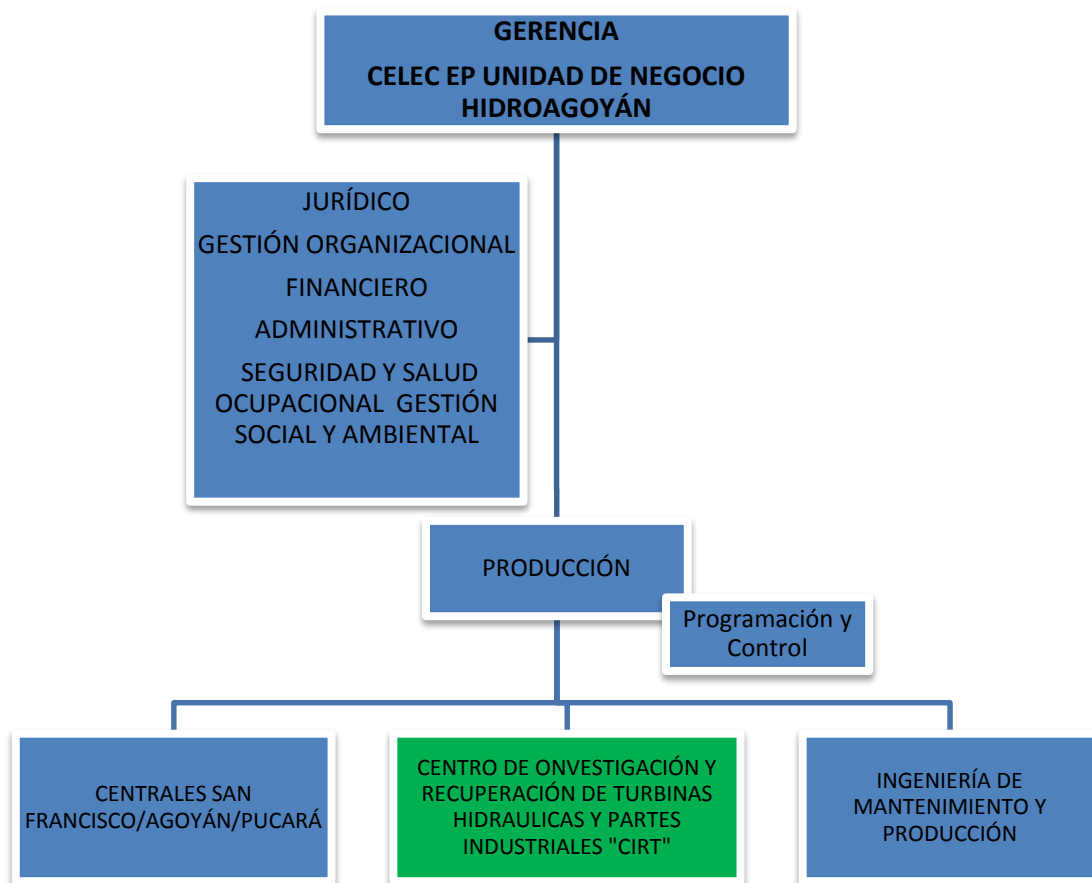


Figura 3-3. Estructura Administrativa de CELEC EP Unidad de Negocio HIDROAGOYÁN
 Fuente: [13] G. Altamirano, M. Zabala, *Informe organizacional y operativo del centro de investigación y recuperación de turbinas hidráulicas y partes industriales*. Agoyán, Baños de Agua Santa: Agosto 2016, pp. 2

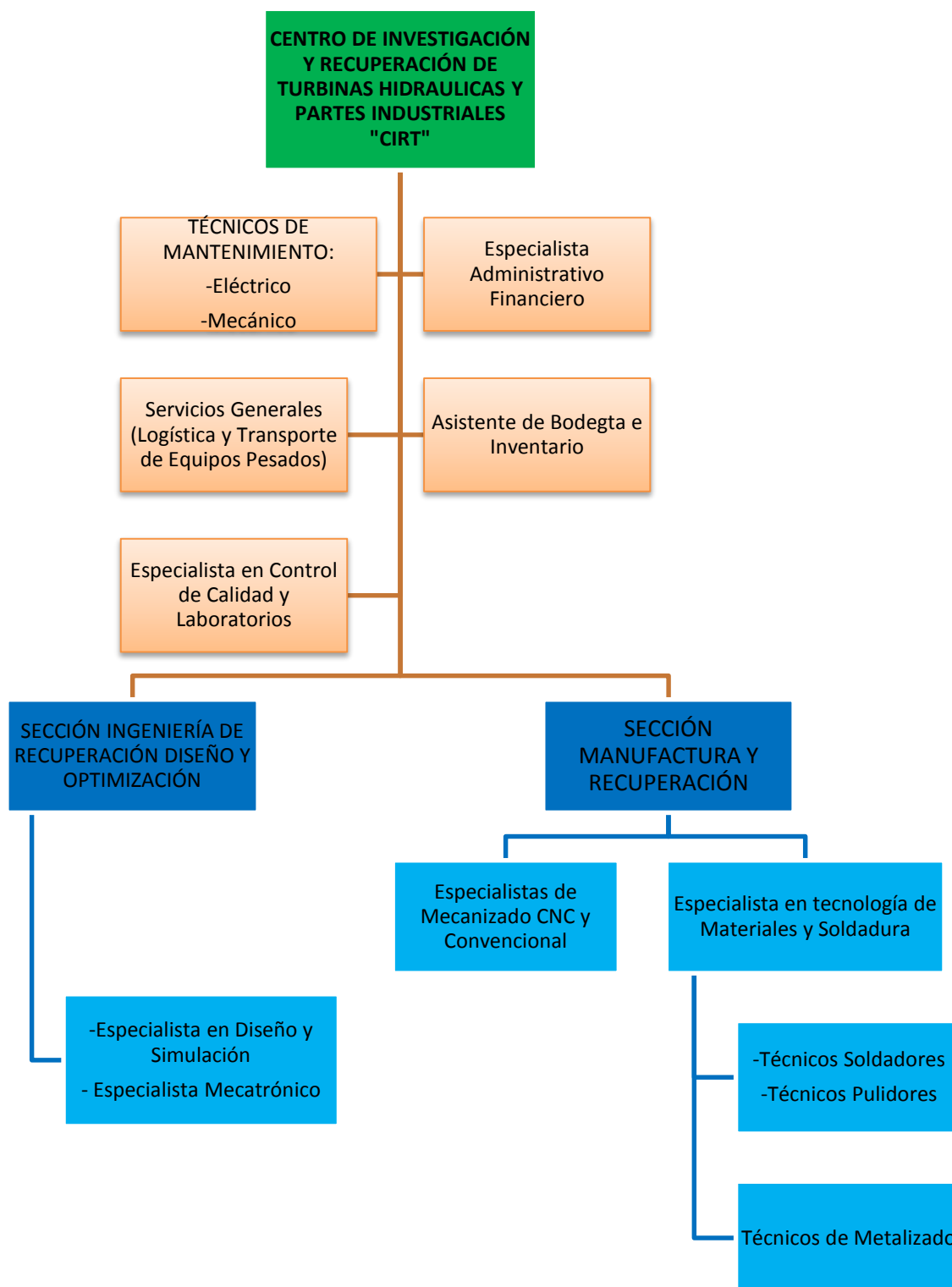


Figura 3-4. Estructura Administrativa del CIRT- Unidad de Negocio HIDROAGOYÁN CELEC EP
 Fuente: [13] G. Altamirano, M. Zabala, *Informe organizacional y operativo del centro de investigación y recuperación de turbinas hidráulicas y partes industriales*. Agoyán, Baños de Agua Santa: Agosto 2016, pp. 3

3.2.2 SERVICIOS OFRECIDOS

Manufactura y Recuperación de:

- Rodetes Francis
- Rodetes Pelton
- Facing Plane (placas y anillos de sacrificio)
- Head Cover, tapa superior de turbinas
- Botton Ring, tapa inferior de turbinas
- Álabes directrices
- Componentes Hidroeléctricos
- Piezas Industriales
- Balanceamiento Estático
- Tratamiento Térmico

Mecanizado:

- Torneado
- Fresado

Estudio Metalográfico:

- Espectrometría
- Determinación de fases Hierro-Carbono
- Microdureza y dureza
- Ensayos no destructivos (tintas penetrantes, partículas magnéticas, ultrasonido con arreglo de fases)

Ingeniería de Recuperación:

- Levantamiento geométrico y reconstrucción 3D (Escaneo 3D).
- Estudio y análisis mecánico de elementos y piezas mediante el Método de Elementos Finitos.
- Estudio de turbomaquinaria por Dinámica de Fluidos con Elementos Finitos. [13]

3.3 DESARROLLO DEL PROGRAMA TPM

Para la implantación del TPM en el CIRT se seleccionará un equipo piloto. Se tomará como modelo la casa del TPM donde se desarrollarán los criterios contenidos en su base y posteriormente sus pilares (ver figura 2-4). Para ello se aplicarán los 5 pasos de la fase de preparación para TPM (ver tabla 2-4) culminando en la quinta etapa con la redacción global y detallada de un plan tipo para la aplicación del mismo en la empresa. El CIRT deberá desarrollar el mantenimiento autónomo, planificado y la mejora continua contenidos en dicho plan por un tiempo mínimo de 5 años con auditorías continuas del TPM mediante el cálculo de la eficiencia global del equipo (OEE). Se dejarán sentados todos los formatos y la documentación necesaria para las etapas de desarrollo del TPM y la optimización del mismo. Además se realizará el cálculo inicial del OEE del equipo el cual servirá como ejemplo para que la empresa pueda cumplir su objetivo de alcanzar el TPM.

3.3.1 DECISIÓN DE LA DIRECCIÓN

Mediante el oficio Nro. CELEC-EP-HAG-2016-0415-OFI firmado el 24 de octubre de 2016 el Ing. Nelson Mauricio Caicedo Villota Gerente CELEC EP – HIDROAGOYÁN decide la implementación del Plan de mantenimiento basado en el TPM para la maquinaria de recuperación de turbinas del CIRT. Para lo cual dispone se brinden las facilidades necesarias para el desarrollo del presente proyecto.

3.3.2 CAMPAÑA DE INFORMACIÓN

El 25 de octubre de 2016 mediante el Sistema de Gestión Documental utilizado dentro del sector público para elaborar memorandos, oficios, circulares y todo lo que implica con comunicación formal dentro y fuera de la empresa CELEC EP – HIDROAGOYÁN “Quipux” se da conocimiento de dicha decisión al: Sr. Ing. Javier Callejas Iturralde Subgerente Administrativo, Señora Especialista Jenny Verónica Figueroa Gómez jefe de talento Humano, Señor Ingeniero Rafael Gustavo Rodríguez Hidalgo Subgerente de Producción, Señor Ingeniero Gonzalo Ramiro Altamirano Pérez, Jefe del CIRT y al

Señor Ingeniero Marco Vinicio Zabala Tabango Jefe de Manufactura y Recuperación.

3.3.3 CREACIÓN DE LA ESTRUCTURA

El gerente de la empresa CELEC EP – HIDROAGOYÁN el 24 de octubre de 2016 designa al Señor Ingeniero Marco Vinicio Zabala Tabango Jefe de Manufactura y Recuperación como tutor empresarial quien en conjunto con el Señor José Antonio Lozada Cepeda coordinará el desarrollo del Plan de mantenimiento basado en el TPM para la maquinaria de recuperación de turbinas del CIRT.

3.3.4 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

3.3.4.1 FODA

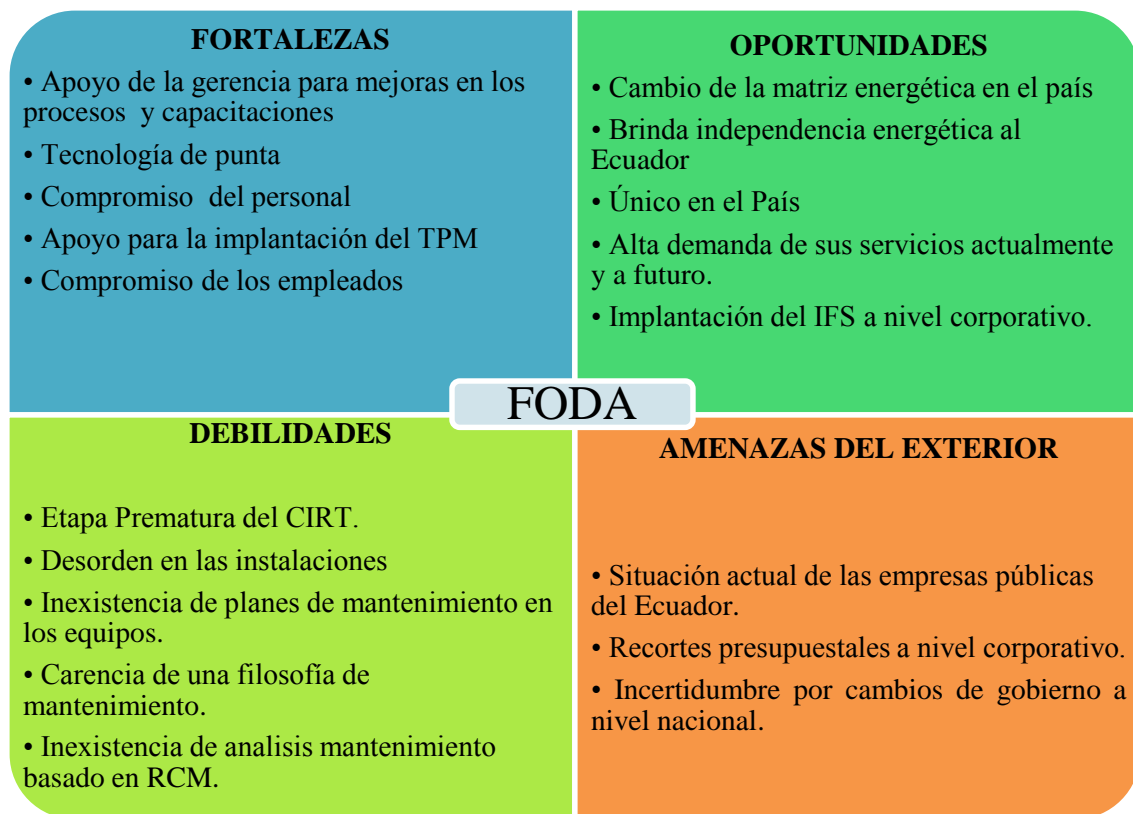


Figura 3-5. Análisis FODA del CIRT
Fuente: [Autor]

3.3.4.2 INVENTARIO DE MÁQUINAS

Tabla 3-1. Estructura de los equipos del CIRT

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES			
	ESTRUCTURA DE EQUIPOS		
	Elaborado por: José Antonio Lozada	Fecha de elaboración: 13/12/2016	
	Revisado por: Ing. Christian Castro Miniguano	Fecha de revisión: 22/12/2016	
EQUIPAMIENTO DE TALLERES Y LABORATORIOS	ÁREA DE MECANIZADO	TORNO VERTICAL CNC SMART 50CH-4000	
		CENTRO DE MECANIZADO HAAS VF9	
		TORNO CONVENCIONAL	
		TALADRO RADIAL	
	ÁREA DE INGENIERÍA	LABORATORIO DE SIMULACIÓN VIRTUAL CAD/CAM/CAE	
	ÁREA DE SOLDADURA	CELDA DE SOLDADURA ROBOTIZADA	
		SOLDADURA CONVENCIONAL	
CORTE DE METALES			
ÁREA DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS	HORNO DE TRATAMIENTO TÉRMICO HELT 300		
SISTEMAS AUXILIARES GENERALES	LÍNEA DE AIRE COMPRIMIDO	COMPRESOR KAISHAN	
	IZAJE Y TRANSPORTE	PUENTE GRÚA	
INFRAESTRUCTURA CIVIL COMPLEMENTARIA	EDIFICACIONES TÉCNICAS	EDIFICIO TÉCNICO	
	URBANIZACIÓN	CERRAMIENTOS, VÍAS Y PARQUEADEROS	
		RED DE AGUA POTABLE	
		RED DE AGUAS SERVIDAS	
ÁREAS VERDES Y RECREACIONALES			
SISTEMA DE CORRIENTE ALTERNA	EDIFICACIONES ADMINISTRATIVAS	GUARDIANÍA	
	DISTRIBUCIÓN BAJA TENSIÓN 220/127 V	CENTRO DE CARGA TI	
	DISTRIBUCIÓN MEDIA TENSIÓN 13.8 kV	LÍNEA DE ALIMENTACIÓN EEASA	
	ÁREA DE TRANSFORMACIÓN	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN TI-1	

Fuente: [Autor]

3.3.5 PLAN MAESTRO DEL TPM

3.3.5.1 SELECCIÓN DEL EQUIPO PILOTO

Tabla 3-2. Matriz de valoración cuantitativa

CRITERIO	VALOR	REFERENCIA
Muy bajo	1	Sin o con escasa importancia para el CIRT
Bajo	2	Pequeña importancia para el CIRT
Medio	3	Mediana importancia para el CIRT
Alto	4	Tiene alta importancia para el CIRT
Muy alto	5	Es de extrema importancia para el CIRT

Fuente: [Autor]

Tabla 3-3. Matriz de ponderación de los equipos del CIRT

EQUIPOS DEL CIRT	COSTO	OPERATIVIDAD	REPETITIVIDAD	CRITICIDAD	TOTAL
Torno vertical CNC SMART 50CH-4000	5	5	5	5	20
Centro de mecanizado HAAS VF9	5	3	3	5	16
Torno convencional	3	3	3	3	12
Taladro radial	3	3	3	4	13
Laboratorio de simulación virtual CAD/CAM/CAE	4	3	3	3	13
Celda de soldadura robotizada	5	4	5	4	18
Sistema de soldadura convencional	3	4	4	5	16
Equipos de corte de metales	4	3	3	4	14
Horno de tratamiento térmico HELT 300	5	3	4	4	16
Compresor KAISHAN	4	3	3	5	15
Puente grúa	5	3	5	5	18
Edificio técnico	5	3	3	3	14
Cerramientos, vías y parqueaderos	4	3	3	3	13
Red de agua potable	4	3	2	2	11
Red de aguas servidas	4	3	2	3	12
Áreas verdes y recreacionales	3	3	3	3	12
Guardianía	3	3	3	3	12
Centro de carga TI	4	3	3	3	13
Línea de alimentación EEASA	4	3	3	5	15
Transformador de distribución TI-1	4	3	4	5	16

Fuente: [Autor]

En el análisis realizado se observa que el TORNO VERTICAL CNC SMART 50CH-4000 es el equipo más importante del CIRT por lo que se lo selecciona como equipo piloto para la implementación del TPM.

3.3.5.2 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S

Al igual que A, Jácome y T, Oña proceden en la implantación del TPM en el desarrollo de su proyecto; se implementará la primera y la segunda “S” (Seiri = Clasificar) y (Seiton = Ordenar) por separado debido a que el automantenimiento abarca a (Seisō = Limpieza) (Seiketsu = señalar anomalías) y (Shitsuke = disciplina). Con lo cual las demás “S” serán desarrolladas implícitamente en el mantenimiento autónomo.

A) IMPLEMENTACIÓN SIERI (CLASIFICAR, SELECCIONAR Y ORGANIZAR)

Para la implementación de Seiri se desarrollaron los siguientes pasos:



Lanzamiento de la campaña de tarjetas rojas

Para el inicio de la campaña de tarjetas rojas el Ing. Nelson Mauricio Caicedo Villota Gerente CELEC EP – HIDROAGOYÁN da paso al desarrollo de la misma mediante la emisión de un oficio firmado. Utilizando el Sistema de Gestión Documental “Quipux” se informa al Señor Ingeniero Gonzalo Ramiro Altamirano Pérez, Jefe del CIRT es el encargado de hacer oficial el lanzamiento mediante una pequeña intervención para motivar a los trabajadores.

Definir elementos a salir

Se realizó una inspección en conjunto con los operadores de la máquina con el fin de identificar los elementos innecesarios en las inmediaciones del Torno Vertical BOST CNC SMART 50CH-4000 dichos elementos están inventariados en el siguiente formato; la cual quedará sentada como ejemplo de aplicación de Seiri en todas las inmediaciones de CIRT. (Ver Anexo G)

Tabla 3-4. Inventario de los elementos innecesarios

 <p>CELEC EP Corporación Eléctrica del Ecuador HIDROAGOYÁN</p>	<p>CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES</p>	 <p>CIT CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES</p>
TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000		
IMPLANTACIÓN DE LAS 5 S - SEIRI		
INVENTARIO DE ELEMENTOS INNECESARIOS		
Cantidad	Elementos Innecesarios	Observaciones
24	Planchas de paneles termoacústicos	Tirados en el piso dentro del área de seguridad
1	Tubo de PVC	Arrimado a la pared
1	Pedazo de tubo cuadrado metálico	Arrimado a la pared
1	Pedazo de plástico de seguridad	Arrimado a la pared
3	Valdes	Tirada en el piso tras la máquina
3	Tanques vacíos de aceite	Arrimados a la parte posterior de la máquina
1	Costal de aserrín	Arrimado a la parte posterior de la máquina
1	Pedazo de manguera	Emplazado en la parte posterior de la máquina
Varias	Cajas de madera	Arrimadas a la parte posterior de la máquina
Varios	Pedazos de waype	Arrimadas a la parte posterior de la máquina
1	Soga	Emplazada tras la máquina
Varios	Pedazos de cartón	Ubicados tras la máquina
2	Extensiones eléctricas	Arrimadas tras la máquina
1	Lámpara de tubos dañada	Arrimada tras la máquina
1	Manguera para aire	Arrimada tras la máquina
1	Escoba	Arrimada tras la máquina
Varios	Pedazos de waype	Tirados sobre el piso
2	Valdes	Arrimados a la pared
Varios	Alabes	Tirados en el piso cerca dentro del área de seguridad
2	Tanques con lubricante	Arrimados a la pared
1	Botellón de agua	Arrimado a la pared
Varias	Láminas de aluminio sobrante	Arrimadas a la pared
1	Caja de madera con plásticos y desperdicios	Tirada sobre el piso
1	Pedazo de perfil metálico	Tirado sobre el piso
1	Manguera transparente	Tirada sobre el piso

2	Valdes con elementos varios	Tirados sobre el piso
Varias	Eslingas	Situadas sobre los armarios de herramientas
Varios	Pedazos de cartón	Situados sobre los armarios de herramientas
1	Grillete	Situados sobre los armarios de herramientas
Varios	EPP	Situados sobre los armarios de herramientas
4	Muelas con sus respectivos pernos	Tirados en el piso
Varios	Tacos de madera	Tirados en el piso
2	Sistemas de nivelación de turbinas	Arrimados a la máquina
1	Pedazo de waype	Tirado sobre el canjilón de recolección virutas
1	Pedazo de tubo metálico	Tirado sobre el canjilón de recolección virutas
1	Rastrillo metálico	Tirado sobre el piso
1	Cajón de herramientas de mantenimiento mecánico	Tirado sobre el piso
1	Mesa de dibujo	Arrimada a la máquina
1	Mandril	Tirado en el piso
1	Botella de gaseosa	Tirada sobre el empaque de madera de un alabe.
2	Tanques de aceite vacíos	Arrimados a la máquina
1	Línea de seguridad	Despintada
Elaborado por:	Antonio Lozada (Tesisista)	Fecha: Del 23 al 27 de enero de 2017
Verificado por:	Ing. Marco Zabala	Fecha: Del 23 al 27 de enero de 2017

Fuente: [Autor]



Figura 3-6. Identificación Seiri
Fuente: [Autor]



Figura 3-7. Aplicación Seiri
Fuente: [Autor]

Establecimiento de los criterios de tarjetado

La salida de dichos elementos será decidida según el siguiente esquema y en caso que no satisfaga las preguntas el elemento será tarjetado.

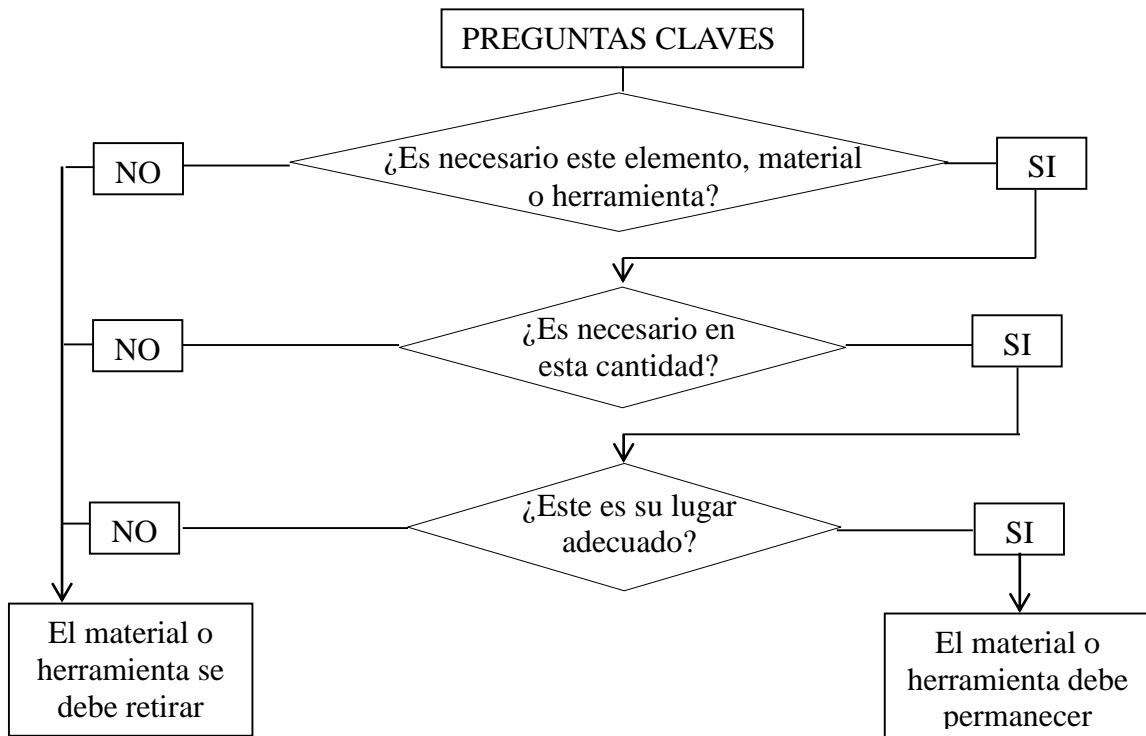


Figura 3-8. Esquema de preguntas clave Seiri

Fuente: [5] E. Dounce Villanueva, *Un enfoque analítico del Mantenimiento Industrial*. México: Compañía editorial Continental, 2006, pp. 204

Tarjeteado

Se utilizarán las etiquetas rojas cuando se detecten elementos que sean innecesarios o que sean usados con muy poca frecuencia. Las tarjetas rojas cuentan con el siguiente formato:



No. _____	
TARJETA ROJA 5'S	
Propuesta por _____	
Área. _____	
Descripción del elemento _____	
ELEMENTO	
<input type="checkbox"/> Máquina/Equipo	<input type="checkbox"/> Material Gastable
<input type="checkbox"/> Herramientas	<input type="checkbox"/> Materia prima
<input type="checkbox"/> Instrumento	<input type="checkbox"/> Producto en proceso
<input type="checkbox"/> Elemento Eléctrico	<input type="checkbox"/> Producto terminado
<input type="checkbox"/> Elemento Mecánico	<input type="checkbox"/> Otros
OTROS/COMENTARIO _____	
RAZÓN	
<input type="checkbox"/> Innecesario	<input type="checkbox"/> Descompuesto
<input type="checkbox"/> Fuera de especificaciones	<input type="checkbox"/> Otros
<input type="checkbox"/> Otros _____	
ACCIÓN SUGERIDA	
<input type="checkbox"/> Eliminar	
<input type="checkbox"/> Juntar en espacio separado	
<input type="checkbox"/> Reubicar	
<input type="checkbox"/> Otros _____	
Fecha inicio __/__/__	Final de la acción __/__/__

Figura 3-9. Modelo de tarjetas rojas
Fuente: [Autor]

Gestión de los elementos tarjeteados

Una vez detectada la tarjeta roja en la inspección Seiri por parte del Supervisor de Mantenimiento encargado del equipo se llenará el presente formato en el cual se explicará la gestión realizada (reubicación, eliminación, finalización del proceso, etc.). En el Anexo G se pueden observar fotografías de los cambios de imagen obtenidos con la gestión de dichos elementos.

Tabla 3-5. Gestión de los elementos innecesarios

	CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES	
TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000		
IMPLANTACIÓN DE LAS 5 S - SEIRI		
GESTIÓN DE LOS ELEMENTOS TARJETEADOS		
Cantidad	Elementos Innecesarios	Gestión
24	Planchas de paneles termoacústicos	Terminar proceso
1	Tubo de PVC	Eliminar
1	Pedazo de tubo cuadrado metálico	Eliminar
1	Pedazo de plástico de seguridad	Eliminar
3	Valdés	Reubicar
3	Tanques vacíos de aceite	Reubicar
1	Costal de aserrín	Reubicar
1	Pedazo de manguera	Reubicar
Varias	Cajas de madera	Eliminar
Varios	Pedazos de waype	Eliminar
1	Soga	Reubicar
Varios	Pedazos de cartón	Eliminar
2	Extensiones eléctricas	Reubicar
1	Lámpara de tubos dañada	Eliminar
1	Manguera para aire	Reubicar
1	Escoba	Reubicar
Varios	Pedazos de waype	Eliminar
2	Valdes	Eliminar
Varios	Alabes	Reubicar
2	Tanques con lubricante	Reubicar
1	Botellón de agua	Reubicar

Varias	Láminas de aluminio sobrante	Eliminar	
1	Caja de madera con plásticos y desperdicios	Eliminar	
1	Pedazo de perfil metálico	Eliminar	
1	Manguera transparente	Reubicar	
2	Valdes con elementos varios	Reubicar	
Varias	Eslingas	Reubicar	
Varios	Pedazos de cartón	Eliminar	
1	Grillete	Reubicar	
Varios	EPP	Reubicar	
4	Mueles con sus respectivos pernos	Reubicar	
Varios	Tacos de madera	Reubicar	
2	Sistemas de nivelación de turbinas	Reubicar	
1	Pedazo de waype	Eliminar	
1	Pedazo de tubo metálico	Eliminar	
1	Rastrillo metálico	Reubicar	
1	Cajón de herramientas de mantenimiento mecánico	Reubicar	
1	Mesa de dibujo	Reubicar	
1	Mandril	Reubicar	
1	Botella de gaseosa	Eliminar	
2	Tanques de aceite vacíos	Eliminar	
1	Línea de seguridad	Volver a pintar	
Elaborado por:	Antonio Lozada (Tesista)	Fecha:	Del 23 al 27 de enero de 2017
Verificado por:	Ing. Marco Zabala	Fecha:	27 de enero de 2017

Fuente: [Autor]



Figura 3-10. Gestión de elementos innecesarios Seiri

Fuente: [Autor]

B) SEITON (ORDENAR)

Posterior a la limpieza inicial que se ha dado en las cercanías de la máquina se aplicará Seiton.

Disposición inicial de los elementos necesarios

Pensando en la reducción de costos el CIRT ha adquirido máquinas que le permitan utilizar en lo posible un mismo tipo de herramental de cambio y de mantenimiento. Todas estas herramientas se encuentran almacenadas correctamente en casilleros especiales para herramientas.



Figura 3-11. Casillero y armario de herramientas
Fuente: [Autor]

Establecimiento de la mejor ubicación de los elementos necesarios

Los armarios de herramientas deberán estar ubicados estratégicamente en puntos centrales para ser utilizadas cuando se requieran con el objetivo de evitar el desorden y reducir los tiempos en el mantenimiento.

Marcar la mejor localización de los elementos

Con el objetivo de facilitar la localización correcta tanto de herramientas y elementos necesarios se deberá señalizar completamente el área del torno. Se debe identificar la ubicación específica de dichos elementos mediante señalización del nombre o código del objeto. (Ver Anexo D)



Figura 3-12. Señalización de la ubicación de los elementos
Fuente: [Autor]

Disposición final de los elementos

En el Anexo D se muestra la ubicación final de las herramientas y demás elementos necesarios en el mantenimiento del equipo.

3.3.5.3 IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO



Como parte del desarrollo de los pilares del TPM se implantará un plan de mantenimiento autónomo para el torno mecánico vertical CNC SMART 50 CH-4000 como equipo piloto en base a los siete pasos sugeridos por el JIMP. El mismo podrá ser tomado de ejemplo para su ampliación a todos los equipos del CIRT. Y al finalizar este proyecto se generarán gamas de mantenimiento autónomo para los operadores de la máquina. Dentro de los pasos para el desarrollo del presente plan se encuentran implícitas la tercera, cuarta y quinta S.

Limpieza e inspección

• Inventario de los elementos necesarios para la limpieza

Los operadores deberán realizar una limpieza rutinaria semanal de su máquina, en ella deberán estar atentos a la detección de posibles anomalías o inconformidades en la misma. Para que la limpieza tenga éxito el operador deberá tener a mano todos los elementos necesarios que se enlistan a continuación. La cantidad indicada debe ser respetada debido a que su falta podría dificultar las actividades y su exceso provocaría desorden. El uso de estos materiales será específicamente de los operadores del TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000.

Tabla 3-6. Inventario de los elementos necesarios para la limpieza

		CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES			
TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000					
MANTENIMIENTO AUTÓNOMO - LIMPIEZA					
ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA LIMPIEZA					
Cantidad necesaria		Elemento		Observaciones	
1		Escoba			
1		Pala metálica			
250 gramos		Waype			
100 ml		Alcohol isopropílico			
10		Liencillos (30x30cm)			
60 ml		Gel antibacterial			
1 par		Guantes de caucho			
Elaborado por:		Antonio Lozada		Fecha: 24/01/2017	
Verificado por:		Ing. Marco Zabala		Fecha: 27/01/2017	

Fuente: [Autor]

- **Registro de defectos encontrados durante la limpieza**

Una vez realizada la limpieza se registrarán los defectos encontrados durante la inspección posterior a ella.

Se propone el siguiente formato de tarjetado para el desarrollo del presente paso. El mismo que deberá ser llenado por duplicado con el fin de que una de la tarjeta quede plasmada sobre el equipo o elemento en observación y la otra acuda al buzón de sugerencias. Dicho buzón deberá estar situado en un lugar estratégico cerca de la máquina y al final de la semana deberá ser vaciado y las tarjetas entregadas al Jefe de Mantenimiento.

TPM MANTENIMIENTO AUTÓNOMO		TPM MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	
ETIQUETA DE NO CONFORMIDAD		ETIQUETA DE NO CONFORMIDAD	
Tarjeta N°		Descripción de la no conformidad: _____ _____ _____ _____	
Nombre del equipo:			
Puesto de trabajo:			
Fecha de detección:			
Detectada por:			
Descripción de la no conformidad: _____ _____		Materiales a utilizar: _____ _____ _____	

Figura 3-13. Señalización de herramientas
Fuente: [Autor]

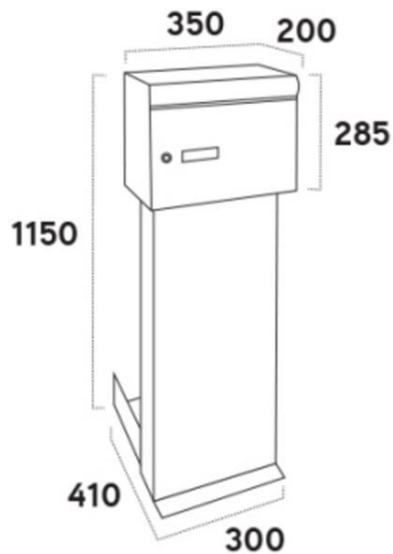


Figura 3-14. Buzón de Inconformidades (medidas en mm)
Fuente: [15] www.multipapel.com/subfamilia-buzon.htm. Revisado el 30 de enero de 2016

Tabla 3-8. Detección y clasificación de las fuentes de contaminación

	CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES		
TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000			
MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
DETECCIÓN Y DE LAS FUENTES DE CONTAMINACIÓN			
Fuente de contaminación	Ubicación	Corrección	Observación operario
Generación de humedad	Sistema de refrigeración Tablero Eléctrico del Regulador SIMA MIC	Reemplazar la bandeja actual por una bandeja metálica desmontable para purga, colocar una cubierta y señalética preventiva	
Elaborado por:	Antonio Lozada	Fecha:	24/01/2017
Verificado por:	Ing. Marco Zabala	Fecha:	27/01/2017

Fuente: [Autor]



Figura 3-15. Fuentes de contaminación

Fuente: [Autor]

Preparación de estándares de limpieza, lubricación, apriete e inspección

• Identificación de los puntos a lubricar

Tabla 3-9. Puntos de lubricación del TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000

DEPÓSITO	DIAGRAMA	TIPO DE ACEITE	V(L)	PERIODO DE CAMBIO
A	Grupo Hidráulico 10030-13-001	ISO VG 32	250	1 Año
B	Lubricación Unimec 10030-13-003	ISO VG 1000	5	Vigilar nivel
C	Lubricación tuercas patines y guías	ISO VG 68 Guías	3	Vigilar nivel
D	Lubricación Hidrostática y engrase 10030-13-005	ISO VG 32 Mixto	750	1 Año
E	Esquema Fluido Corte 10030-13-006	Taladrina	1000	1 Año
F	Hidrostática X/Z 10030-13-007	ISO VG 68	150	1 Año
G	Trasvase Fluido Corte	Taladrina		
H	Frigorífico hidrostático y engrase 10030-13-005			
I	Frigorífico hidrostática X/Z 10030-13-007			

Fuente: [14] Bost Machine Tools Company S.L.U. Manual Original de instrucciones máquina SMART 50 CH-4000. Versión 1.0 14.1.2014 Asteasu: BOST 2014, pp. 31

• Identificación de las fugas de lubricante

En los puntos de lubricación se realizará una inspección diaria por parte de los operadores quienes serán los encargados de la identificación de fugas del lubricante mediante el uso de las tarjetas de no conformidad ya expuestas.

Unificación de los tipos de lubricante y Métodos de lubricación

• Llenado del Aceite

El depósito de aceite debe rellenarse hasta la mitad de la mirilla superior del nivel de aceite con el fluido, es decir, el medio de presión descrito en el certificado de prueba.

El aceite hidráulico debe tener a la máxima temperatura de servicio todavía una viscosidad de 4-6° E.

Por otra parte, los aceites espesos crean dificultades al proceder al arranque a

temperaturas exteriores bajas, por ello deben utilizarse para servicio de invierno (SAE 80W) y servicio de verano aceites con distinta viscosidad (SAE 20).

Se procede al llenado por medio del filtro de aire o tapón de llenado. Al hacerlo, debe procurarse la mayor limpieza posible, ya que el circuito de aceite se filtra solamente en el retorno o eventualmente también en la parte de succión de la bomba.

- **Llenado de lubricante**

Antes de poner la máquina en marcha, se debe verificar que todos los depósitos de aceite para el engrase de los engranes y guías sean llenados hasta la marca o señal.

En relación con el tipo de lubricante a utilizar, hay que tener en cuenta las instrucciones de engrase.

Antes de utilizar las diferentes partes de la máquina, hay que tener el cuidado de que todos los puntos de engrase están suficientemente engrasados según el tipo de aceite correspondiente a la tabla 3-9.

Inspección general y automática

Para desarrollar el sentido de cooperación y de pertenencia de los equipos los operarios deben trabajar continuamente para mejorar la eficiencia del equipo. Para ello el mantenimiento autónomo se ha considerado como una tarea y compromiso de todo el personal y se deberá capacitar al mismo para que pueda realizar tareas básicas de inspección en sus puestos de trabajo.

El Sr. Ingeniero Joseba Agirrezabala representante de BOST Machine Tools Company impartió entre el 31/08/2015 al 30/09/2015 en las instalaciones del CIRT el curso T400 dirigido a los operadores del Torno vertical CNC SMART 50CH-4000 y en general al personal de CELEC EP HIDROAGOYÁN con una duración de 200 horas.

Entre cuyos contenidos cabe destacar:

- Grupos funcionales
- Modos de funcionamiento de la máquina
- Recordatorio sobre gestión de herramientas
- Mantenimiento diario de la máquina

Además de ello, el 14 de Julio de 2015 se realizaron capacitaciones sobre la filosofía de las 5S y el mantenimiento autónomo por parte del Ing. Carlos Guerra en las instalaciones del CIRT. Dicho tipo de capacitaciones han sido permanentes hasta el desarrollo del presente proyecto. Por lo que se considera que el personal del CIRT se encuentra completamente suficientemente para la implantación y el desarrollo de la inspección autónoma. Sin embargo se deberá capacitar al personal en uso de tarjetas de inconformidad para el éxito del TPM.



Estandarización

Los operadores deberán convertir en hábito sus tareas de automantenimiento por ello se incluirá una gama con actividades de mantenimiento autónomo específicas para los operadores del TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000 al final del proyecto que abarque sus elementos más críticos. Sin embargo el compromiso del personal deberá ir más allá y estar siempre atento con el fin de buscar siempre la mejora de la eficiencia del equipo.

Control autónomo pleno y auditoría

Se muestra el siguiente formato que permitirá llevar control del estado de la aplicación del mantenimiento autónomo y de las 5S sobre una valoración de 400 puntos.

Tabla 3-10. Auditoria 5S y Mantenimiento Autónomo

 		RANGO: 10 = PERFECTO 7 = EXISTEN 1 O 2 PROBLEMAS 4 = EXISTEN 3 O 4 PROBLEMAS 1 = EXISTEN 5 O MÁS PROBLEMAS					
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES							
HOJA DE AUDITORIA "5 s" Y AUTOMANTENIMIENTO							
ELEMENTO: TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000							
ORDEN MANTENGA SOLO LO NECESARIO	(Poner las cosas en orden y restablecer limites)		10	7	4	1	Comentarios
	¿Existe un lugar específico para cada cosa?						
	¿Están los lugares de almacenamiento perfectamente identificados?						
	¿Todos los artículos están en su lugar?						
	¿Se vuelven a colocar los artículos en su lugar después de usarse?						
	¿No se colocan directamente sobre el suelo productos propios del área?						
	¿No se dejan en el área de trabajo elementos innecesarios?						
	¿No se coloca nada contra paredes, pilares o estanterías?						
	¿Están las perchas, estanterías y tableros correctamente ordenados?						
	¿Están bien apilados los productos?						
LIMPIEZA MANTENGA TODO LIMPIO	(Limpieza del equipo, herramientas y el área de trabajo)		10	7	4	1	
	¿Están las áreas de trabajo limpias?						
	¿Están los equipos totalmente limpios?						
	¿Existen basureros en el área de trabajo?						
	¿Están las líneas de los pasillos limpias y visibles?						
	¿Existen materiales para la limpieza en el lugar de trabajo?						
	¿Los procedimientos de limpieza son visibles?						
	¿No se dejan en el área de trabajo desechos o suciedad?						
PULCRITUD MANTENGA TODO	(Un estado más allá, compartir información, estandarizar)		10	7	4	1	
	¿Está pintado el equipo de trabajo?						
	¿No hay lugares en la sección hasta una altura de 2m que no esté pintado?						
	¿Los cristales de las ventanas se lavan regularmente?						
	¿No se muestran notas fuera de fecha, sucias?						

EN ORDEN	¿No hay bordes o marcas de cinta engomada de notas anteriores?					
	¿No hay archivos o documentos en desuso sobre las mesas?					
	¿El personal porta su uniforme de trabajo completo y limpio?					
	¿Están los basureros y contenedores de limpieza vacíos?					
SEGURIDAD CUMPLA CON LAS NORMAS	(Seguridad Personal)	10	7	4	1	
	¿Es visible el equipo de seguridad necesario en el área?					
	¿Está claramente identificada la localización de tomacorrientes?					
	¿Todos los cajetines eléctricos están con sus respectivas tapas?					
	¿Los tomacorrientes están identificados por el voltaje?					
	¿Nada obstruye las salidas o corredores?					
	¿El personal usa su equipo de seguridad?					
	¿El equipo de seguridad del personal está en buen estado?					
	¿Nada obstruye el acceso a los extintores y mangueras?					
	¿Está claramente identificado los tableros eléctricos?					
	¿Todos los cajetines eléctricos están fijos en la pared o máquina?					
	¿Todos los tableros eléctricos están cerrados?					
	DISCIPLINA MANTENGA UNA ACTITUD CONFIABLE	(Apegarse a las reglas escrupulosamente)	10	7	4	1
¿El personal conoce los resultados de las auditorías?						
¿El personal cumple con los procedimientos de orden limpieza y seguridad?						
¿Están los resultados estadísticos visibles a todos?						
MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	Control Autónomo pleno	10	7	4	1	
	¿El personal domina el manejo de las tarjetas de inconformidad y el buzón de tarjetas?					
	¿Se cumplen todas las actividades señaladas en las gamas de mantenimiento autónomo?					
						PUNTUACION: __/400
Realizado por:		Fecha:				
Verificado por:		Fecha:				

Fuente: [Autor]

3.3.5.4 IMPLANTACIÓN DE SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE

A) LÍQUIDO DE CORTE

Es recomendable que el líquido de corte, normalmente aceite soluble, sea bioestable, posea buenas prestaciones, que asegure un buen estado de superficies mecanizadas y longevidad a las herramientas, así como un mantenimiento simplificado. Es así mismo recomendable que sea respetuoso con las normas de higiene y seguridad en el trabajo y no sea agresivo con el medio ambiente.

B) MANIPULACIÓN DE PIEZAS O HERRAMIENTAS

Para la manipulación de piezas o herramientas el operario estará provisto de guantes industriales para impedir heridas en las manos y botas de seguridad para proteger los pies contra caída de piezas o herramientas.

Para piezas o herramientas cuyo peso sea superior a 10kg, puede ser necesario el empleo de equipos de elevación.

El operario debe tener cuidado al manipular las herramientas ya que pueden estar calientes después del mecanizado.

C) VERIFICACIÓN DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN

Periódicamente se debe verificar todos los sistemas de protección del operario como cristales, barandillas, puertas, cierres de seguridad.



Figura 3-16. Puertas y barandillas de seguridad
Fuente: [Autor]

D) EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Para preservar la seguridad y la salud del operario es necesario dotarle de elementos de protección y asegurarse que los utiliza para que estos defiendan de los peligros que puedan presentarse en los diferentes procesos de mecanizado y manipulación realizables en la máquina, que pueden ser de diferente índole. (Ver Anexo C) Un equipo de protección individual puede estar compuesto de los siguientes elementos (sin ser limitativo):

- Botas de seguridad (Antideslizantes, protección metálica etc.)
- Guantes
- Gafas de seguridad (graduadas en su caso)
- Casco de seguridad
- Tapones para amortiguación de ruido

E) ZONAS DE PELIGRO DE LA MÁQUINA

Se utiliza señalética normalizada de: prohibición, advertencia, seguridad e información en los alrededores del torno con el objeto de identificar y prevenir los peligros y riesgos para la integridad física y la salud en base a la NTE INEN 439,1984 (Ver Anexo G). En el mapa de riesgos del Anexo C quedan detalladas las zonas de riesgo de la máquina.



Figura 3-17. Señalización según NTE INEN 439,1984

Fuente: [Autor]

F) RUIDO

A pesar de que la emisión de ruido perceptible desde el puesto de trabajo del operador de la máquina alcanza valores permitidos por la ergonomía según el manual del operador. Se debe proveer al operario de protecciones auditivas ya que dichos valores pueden variar según el material y la velocidad a la que se esté maquinando. Además de que otros procesos que se estén realizando en otras áreas del CIRT también aumentan dichos valores.

Si este realiza una elección adecuada de la herramienta puede disminuir el ruido en el proceso de mecanizado. Esto también sucede al asegurarse de que la herramienta esté bien sujeta y evitando así posibles vibraciones y aumento del ruido.

Realizar un adecuado mantenimiento de la máquina, también ayuda a la disminución del ruido.

G) ILUMINACIÓN

La iluminación dispuesta en la zona del control, es decir, dentro del ascensor es superior a 500lux según el manual del operador. Además la máquina está iluminada por la iluminación del pabellón y cuenta con varias filas de leds en la tapa cerca de la cámara de vídeo para que se ilumine la zona de trabajo de la pieza. Por lo que no existe ningún problema ergonómico en la zona del operador.

H) RIESGOS RESIDUALES

Los resguardos suministrados con la máquina están previstos para minimizar los riesgos de proyecciones, pero no los eliminan totalmente.

El operario debe mantener una distancia mínima de 500mm respecto a las ventanas transparentes.



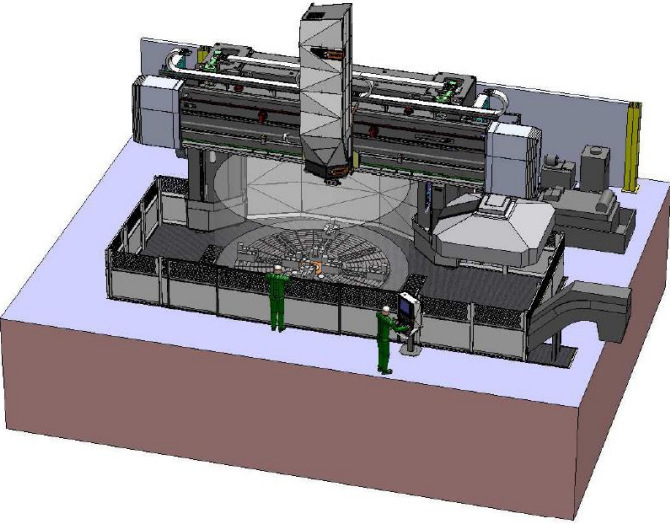
El empleo de determinadas sustancias, tales como el aluminio o magnesio puede causar peligros adicionales como incendio o polvos nocivos.

El mecanizado de piezas no equilibradas puede originar un peligro de proyecciones. Los

3.3.5.5 PLAN DE MANTENIMIENTO

A) ELABORACIÓN DE LA FICHA TÉCNICA

Tabla 3-12. Ficha técnica del Torno mecánico vertical CNC SMART 50 CH-4000

	CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES	
FICHA TÉCNICA		
TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000		
		
CARACTERÍSTICAS GENERALES		
Construida por:	BOST MACHINE TOOLS COMPANY S.L.U.	
Modelo:	SMART 50CH-4000	
Nº de Serie:	10030	
Año de construcción	2014	
DATOS DE LA MÁQUINA		
Zona de trabajo		
Volteo de la pieza	5000 mm	
Diámetro del plato	4000 mm	
Altura máxima de torneado	2500 mm	
Movimiento vertical del travesaño	1600 mm	
Curso vertical del RAM (eje Z)	1500 mm	
Curso horizontal del RAM (eje X)	-2800/ +3150	



Curso total horizontal del RAM (eje X)	5950
Numero de garras	4
Peso máximo de la pieza uniformemente distribuido	80 Ton
Peso de la máquina	158200 kg
Velocidad máxima de trabajo del eje “C”	20 rpm
Torneado	
Potencia de los motores del plato (AC) S1-100% 1HP SIEMENS (51kW+51kW)	102 kW
Par nominal (S1-100%)	121700 Nm
Número de gamas	2
Rangos de velocidad a potencia máxima (S1-100%)	8100 rpm
Gama I	8-32 rpm
Gama II	32-100 rpm
Velocidad máxima del plato	100 rpm
Fresado/Taladrado/Roscado	
Potencia del motor del rectificado (AC) S1-100%	37 kW
Par nominal S1-100%	18884
Nº de gamas	2
Gama I	188-750 rpm
Gama II	750-3000 rpm
Velocidad máxima del eje X	15000 mm/min
Velocidad máxima del eje Z	15000 mm/min
Máxima velocidad vertical del movimiento del travesaño eje W	1500 mm/min
PARTE ELÉCTRICA	
Cabezal Pieza	
2 Motores	1PH8186-1DD05-1BA1
2 Reductores	ZF 2K-801 Tipo 2LG4560-1JC21
1 Encoder	RON886-36000i/m HEIDENHAIN
Eje Z Fresador	
Servomotor	1FT7105-5SF1-4BH1 SIEMENS
Reductora	SNA3ZQDS-F3Y0K
Regla	LS187C-1640mm
Eje X	
Servomotor	1FT7108-5AC71-1BG1
Regla	LB382C-7040mmACCIO
Accionamiento Herramienta	
Motor	1PH8165-1DF03-1DA1
Reductor	ZF 2K-300
Encoder	ROD486-2048i/v HEIDENHAIN
Accionamiento Travesaño	
Motor Trifásico	75kW 4 polos 50 Hz Tamaño 280/B5 posición
Accionamiento Almacén	
Servomotor	1FK7101-2AC71-1BG1 SIEMENS
Encoder	ROC413-2048 HEIDENHAIN

SISTEMAS			
Alimentación eléctrica y control		Sistema lubricación de travesaño	
Sistema hidrostático plato y engrase		Sistema de accionamiento de barrón	
Sistema de refrigeración hidrostático		Sistema neumático	
Sistema del grupo hidráulico		Sistema de accionamiento plato	
Sistema Hidrostático X/Z		Sistema separador taladrina-viruta	
Sistema de refrigeración hidrostático		Sistema de control principal	
Sistema de refrigeración por taladrina		Sistemas auxiliares	
Sistema de cambio automático de herramientas			
* Esta máquina cuenta con el manual del fabricante			
<p>FUNCIÓN: Permite el mecanizado, de metales, el cual se realiza mediante un eje vertical y un plato giratorio. En el torneado se realiza un movimiento principal de rotación de la pieza a mecanizar contra una a varias herramientas fijas. Para el caso de fresado, es la herramienta quien realiza el giro para el mecanizado de la pieza.</p>			
Realización: José Lozada	07/dic/2016	Aprobación: Ing. Marco Zabala	13/dic/2016

Fuente: [Autor]

B) LEVANTAMIENTO DE PARTES

Tabla 3-13. Estructura del torno vertical CNC SMART 50CH-4000

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES			
	ESTRUCTURA DEL TORNO VERTICAL CNC SMART 50CH-4000		
	Elaborado por: José Antonio Lozada	Fecha de elaboración: 13/12/2016	
	Revisado por: Ing. Christian Castro Miniguano	Fecha de revisión: 22/12/2016	
SISTEMA	COMPONENTE	OBJETO	
Alimentación eléctrica y control	Tablero principal (uha1)	Fusibles (3fc2) 400-600v / 259a	
		Fusibles (3fc3) 400-600v / 400a	
		Fusibles (3fc4) 400-600v / 160a	
		Fusibles (3fc5) 400-600v / 160a	
		Fuente de alimentación 4u1	
		Fuente de alimentación 4u2	
		Fuente de alimentación 4u3	
		Transformador (3ta1) 480 - 220v	
		Transformador (3ta2) 480 - 460v	
		Interruptor (3fb1) 230v	
		Interruptor (3fc1) 400v	
		Interruptores (8fc1 - 8fc2 - 8fc3 - 8fc4 - 8fc5) 230 - 400v	
		Interruptores (8kf1) 230v	
		Fuente siemens sinamik (10u1) 380 - 480v / 260a	
		Fuente siemens sinamik (10u2) 380 - 480v / 291a	
		Micromaster siemens 440	
Transformador (3ta3) 480-220v			
Interruptor (5kfc1) 230v			

	Relé (17kf1)
	Interruptores (5fc0 - 5fc1 - 5fc2 - 5fc3 - 5fc4 - 5fc5 - 5fc6) 230-400v
	Interruptores (6fc0 - 6fc1 - 6fc2 - 6fc3 - 6fc4 - 6fc5 - 6fc6) 230-400v
	Interruptores (7fc0 - 7fc1 - 7fc2 - 7fc3 - 7fc4 - 7fc5 - 7fc6 - 7fc10) 230-400v
	Fuente de alimentación sp1 (11u1) 400v / 132a
	Interruptores (4cb3 - 3fc6 - 3fc7)
	Relés de protección (4qa1 - 4qa2 - 4qa3)
	Fuentes de alimentación (4ta1 - 4ta2 - 4ta3) 24v
	Relés de protección (15qb1 - 15qb2 - 15qb3 - 15qb4)
	Módulo de comunicación profibus (30kf0 - 30kf1 - 30kf2)
	Módulo de comunicación profibus (40kf0 - 40kf1 - 40kf2 - 40kf3 - 40kf4 - 40kf5 - 40kf6 - 40kf7 - 40kf8 - 40kf9 - 40kf10)
	Módulo de comunicación profibus (50kf50 - 50kf51 - 50kf52 - 50kf53 - 50kf54 - 50kf55 - 50kf56 - 50kf57 - 50kf58)
	Módulo de comunicación serial (38xf1)
	Relés (62kf1 - 62kf2 - 62kf3 - 62kf4 - 62kf5 - 62kf6 - 62kf7 - 62kf8)
	Relés (64kf1 - 64kf2 - 64kf3 - 64kf5)
	Relés de protección (63qa3 - 63qa4 - 63qa5)
	Relés de protección (21qb1 - 21qb2 - 21qb3 - 21qb4 - 21qb5 - 21qb6)
	Relés de protección (22qb1 - 22qb2 - 22qb3 - 22qb4 - 22qb5)
	Relés de protección (23qb1 - 24qb1 - 24qb2 - 24qb3 - 24qb4)
	Relés (65kf1 - 65kf2 - 65kf3)
	Relés de protección (60qa1 - 60qa2 - 60qa3 - 60qa4 - 60qa5 - 60qa6 - 60qa7)
	Relés de protección (61qa1 - 61qa2 - 61qa3 - 61qa4 - 61qa5 - 61qa6)
	Relés de protección (63qa1 - 63qa2 - 63qa3 - 63qa4 - 63qa5 - 63qa6 - 63qa7 - 63qa8 - 64qa4)

		Pulsador (50sf2)
		Puerto ethernet
		Fuente de alimentación sp3 (11u2)
		Fuente de alimentación almacenamiento (12u1)
		Fuente de alimentación eje x (12u2)
		Fuente de alimentación eje z (12u3)
		Fuente de alimentación sp2 (12u4)
		Tarjeta de control sinumerik (37u1)
		Tarjeta de control sinumerik (38u1)
		Refrigerador
Sistema hidráulico plato y engrase	Tablero local (uc2)	Módulo profibus (42kf0 - 42kf1 - 42kf2 - 42kf3 - 42kf4 - 42kf5 - 42kf6 - 42kf7 - 42kf8)
		Módulo profibus (42kf50 - 42kf51)
	Tanque almacenamiento	Flujostatos (90bf6 - 90bf5 - 90bf7 - 92bf1 - 90bf8 - 91bf2 - 92bf2 - 91bf3 - 90bf2)
		Presostato (90bp3)
		Caudalímetros (91hq5 - 91hq4 - 90hq1)
		Sensores de nivel (91bl6 - 91bl7)
		Válvulas reguladoras
		Filtro de aceite entrada
		Filtro de aceite salida
		Filtro de aceite recirculación
Electroválvulas		
Bombas (21ma1 - 21ma2 - 21ma3)		
Sistema de refrigeración aceite hidráulico	Refrigeración	Ventiladores (am3 - bm3)
		Radiador
	Tanque almacenamiento	Presostato (71bp1 - 71bp2 - 71bp3 - 71bp5 - 71bp8)

Sistema del grupo hidráulico		Sensores de nivel (70bl1 - 70bl6)
		Electroválvulas
		Caudalímetros (71hq2 - 81qm5)
		Bombas (20ma1 - 20ma2 - 20ma3)
	Tablero local (uc1)	Módulo profibus (41kf0 - 41kf1 - 41kf2 - 41kf3 - 41kf4 - 41kf5)
		Módulo profibus (41kf50 - 41kf51 - 41kf52 - 41kf53 - 41kf54)
Sistema hidrostático x/z	Tablero local (uh110)	Borneras
	Tanque almacenamiento	Sensor de nivel (s7bl4)
		Caudalímetros (57hq1 - 57hq2 - 57hq3)
		Flujostato (57bf5)
		Filtros de aceite de entrada
		Filtros de aceite de salida
		Filtros de aceite de recirculación
		Bombas (24ma1 - 24ma2)
	Motor eléctrico y freno	
Tanque enfriamiento	Display principal	
Sistema refrigeración por taladrina	Tablero local (qh100)	Borneras
	Tanque almacenamiento	Caudalímetros (65qm1 - 65qm2 - 65qm3)
		Sensor de nivel (55bl8)
		Bombas (22ma1 - 22ma4 - 22ma5)
	Tablero local (qh100)	Módulo de comunicación (55xg1)
Sistema act (cambio automático de herramienta)	Recinto de herramientas	Motor (12ma1)
		Sensores de presencia (153bg1 - 153bg2 - 153bg3)
		Sensor de posición (152bg7 - 152bg8)
		Remishaw
		Pistón neumático

		Caja de engranajes
Sistema lubricación de barrón	Soporte principal	Sensores de posición (153bg5 - 153bg6)
	Tablero local (uc5)	Módulo profibus (45kf0 - 45kf1 - 45kf2 - 45kf3 - 45kf4 - 45kf5 - 45kf6 - 45kf7 - 45kf8 - 45kf9)
		Alimentación (151u1)
		Módulo de comunicación serial (310xf0 - 310xf4)
		Fuente de voltaje (134u1)
		Módulo profibus (44kf0 - 44kf1 - 44kf2 - 44kf3 - 44kf4 - 44kf5 - 44kf6 - 44kf7 - 44kf8)
		Módulo profibus (44kf50 - 44kf51 - 44kf52 - 44kf53 - 145kf1)
		Relés (140kf1 - 140kf2)
Transformador (8ta1)		
Sistema neumático	Tablero local (uc3)	Módulo profibus (43kf0 - 43kf1 - 43kf2 - 43kf3)
		Módulo profibus (43kf50 - 43kf51 - 43kf52 - 43kf53 - 42kf54)
		Relés (121kf5 - 121kf6 - 121kf7 - 121kf8)
	Soporte principal	Electroválvulas
		Filtros de aire seco
		Presóstato (110bp1)
Sistema de movimiento del plato	Subsuelo	Motores (15ma1 - 15ma2)
		Frenos neumáticos
		Sensores de nivel (55bl5 - 55bl6)
		Bomba (21ma6)
		Puerto de comunicación (55wg2)
Sistema de bombeo	Recinto recolector de viruta	Sensor de nivel (57bl6)
		Bomba (22ma3)
		Tablero de alimentación

Fuente: [Autor]

C) DOSSIER

• DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA

El torno mecánico vertical, modelo CNC SMART 50CH-4000 para el mecanizado de metales, en la cual el mecanizado se realiza mediante un eje vertical y un plato giratorio. En esta máquina-herramienta el movimiento principal es la rotación de la pieza a mecanizar contra una a varias herramientas fijas. Para el caso de fresado, es la herramienta la que realiza el giro para el mecanizado de la pieza. La máquina está diseñada para trabajar materiales férricos (aceros) además utiliza productos como fluidos de corte, lubricantes utilizados para el engrase de elementos de la máquina, aceites hidráulicos para los equipos hidráulicos, y aire a presión.

• CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA

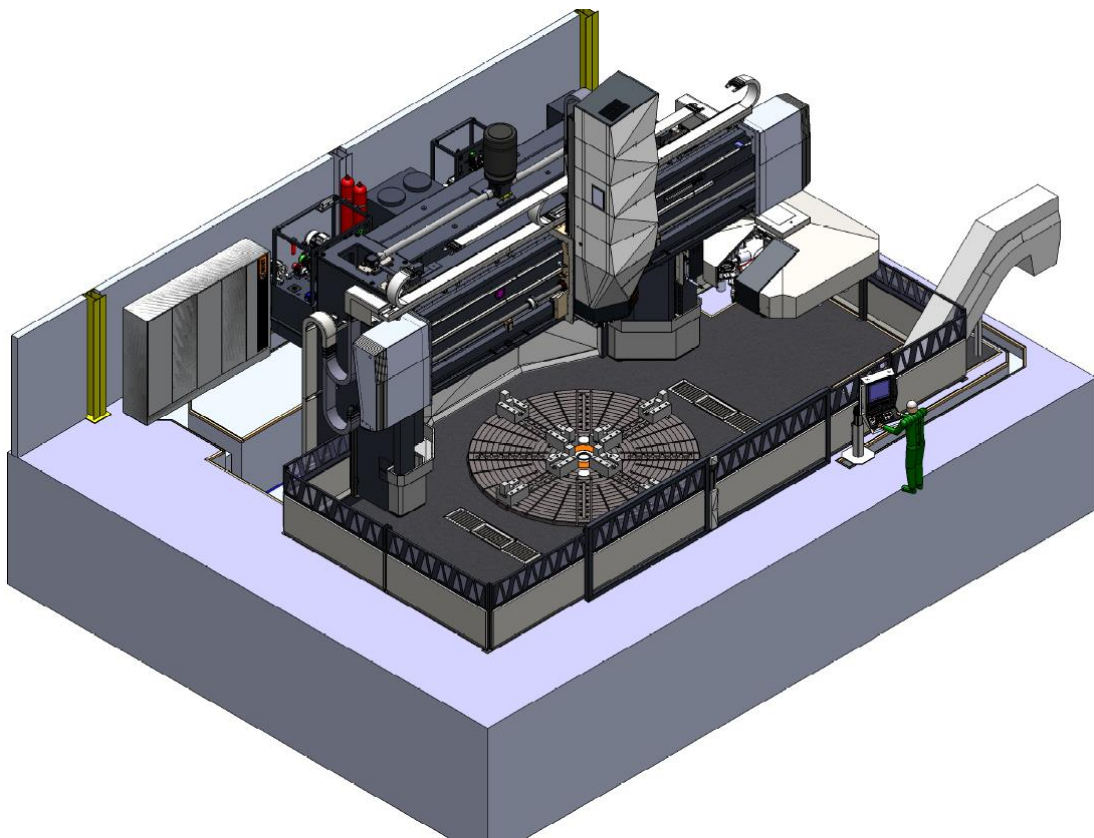


Figura 3-18. Vista general de la máquina

Fuente: [16] Bost Machine Tools Company S.L.U. Manual Original de instrucciones máquina SMART 50 CH-4000. Versión 1.0 14.1.2014 Asteasu: BOST 2014, pp. 7

Zona de trabajo

Volteo de la pieza.....	5.000 mm
Diámetro del plato.....	4.000 mm
Altura máxima de torneado.....	2.500 mm
Movimiento vertical del travesaño.....	1.600 mm
Curso vertical del RAM (eje Z).....	1.500 mm
Curso horizontal del RAM (eje X).....	-2.800/+3.150 mm
Curso total horizontal del RAM (eje X).....	5.950 mm
Numero de garras.....	4
Peso máximo de la pieza uniformemente distribuido.....	80 Tn
Peso de la máquina.....	158.200 kg
Velocidad máxima de trabajo del eje "C".....	20 rpm

Torneado

Potencia de los motores del plato (AC)S1-100% 1PH8 SIEMENS (51kW+51kW).....	102 kW
Par nominal (S1-100%).....	121.700 Nm
Número de Gamas	2
Rango de velocidad a potencia máxima (S1-100%).....	8-100 rpm
Gama I	8-32 rpm
Gama II	32-100 rpm
Velocidad máxima del plato.....	100 rpm

Fresado/taladrado/roscado

Potencia del motor del rectificado (AC) S1-100%.....	37 kW
Par nominal S1-100%.....	1.884 Nm
Nº de gamas.....	2
Rango de velocidad en la potencia máxima.....	3.000 rpm
Gama I	188-750 rpm
Gama II	750-3000rpm
Herramienta.....	BT 50
Fuerza de sujeción(cada garra).....	110.000
Recorrido transversal/vertical del carro durante el torneado	

Desplazamiento del carro sobre el travesaño (eje "X") hidrostático
 Desplazamiento del RAM (eje "Z") hidrostático
 RAM de forma octogonal con sección de 310x310 mm.
 Fuerza máxima de corte con el RAM.....35.000 N
 Fuerza máxima (eje X) con RAM.....35.000 N
 Fuerza máxima (eje Z) con RAM.....50.000 N
 Sistema de refrigerante interno y suplemento externo para las herramientas.
 Sistema de centrado y amarre de los portaherramientas de alta precisión mediante
 dentado Hirth
 Velocidad máxima del eje X.....15.000 mm/min
 Velocidad máxima del eje Z.....15.000 mm/min
 Máxima velocidad vertical del movimiento del travesaño eje W.....1.500 mm/min

Portaherramientas y Cabezales

2 portaherramientas 40x40mm
 1 portaherramientas simple horizontal CAPTO C8
 1 portaherramientas simple vertical CAPTO C8
 1 cabezal de fresar rotante horizontal BT 50 (cada 2,5°)

Accesorios

Almacén 36 puestos.
 12 herramientas verticales BT 50
 12 herramientas horizontales BT 50
 12 puestos para portas de torneado o cabezales
 Sonda medición pieza, en RAM. Renishaw RMP 60
 Sistema de pressetting de medición de herramienta Renishaw RMP 60
 Equipado de filtrado de taladrina de 1.000l y dos bombas
 Extractor de virutas de 4"

Parte eléctrica

Cabezal pieza:

2 Motores 1PH8186-1DD05-1BA1
 2 Reductores ZF 2K-801 Tipo 2LG4560-1JC21

1 Encoder RON886-36000i/m HEIDENHAIN

Eje Z Fresador:

Servomotor 1FT7105-5SF1-4BH1 SIEMENS

Reductora SNA3ZQDS-F3Y0K

Regla LS187C-1640mm

Eje X:

Servomotor 1FT7108-5AC71-1BG1

Regla LB382C-7040mm

Accionamiento herramienta:

Motor 1PH8165-1DF03-1DA1

Reductor ZF 2K-300

Encoder ROD486-2048i/v HEIDENHAIN

Accionamiento travesaño:

Motor trifásico 75kW 4 polos 50 Hz Tamaño 280/B5 posición V1

Accionamiento almacén:

Servomotor 1FK7101-2AC71-1BG1 SIEMENS

Encoder ROC413-2048 HEIDENHAIN

Ejes de la máquina

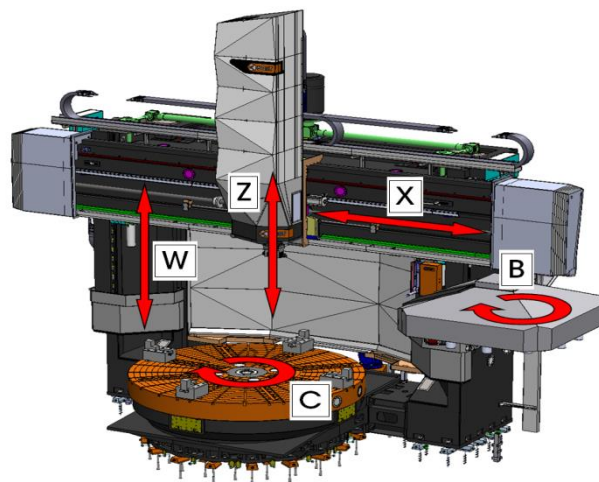


Figura 3-19. Ejes de la máquina

Fuente: [16] Bost Machine Tools Company S.L.U. Manual Original de instrucciones máquina SMART 50 CH-4000. Versión 1.0 14.1.2014 Asteasu: BOST 2014, pp. 12

Diagrama par-potencia Accionamiento Plato

CONSTANT TORQUE (kw) DIAGRAM SPINDLE DRIVE
Torno Smart-50CH 4000

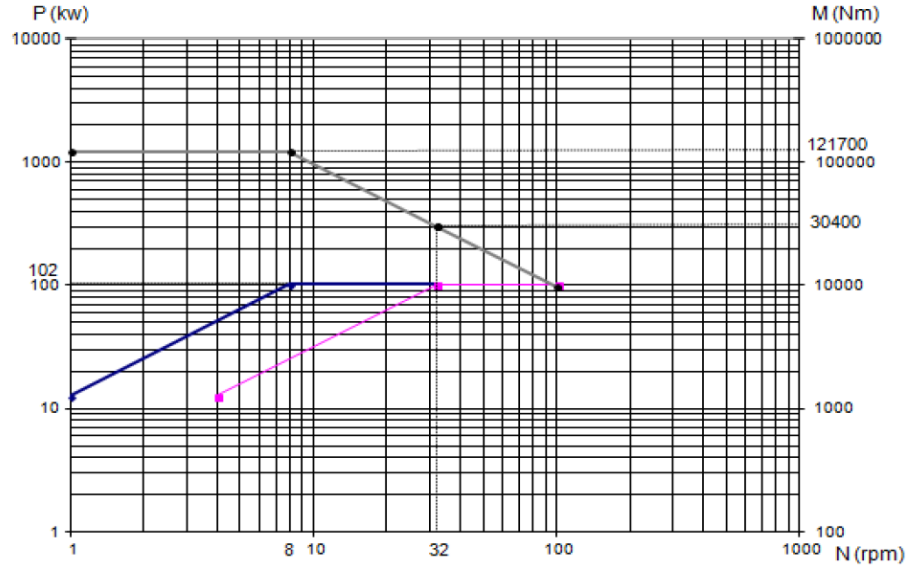


Figura 3-20. Diagrama par-potencia del accionamiento del plato

Fuente: [16] Bost Machine Tools Company S.L.U. Manual Original de instrucciones máquina SMART 50 CH-4000. Versión 1.0 14.1.2014 Asteasu: BOST 2014, pp. 12

Diagrama par-potencia Accionamiento Fresa

CONSTANT TORQUE (kw) DIAGRAM SPINDLE DRIVE
FRESADOR 37 KW - 3000 MIN-1

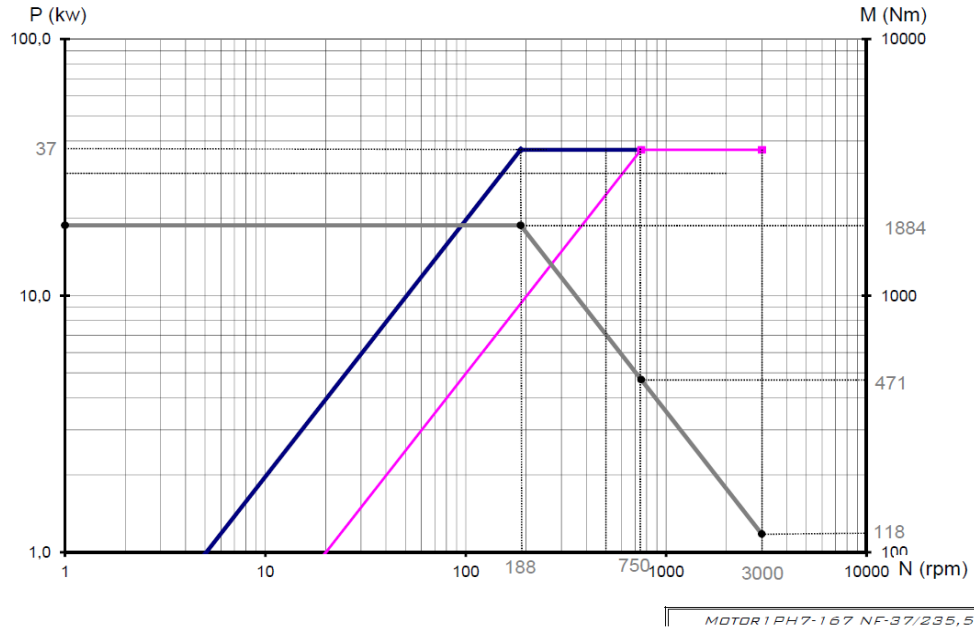


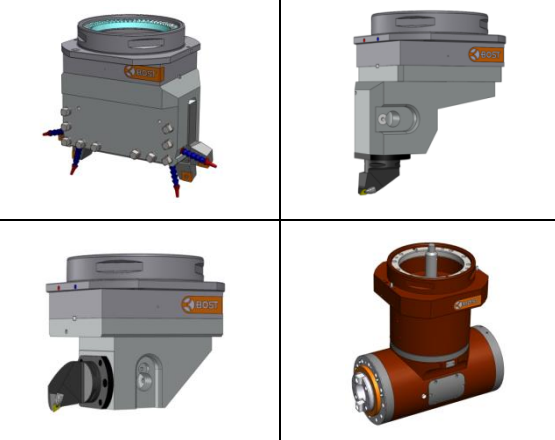

Figura 3-21. Diagrama par-potencia del accionamiento







Fuente: [16] Bost Machine Tools Company S.L.U. Manual Original de instrucciones máquina SMART 50 CH-4000. Versión 1.0 14.1.2014 Asteasu: BOST 2014, pp. 12

• DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS

Tabla 3-14. Resumen de elementos de la máquina

DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS	
<p>Bancada.- Es la base donde se apoya hidrostáticamente el plato en dirección axial al fresar. El aceite ingresa a presión a esta por sus 16 celdillas.</p>	
<p>Cajas accionamiento plato.- Permiten la reducción de velocidad desde el motor hasta el plato mediante el uso de 2 gamas de velocidad del reductor. Su sistema de freno es hidrostático.</p>	
<p>Plato.- Construido en GG30 se encuentra sobre la corona la cual es atacada por dos piñones del accionamiento principal.</p>	
<p>Columnas Pórtico.- Son 2 columnas de acero soldado, que junto a los distanciadores y la cubierta forma un portal- bastidor, que abarca las guías del travesaño permitiendo el movimiento vertical.</p>	
<p>Travesaño.- Provee una superficie de deslizamiento para el carro al deslizarse verticalmente por las columnas mediante un sistema de martinete y enclavamientos.</p>	
<p>Carro X.- Guiado hidrostáticamente a lo largo del husillo para permitir operaciones de mecanizado.</p>	

<p>Barrón.- Además de trabajar como torno puede trabajar como fresador gracias a su forma octogonal que le permite trabajar en un diámetro menor, sin perder sus características.</p>	
<p>Almacén de herramientas.- Esta atado al travesaño y provisto de una capota de puerta neumática. Cuenta con 12 posiciones para portaherramientas de torneado o cabezales, 12 verticales para BT 50 y 12 horizontales para BT 50.</p>	
<p>Sistemas de medida herramienta.- Permite calibrar el desgaste de las herramientas mediante un brazo motorizado de alta precisión (HPMA Remishaw).</p>	
<p>Portaherramientas y cabezales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Portaherramientas 40x40 mm (Ø415mm) • Portaherramientas vertical simple CAPTO C8 (Ø357mm.) • Portaherramientas horizontal simple CAPTO C8 (Ø361mm.) • Cabezal fresador rotante BT 50 (Ø600mm) 	
<p>Extractor de virutas.- Con un diámetro de 4" mueve la cadena hacia un motor hasta el depósito donde es recuperado por una bomba.</p>	

<p>Equipo eléctrico.- Contiene diferenciales, magnetotérmicos, transformadores, variadores, regletas de conexión, etc., alimentados a 400V y 50Hz y refrigerados por un climatizador.</p>	
<p>Puesto de mando.- Pupitre que abarca todo el sistema de control acompañado de un mando auxiliar extensible con volante electrónico.</p>	
<p>Grupo Hidráulico.- Proporciona el aceite para el funcionamiento de los accionamientos y contrapesos.</p>	
<p>Lubricación guías.- Suministra aceite independientemente para lubricar el travesaño, el barrón y los husillos.</p>	
<p>Lubricación UNIMEC.- Lubrica independientemente a los husillos del accionamiento del travesaño y al sistema UNIMEC.</p>	
<p>Grupo hidrostático plato.- Suministra lubricación hidrostática con ayuda de un frigorífico al plato y las cajas.</p>	
<p>Fluido de corte.- Depósito de 1000L que contiene la taladrina que se utilizará para refrigerar la herramienta y la pieza y la filtra mediante papel y electroválvulas.</p>	
<p>Equipo neumático.- Cuyos elementos montados en un panel en la parte trasera de la columna izquierda.</p>	

- LISTA DE PLANOS DE CONJUNTO DE LA MÁQUINA

Tabla 3-15. Lista de planos de conjunto de la máquina

LISTA DE PLANOS DE CONJUNTO DE LA MÁQUINA	
Layout	10030-00-001
Cimentación	10030-00-101
Bancada	10030-01-001
Conectores RAM	10030-02
RAM	10030-02-000
Accionamiento Z	10030-02-001
Equilibrado RAM	10030-02-003
Motorización del mandrino	10030-02-004
Amarre accesorios	10030-02-006
Eje encoder	8575-02-008
Plato	10030-03-000
Plato	10030-03-001
Ataque plato	10030-03-002
Accionamiento plato	10030-03-003
Carro eje X	10030-05-002
Soporte RAM	10030-05-003
Columna	10030-09-000
Travesaño + piecerío	10030-10-000
Montaje travesaño	10030-10-001
Bloqueo travesaño	10030-10-007
Botonera	10030-11-001
Grupo Hidráulico	10030-13-001
Lubricación Unimec	10030-13-003-1
Lubricación tuercas patines y guías	10030-13-003-2
Lubricación hidrostática y engrase	10030-13-005
Esquema fluido de corte	10030-13-006
Hidrostático X/Z	10030-13-007
Esquema neumático	10030-13-009
Presenting herramienta	10030-14-002
Tapa	10030-65-003
Cabezal angular 90°	10030-68-001
Palpador	10030-77-001
Toolholder 40x40	TH040_310x310
Simple vertical toolholder left	THC8520_310x310
Single horizontal toolholder left C8	THC8610_310x310
Transportador virutas	0914200086

Fuente: [16] Bost Machine Tools Company S.L.U. Manual Original de instrucciones máquina SMART 50 CH-4000. Versión 1.0 14.1.2014 Asteasu: BOST 2014, pp. 22

- PESOS APROXIMADOS

Tabla 3-16. Pesos Aproximados de la máquina

Descripción	Peso (kg)
Bancada	27.000
Plato	23.000
Cajas accionamiento	1.000x2=2.000
Capota	300
Capello	8.000
Soporte/RAM	6.500
Cubre Soporte/RAM	200
Columna izquierda	17.000
Columna derecha	17.000
Almacén + brazo	2.700
Control máquina	200
Presenting herramienta	150
Transportador de virutas	2.500
Unión columna	1.250x2=2.500
Travesaño	27.500
Carenado + suelo + cubre columnas	10.000
Motores accionamiento plato	400x2=800
Fixatores	500
Armario eléctrico	1.200
G. hidráulico + enfriador	600+200=800
G. taladrina	600
G. hidrostático X/Z + enfriador	250 + 100
Sistema UNIMEC	1.000
G. hidrostático	600
Portaherramienta simple vertical	100
Portaherramientas mango cuadrado	130x2=260
Portaherramienta simple horizontal	100
Cabezal fresador rotante	250

Fuente: [16] Bost Machine Tools Company S.L.U. Manual Original de instrucciones máquina SMART 50 CH-4000. Versión 1.0 14.1.2014 Asteasu: BOST 2014, pp. 24

En el Anexo B se puede observar los esquemas de la máquina más a detalle con su vista frontal, superior y lateral izquierda.

D) ANÁLISIS AMFE

En base a lo expuesto en la NTP 679, 2004 se seleccionan los siguientes criterios de ponderación. [11]

Tabla 3-17. Ponderación de criterios AMFE

	CRITERIO	VALOR
GRAVEDAD	Muy Baja Repercusiones imperceptibles	1
	Baja Repercusiones irrelevantes Apenas perceptibles	2-3
	Moderada Defectos de relativa importancia	4-6
	Alta	7-8
	Muy Alta	9-10
FRECUENCIA	Muy Baja Improbable	1
	Baja	2-3
	Moderada	4-5
	Alta	6-8
	Muy Alta	9-10
DETECTABILIDAD	Muy Alta	1
	Alta	2-3
	Mediana	4-6
	Pequeña	7-8
	Improbable	9-10

Fuente: Adaptada de [10] Análisis modal de fallos y efectos. AMFE. NTP 679, 2004. pp 4-6

Luego de obtener los valores de IPR se realiza un cálculo de su promedio y aquellos IPR que tengas un valor mayor o igual a dicho promedio se resaltan ya que son en las que se debe poner mayor énfasis al actuar.

Tabla 3-18. Análisis de Métodos y Efectos de Fallos

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES												
Análisis de Métodos y Efectos de Fallos (AMFE)												
TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000											Frecuencia	F
											Gravedad	G
Elaborado por: José Antonio Lozada Cepeda					Fecha de elaboración: 13/12/2016					Detectabilidad	D	
Revisado por: Ing. Christian Castro Miniguano					Fecha de revisión: 22/12/2016					IPR = F * G * D		
Componente	Objeto	Operación o Función	Fallos Potenciales			Estado Actual					Acciones Correctivas	Responsables
			Modo de fallo	Código ISO14224	Efecto de fallo	F	Causa de fallo	G	D	IPR		
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Fusibles (3FC2 - 3FC3 - 3FC4 - 3FC5)	Protección del circuito	Falla para cerrar el circuito	FTC	Circuito desprotegido	3	Corrosión	2	6	36	Limpieza interna y externa	Jefe de Mantenimiento
			Falla cuando se necesita	FTF	Circuito desprotegido	3	Cortocircuito	2	6	36	Desmontaje y comprobación de funcionamiento	Jefe de Mantenimiento
	Fuente de Alimentación (4U1 - 4U2 - 4U3)	Convierte la energía alterna en CC para alimentar los sistemas	Salida con baja señal	SLL	Máquina desenergizada	2	Baja energía	6	4	48	Desmontaje, limpieza e inspección	Jefe de Mantenimiento
			Salida alta	HIU	Máquina desenergizada	2	Alta energía	6	4	48	Medición de alimentación	Jefe de Mantenimiento
			No arranca	FTS	Máquina desenergizada	2	Circuito abierto	6	4	48	Chequeo y ajuste de conexiones	Jefe de Mantenimiento
	Transformadores 480V (3TA1 - 3TA2 - 3TA3 - 4TA1 - 4TA2 - 4TA3)	Transforma la tensión de una corriente eléctrica alterna sin modificar su potencia	Salida alta	HIU	Cortocircuito	2	Alta energía	8	5	80	Medición de alimentación	Jefe de Mantenimiento
			No arranca	FTS	Cortocircuito	2	Cortocircuito	8	5	80		Jefe de Mantenimiento
			Baja salida	LOO	Cortocircuito	2	Baja energía	8	5	80		Jefe de Mantenimiento
			Sobrecalentamiento	OHE	Cortocircuito	3	Aislamiento	8	5	120	Limpieza y comprobación del correcto funcionamiento	Jefe de Mantenimiento
	Interruptores (3FB1 - 3FC1 - 8FC1 - 8FC2 - 8FC3 - 8FC4 - 8FC5 - 8FK1 - 5KFC1 - 5FC0 - 5FC1 - 5FC2 - 5FC3 - 5FC4 - 5FC5 - 5FC6 - 6FC0 - 6FC1 - 6FC2 - 6FC3 - 6FC4 - 6FC5 - 6FC6 - 7FC0 - 7FC1 - 7FC2 - 7FC3 - 7FC4 - 7FC5 - 7FC6 - 7FC10 - 4CB3 - 3FC6 - 3FC7)	Abre o cierra el paso de corriente eléctrica en un circuito	Falla cuando se necesita	FTF	No arranca la máquina	2	Desajustado	2	1	4	Limpieza y ajuste de conexiones	Jefe de Mantenimiento
			Demora en operar	DOP	No arranca la máquina	2	Control	2	1	4		Jefe de Mantenimiento
	Fuentes SINAMIK (10U1 - 10U2 - MICROMASTER - 11U1 - 11U2 - 12U1 - 12U2 - 12U3 - 12U4)	Convierte la energía alterna en CC para alimentar los sistemas	Salida alta	HIU	No arranca la máquina	2	Alta energía	4	3	24	Limpieza, Inspección Visual y medición de alimentación	Jefe de Mantenimiento
			No arranca	FTS	No arranca la máquina	2	Cortocircuito	4	3	24		Jefe de Mantenimiento
			Baja salida	LOO	No arranca la máquina	2	Baja energía	4	3	24		Jefe de Mantenimiento
	Relés Auxiliares (17KF1 - 62KF1 - 62KF2 - 62KF3 - 62KF4 - 62KF5 - 62KF6 - 62KF7 - 62KF8 - 64KF1 - 64KF2 - 64KF3 - 64KF5 - 65KF1 - 65KF2 - 65KF3)	Abre o cierra un circuito	Falla para cerrar el circuito	FTC	No arranca la máquina	3	Circuito abierto	4	3	36	Limpieza y comprobación del correcto funcionamiento	Jefe de Mantenimiento
			Falla cuando se necesita	FTF	No arranca la máquina	2	Cortocircuito	4	3	24		Jefe de Mantenimiento
	Relés de Protección (4QA1 - 4QA2 - 4QA3 - 15QB1 - 15QB2 - 15QB3 - 15QB4 - 63QA3 - 63QA4 - 63QA5 - 21QB1 - 21QB2 - 21QB3 - 21QB4 -	Abre o cierra un circuito	Falla para cerrar el circuito	FTC	No arranca la máquina	2	Circuito abierto	4	3	24	Limpieza y comprobación del correcto funcionamiento	Jefe de Mantenimiento
			Falla cuando se necesita	FTF	No arranca la	3	Cortocircuito	4	3	36		Jefe de

	21QB5 - 21QB6 - 22QB1 - 22QB2 - 22QB3 - 22QB4 - 22QB5 - 23QB1 - 24QB1 - 24QB2 - 24QB3 - 24QB4 - 60QA1 - 60QA2 - 60QA3 - 60QA4 - 60QA5 - 60QA6 - 60QA7 - 61QA1 - 61QA2 - 61QA3 - 61QA4 - 61QA5 - 61QA6 - 63QA1 - 63QA2 - 63QA3 - 63QA4 - 63QA5 - 63QA6 - 63QA7 - 63QA8 - 64QA4)				máquina							Mantenimiento
	Módulo de Comunicación Serial (38XF1)	Dispositivo electrónico programado para resolver problemas de secuencias	Falla para cerrar el circuito	FTC	Error de operación	2	Circuito abierto	6	4	48	Comprobación del correcto funcionamiento y ajuste de conexiones	Jefe de Mantenimiento
			Falla cuando se necesita	FTF		1	Cortocircuito	6	4	24	Desmontaje, limpieza interna y comprobación de funcionamiento	Jefe de Mantenimiento
	Módulo de Comunicación Profibus (30KF0 - 30KF1 - 30KF2 - 40KF0 - 40KF1 - 40KF2 - 40KF3 - 40KF4 - 40KF5 - 40KF6 - 40KF7 - 40KF8 - 40KF9 - 40KF10 - 50KF50 - 50KF51 - 50KF52 - 50KF53 - 50KF54 - 50KF55 - 50KF56 - 50KF57 - 50KF58)	Dispositivo electrónico programado para resolver problemas de secuencias	Falla cuando se necesita	FTF	Error de operación	2	Circuito abierto	6	4	48	Chequeo y ajuste de conexiones	Jefe de Mantenimiento
						2	Contaminación	6	4	48	Desmontaje, limpieza interna y comprobación de funcionamiento	Jefe de Mantenimiento
	Puerto Ethernet	Puerto de redes locales	Falla cuando se necesita	FTF	Falla al transmitir información	2	Circuito abierto	6	4	48	Chequeo y ajuste de conexiones	Jefe de Mantenimiento
			Problemas menores	SER	Falla al transmitir información	2	Contaminación	6	4	48	Desmontaje, limpieza interna y comprobación de funcionamiento	Jefe de Mantenimiento
	Tarjeta de Control Numérico SINUMERIC (38U1)	Dispositivo electrónico programado para resolver problemas de secuencias	Falla cuando se necesita	FTF	Falla al transmitir información	2	Circuito abierto	6	4	48	Comprobación de funcionamiento	Jefe de Mantenimiento
			Sobrecalentamiento	OHE	Falla al transmitir información	3	Sobrecalentamiento	5	3	45	Comprobación de la temperatura	Jefe de Mantenimiento
	Pulsador (50SF2)	Sirve para poner en funcionamiento un mecanismo o aparato	Falla cuando se necesita	FTF	Error de operación	2	Circuito abierto	4	2	16	Chequeo y ajuste de conexiones	Jefe de Mantenimiento
Problemas menores			SER	Error de operación	4	Contaminación	4	1	16	Desmontaje, limpieza interna y comprobación de funcionamiento	Jefe de Mantenimiento	
REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Filtro	Materia porosa, a través de la cual se hace pasar un fluido para clarificarlo o depurarlo	Taponado	PLU	Contaminación en el sistema de refrigeración	6	Contaminación	6	5	180	Limpieza interna y externa	Jefe de Mantenimiento
			Vibración excesiva	VIB	Contaminación en el sistema de refrigeración	3	Desajuste	6	3	54	Ajuste de partes empernadas de sujeción	Jefe de Mantenimiento
	Ventilador	Transmite energía para generar la presión necesaria con la que mantener un flujo continuo de aire	No arranca	FTS	Recalentamiento de los sistemas	2	Circuito abierto	3	3	18	Comprobación de funcionamiento	Jefe de Mantenimiento
			Problemas menores	SER	Recalentamiento de los sistemas	4	Contaminación	3	2	24	Limpieza e inspección	Jefe de Mantenimiento
	Display	Pantalla o indicador numérico utilizado para visualizar una determinada información de un aparato electrónico	Problemas menores	SER	Error de operación	2	Contaminación	4	3	24	Limpieza e inspección	Jefe de Mantenimiento
			Falla cuando se necesita	FTF	Error de operación	3	Circuito abierto	4	2	24	Comprobación de funcionamiento	Jefe de Mantenimiento
	Compresor	Reduce a menor volumen un líquido o un gas por medio de la presión	Vibración excesiva	VIB	No se transporta el fluido	3	Corrosión	6	3	54	Comprobación de la ausencia de ruidos excesivos y medición de vibraciones	Jefe de Mantenimiento
			Ruido excesivo	NOI	No se transporta el fluido	4	Corrosión	7	3	84		Jefe de Mantenimiento
			Colapso	BRD	No se transporta el fluido	3	Bloqueo	7	3	63	Medición de alimentación, limpieza y comprobación del correcto funcionamiento	Jefe de Mantenimiento
			Fuga externa	ELP	No se transporta el fluido	4	Desgaste	7	3	84		Jefe de Mantenimiento

			Fuga interna	INL	No se transporta el fluido	4		7	3	84		Jefe de Mantenimiento
			Sobrecalentamiento	OHE	No se transporta el fluido	3	Bloqueo	7	3	63		Jefe de Mantenimiento
			Lectura Anormal del instrumento	AIR	No se transporta el fluido	2	Desajustado	7	3	42		Jefe de Mantenimiento
			Roturas en el soporte	STD	No se transporta el fluido	4	Deformación	7	3	84		Jefe de Mantenimiento
			No se activa al momento de encender	FTS	No se transporta el fluido	3	Control	7	3	63		Jefe de Mantenimiento
			No se detiene al momento de apagar	STP	No se transporta el fluido	3	Control	7	3	63		Jefe de Mantenimiento
INSTRUMENTACIÓN	Flujóstatos (90BF6 - 90BF5 - 90BF7 - 92BF1 - 90BF8 - 91BF2 - 92BF2 - 91BF3 - 90BF2 - 57BF5)	Permite determinar cuándo está circulando un líquido o un gas	Falla cuando se necesita	FTF	Falla de lectura de datos de la máquina	2	Señal incorrecta	4	3	24	Chequeo de terminales	Jefe de Mantenimiento
			Salida con baja señal	SLL	Falla de lectura de datos de la máquina	2	Señal incorrecta	4	3	24	Desmontaje, limpieza interna, comprobación de funcionamiento	Jefe de Mantenimiento
			Salida por señal alta	SHH	Falla de lectura de datos de la máquina	2	Señal incorrecta	4	3	24		Jefe de Mantenimiento
	Presóstatos (90BP3 - 71BP1 - 71BP2 - 71BP3 - 71BP5 - 71BP8 - 110BP1)	Abre o cierra un circuito eléctrico, en función del cambio de un valor de presión prefijado, en un circuito neumático	Falla cuando se necesita	FTF	Falla de lectura de datos de la máquina	2	Señal incorrecta	4	3	24	Chequeo de terminales	Jefe de Mantenimiento
			Salida con baja señal	SLL	Falla de lectura de datos de la máquina	2	Señal incorrecta	4	3	24	Desmontaje, limpieza interna, comprobación de funcionamiento	Jefe de Mantenimiento
			Salida por señal alta	SHH	Falla de lectura de datos de la máquina	2	Señal incorrecta	4	3	24		Jefe de Mantenimiento
	Caudalímetros (91HQ5 - 91HQ4 - 90HQ1 - 71HQ2 - 81QM5 - 57HQ1 - 57HQ2 - 57HQ3 - 65QM1 - 65QM2 - 65QM3)	Medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido	Falla cuando se necesita	FTF	Falla de lectura de datos de la máquina	2	Señal incorrecta	4	3	24	Chequeo de terminales	Jefe de Mantenimiento
			Salida con baja señal	SLL		2	Señal incorrecta	4	3	24	Desmontaje, limpieza interna, comprobación de funcionamiento	Jefe de Mantenimiento
			Salida por señal alta	SHH		2	Señal incorrecta	4	3	24		Jefe de Mantenimiento
	Sensores de Nivel (91BL6 - 91BL7 - 70BL1 - 70BL6 - S7BL4 - 55BL8 - 55BL5 - 55BL6)	Dispositivo electrónico que mide la altura del materia	Falla cuando se necesita	FTF	Falla de lectura de datos de la máquina	2	Señal incorrecta	4	3	24	Chequeo de terminales	Jefe de Mantenimiento
			Salida con baja señal	SLL	Falla de lectura de datos de la máquina	2	Señal incorrecta	4	3	24	Desmontaje, limpieza interna, comprobación de funcionamiento	Jefe de Mantenimiento
			Salida por señal alta	SHH	Falla de lectura de datos de la máquina	2	Señal incorrecta	4	3	24		Jefe de Mantenimiento
	Electroválvulas Hidráulicas	Regula el caudal de un líquido por medio de un electroimán	Falla al cerrar	FTC	No se regula el caudal del líquido	3	Desgaste	7	3	63	Inspección visual de funcionamiento	Jefe de Mantenimiento
			Falla al abrir	FTO	No se regula el caudal del líquido	4		7	3	84		Jefe de Mantenimiento
			No regula	FTR	No se regula el caudal del líquido	4		7	3	84		Jefe de Mantenimiento
			Taponada	PLU	No se regula el caudal del líquido	4	Contaminación	7	3	84	Chequeo de terminales	Jefe de Mantenimiento
			Fuga externa del medio del proceso	ELP	No se regula el caudal del líquido	5	Fractura	7	3	105		Jefe de Mantenimiento
			Fuga interna	INL	No se regula el caudal del líquido	5		7	3	105		Jefe de Mantenimiento
Fuga en posición cerrada			LCP	No se regula el caudal del líquido	4	7		3	84	Jefe de Mantenimiento		
Opera cuando no se necesita			OWD	No se regula el caudal del líquido	1	Control	7	3	21	Desmontaje, limpieza interna, comprobación de funcionamiento	Jefe de Mantenimiento	
Demora en operar			DOP	No se regula el caudal del líquido	2		7	3	42		Jefe de Mantenimiento	

			Lectura anormal de parámetros	AIR	No se regula el caudal del líquido	4		7	3	84		Jefe de Mantenimiento	
	Sensores de Presencia (153BG1 - 153BG2 - 153BG3)	Es un dispositivo electrónico equipado de sensores que responden a un movimiento físico	Falla cuando se necesita	FTF	Falla de lectura de datos de la máquina	2	Señal incorrecta	6	3	36	Comprobación de limpieza mediante inspección visual y de funcionamiento	Jefe de Mantenimiento	
			Falla al cerrar	FTC	Falla de lectura de datos de la máquina	2	Señal incorrecta	6	3	36		Jefe de Mantenimiento	
			Falla al abrir	FTO	Falla de lectura de datos de la máquina	2	Señal incorrecta	6	3	36	Chequeo, limpieza y ajuste de terminales	Jefe de Mantenimiento	
	Sensores de Posición (152BG7 - 152BG8 - 153BG5 - 153BG6)	Controla válvulas y actuadores	Falla cuando se necesita	FTF	No se controlan las válvulas y actuadores	2	Circuito abierto	6	3	36	Chequeo, limpieza y ajuste de terminales	Jefe de Mantenimiento	
			Lectura anormal de parámetros	AIR	No se controlan las válvulas y actuadores	2	No hay señal	6	3	36	Desmontaje, limpieza interna, comprobación de funcionamiento	Jefe de Mantenimiento	
	Herramienta Renishaw	Mide el tamaño de las herramientas antes de iniciar el mecanizado, y comprueba que las herramientas rotas o dañadas durante el curso del mecanizado	Parada por rotura	DRB	Medición incorrecta	3	Fractura	6	2	36	Chequeo, limpieza y ajuste de terminales	Jefe de Mantenimiento	
			Falla cuando se necesita	FTF	Medición incorrecta	2	Voltaje inadecuado	6	2	24	Medición de alimentación y comprobación de correcto funcionamiento	Jefe de Mantenimiento	
	TABLEROS LOCALES (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5)	Módulo Comunicación Profibus (42KF0 - 42KF1 - 42KF2 - 42KF3 - 42KF4 - 42KF5 - 42KF6 - 42KF7 - 42KF8 - 42KF50 - 42KF51 - 41KF0 - 41KF1 - 41KF2 - 41KF3 - 41KF4 - 41KF5 - 41KF50 - 41KF51 - 41KF52 - 41KF53 - 41KF54 - 45KF0 - 45KF1 - 45KF2 - 45KF3 - 45KF4 - 45KF5 - 45KF6 - 45KF7 - 45KF8 - 45KF9 - 44KF0 - 44KF1 - 44KF2 - 44KF3 - 44KF4 - 44KF5 - 44KF6 - 44KF7 - 44KF8 - 44KF50 - 44KF51 - 44KF52 - 44KF53 - 145KF1 - 43KF0 - 43KF1 - 43KF2 - 43KF3 - 43KF50 - 43KF51 - 43KF52 - 43KF53 - 42KF54)	Dispositivo electrónico programado para resolver problemas de secuencias	Falla cuando se necesita	FTF	Falla al transmitir información	2	Circuito abierto	7	4	56	Inspección visual de funcionamiento	Jefe de Mantenimiento
				Salida con baja señal	SLL	Falla al transmitir información	2	Control	7	3	42		Jefe de Mantenimiento
Salida por señal alta				SHH	Falla al transmitir información	2	7		3	42	Jefe de Mantenimiento		
Sobrecalentamiento				OHE	Falla al transmitir información	3	Sobrecalentamiento	7	3	63	Jefe de Mantenimiento		
Módulo Comunicación Serial (310XF0 - 310XF4)		Dispositivo electrónico programado para resolver problemas de secuencias	Falla cuando se necesita	FTF	No se resuelven los problemas de secuencias	2	Control	7	4	56	Inspección visual de funcionamiento	Jefe de Mantenimiento	
			Salida con baja señal	SLL	No se resuelven los problemas de secuencias	2		7	4	56		Jefe de Mantenimiento	
			Salida por señal alta	SHH	No se resuelven los problemas de secuencias	2		7	3	42		Jefe de Mantenimiento	
			Sobrecalentamiento	OHE	No se resuelven los problemas de secuencias	3	Sobrecalentamiento	7	3	63		Jefe de Mantenimiento	
Relés (140KF1 - 140KF2 - 121KF5 - 121KF6 - 121KF7 - 121KF8)		Abre o cierra un circuito	Falla para cerrar el circuito	FTC	Circuito abierto	2	Circuito abierto	4	3	24	Limpieza y comprobación del correcto funcionamiento	Jefe de Mantenimiento	
			Falla cuando se necesita	FTF	Circuito abierto	2	Cortocircuito	4	3	24		Jefe de Mantenimiento	
Transformador (8TA1)		Transforma la tensión de una corriente eléctrica alterna sin modificar su potencia	Salida alta	HIU	Cortocircuito	2	Alta energía	8	5	80	Medición de alimentación	Jefe de Mantenimiento	
			No arranca	FTS	Cortocircuito	2	Cortocircuito	8	4	64		Jefe de Mantenimiento	
			Baja salida	LOO	Cortocircuito	2	Baja energía	8	5	80		Jefe de Mantenimiento	
			Sobrecalentamiento	OHE	Cortocircuito	3	Aislamiento	8	4	96	Limpieza y comprobación	Jefe de	

ESTRUCTPRINCIPAL	Bancada	Plataforma firme sobre la que se coloca una o varias máquinas para trabajar en ellas	Problemas menores	SER	No se soportan los equipos	2	Contaminación	7	2	28	Limpieza e inspección	Jefe de Mantenimiento
			Vibración excesiva	VIB	No se soportan los equipos	3	Desajuste	9	3	81	Reajuste de partes empernadas	Jefe de Mantenimiento
					No se soportan los equipos	2	Fractura	9	2	36	Inspección de posibles fracturas	Jefe de Mantenimiento
	Plato	Soporta a la pieza a mecanizar	Problemas menores	SER	Movimiento de la pieza	3	Contaminación	8	2	48	Limpieza e inspección	Jefe de Mantenimiento
			Vibración excesiva	VIB	Movimiento de la pieza	4	Desajuste	9	2	72	Reajuste de partes empernadas	Jefe de Mantenimiento
					Movimiento de la pieza	4	Fractura	9	2	72	Inspección de posibles fracturas	Jefe de Mantenimiento
			Desviación de los parámetros	PDE	Imprecisión en el mecanizado	2	Pérdida de la precisión	8	2	32	Verificar que la desviación del nivel no sobrepase 0,06/1000 mm (ISO3655 [G0])	Jefe de Mantenimiento
										32	Verificar que la superficie plana del plato no sobrepase los 0,06mm (ISO3655 [G1] Clausula - a)	Jefe de Mantenimiento
										32	Medición tipo leva del plato al rotar. Verificar que no pase de 0,05mm (ISO ISO3655 [G2])	Jefe de Mantenimiento
										32	Verificar que el acabado del agujero central no sobrepase los 0,05 mm (ISO ISO3655 [G3])	Jefe de Mantenimiento
			Columnas -Pórtico	Son el soporte estructural de la máquina	Vibración excesiva	VIB	No se soportan los equipos	2	Desajuste	10	2	40
	No se soportan los equipos	2					Fractura	10	2	40	Inspección de posibles fracturas	Jefe de Mantenimiento
	Falla cuando se necesita	FTF			No se soportan los equipos	2	Desalineamiento	10	2	40	Revisión de las guías del travesaño	Jefe de Mantenimiento
	Elementos móviles	Permiten el desplazamiento de las distintas partes	Vibración excesiva	VIB	No existe desplazamiento	2	Desajuste	7	2	28	Reajuste de partes empernadas	Jefe de Mantenimiento
							Fractura	7	2	28	Inspección de posibles fracturas y medir vibraciones	Jefe de Mantenimiento
	Transportador de virutas	Traslada la viruta hasta la zona de desecho	Problemas menores	SER	Traslada la viruta hasta la zona de desecho	2	Contaminación	7	2	28	Limpieza, vaciar e inspección	Jefe de Mantenimiento
	Motores electricos (8M1 - 11MA1 - 11MA2 - 12MA1 - 12MA2 - 12MA3 - 12MA4 - 15MA1 - 15MA2 - 15MA3 - 15MA4 - 20MA1 - 20MA3 - 23MA1 - 25MA1)	Transforma en movimiento la energía eléctrica	No arranca	FTS	No se mueve el motor	2	Circuito abierto	8	3	48	Limpieza y medición de vibraciones	Jefe de Mantenimiento
			No para	STP	No se mueve el motor	2	Control	8	3	48		Jefe de Mantenimiento
			Se apaga intempestivamente	SPS	No se mueve el motor	2	Falla de energía	8	3	48	Medición de aislamiento y resistencia del bobinado del motor	Jefe de Mantenimiento
			Parada por una rotura	BRD	No se mueve el motor	2	Fractura	8	3	48		Jefe de Mantenimiento
			Salida errática	ERO	No se mueve el motor	2	Control	8	3	48		Jefe de Mantenimiento

			Vibración excesiva	VIB	No se mueve el motor	3	Desalineamiento	8	3	72	Limpieza y comprobación que el eje del motor se encuentre alineado	Jefe de Mantenimiento
			Ruido excesivo	NOI	No se mueve el motor	2	Desajuste	8	3	48		Jefe de Mantenimiento
			Sobrecalentamiento	OHE	No se mueve el motor	3	Aislamiento	8	3	72		Jefe de Mantenimiento
			Deficiencia estructural	STD	No se mueve el motor	3	Fractura	8	3	72		Jefe de Mantenimiento
	Carro eje X	Permite realizar el recorrido en el eje X	Problemas menores	SER	No existe desplazamiento en el eje X	2	Contaminación	4	3	24	Limpieza y lubricación de rodamientos (KRÜBER ISOFLEX NBU15)	Jefe de Mantenimiento
			Vibración excesiva	VIB	No existe desplazamiento en el eje X	2	Fractura	5	3	30	Medir vibraciones	Jefe de Mantenimiento
	Barrón	Carro con barrón que permite el torneado y fresado	Problemas menores	SER	No se puede torneado o fresar	2	Contaminación	8	3	48	Limpieza y Lubricación (ISO VG32 Mixto)	Jefe de Mantenimiento
			Vibración excesiva	VIB	No se puede torneado o fresar	3	Desalineamiento	8	3	72	Medición de vibraciones y reajuste	Jefe de Mantenimiento
	Almacén de herramientas	Contiene el herramental de desbaste	Problemas menores	SER	Desbaste Atascamiento de las herramientas	2	Contaminación	8	3	48	Limpieza e inspección	Jefe de Mantenimiento
			Vibración excesiva	VIB	Desbaste Atascamiento de las herramientas	2	Desajuste	8	3	48	Reajuste de partes empernadas	Jefe de Mantenimiento
					Desbaste Atascamiento de las herramientas	2	Fractura	8	3	48	Inspección de posibles fracturas	Jefe de Mantenimiento
	Portaherramientas y cabezales	Soportan a las herramientas	Vibración excesiva	VIB	Soportan a las herramientas	2	Fractura	8	3	48	Inspección de posibles fracturas	Jefe de Mantenimiento
			Problemas menores	SER	Soportan a las herramientas	3	Contaminación	7	3	63	Limpieza e inspección	Jefe de Mantenimiento
	Extractor de virutas	Filtra y elimina la viruta	Problemas menores	SER	No se elimina la viruta	2	Contaminación	7	2	28	Limpieza de filtros e inspección visual de la cadena	Jefe de Mantenimiento
			Vibración excesiva	VIB	No se elimina la viruta	2	Fractura	7	2	28	Medición de vibraciones en el motor	Jefe de Mantenimiento
	SISTEMA NEUMÁTICO	Aire	Fluido neumático	Baja salida	LOO	No hay suficiente presión en el sistema	2	Fractura	8	2	32	Comprobar por medio de los manómetros que la presión de la red neumática es la correcta.
Válvulas		Fluido del circuito neumático	No regula	FTR	No circula el aire	3	Desgaste	8	2	48	Verificar el estado de las válvulas de salida de aire	Jefe de Mantenimiento
											Calibrar y reparar las válvulas de salida de aire.	Jefe de Mantenimiento
Filtros	Materia porosa, a través de la cual se hace pasar un fluido para clarificarlo o depurarlo	Problemas menores	SER	Fluido no depurado	4	Contaminación	8	3	96	Limpieza de los filtros del sistema	Jefe de Mantenimiento	
						Falla común				Cambiar los filtros de la entrada de la red general.	Jefe de Mantenimiento	
SISTEMA HIDRÁULICO	Tuberías	Distribuye los líquidos o gases	Vibración excesiva	VIB	No se conducen o distribuir los líquidos o gases	3	Desajuste	8	2	48	Revisión de acoples de las tuberías	Jefe de Mantenimiento
			Problemas menores	SER	No se conducen o distribuir los líquidos o gases	4	Desajuste	8	2	64	Reajuste de acoples y cambio de tuberías en mal estado	Jefe de Mantenimiento



Deposito hidráulico	Aloja el fluido	Problemas menores	SER	Fuga del fluido	2	Desajuste	9	3	54	Reajuste de partes empernadas	Jefe de Mantenimiento	
		Problemas menores	SER	Fuga del fluido	3	Contaminación	9	3	81	Limpieza del deposito	Jefe de Mantenimiento	
Bombas de Refrigeración (20MA2 - 21MA1 - 21MA2 - 21MA3 - 21MA4 - 21MA6 - 22MA1 - 22MA3 - 22MA4 - 22MA5 - 24MA1 - 24MA2 - 24MA3 - 24MA4)	Hace circular el fluido para refrigerar los sistemas	Falla para cerrar	FTS	No se refrigeran los sistemas	3	Circuito abierto	10	3	90	Limpieza e inspección visual y auditiva del correcto funcionamiento	Jefe de Mantenimiento	
		No para	STP	No se refrigeran los sistemas	3	Control	10	3	90		Jefe de Mantenimiento	
		Alta salida	HIO	No se refrigeran los sistemas	3		10	3	90	Ajuste de conexiones	Jefe de Mantenimiento	
		Baja salida	LOO	No se refrigeran los sistemas	3		10	3	90	Medición de aislamiento y resistencia del bobinado del motor	Jefe de Mantenimiento	
		Salida errática	ERO	No se refrigeran los sistemas	3		10	3	90		Jefe de Mantenimiento	
		Lectura anormal de parámetros	AIR	No se refrigeran los sistemas	3		10	3	90		Jefe de Mantenimiento	
		Vibración excesiva	VIB	No se refrigeran los sistemas	3		Desalineamiento	10	3	90	Medir vibraciones	Jefe de Mantenimiento
		Ruido excesivo	NOI	No se refrigeran los sistemas	4		Desajuste	10	3	120		Jefe de Mantenimiento
		Fuga externa de servicio	ELU	No se refrigeran los sistemas	3	Contaminación	10	3	90	Jefe de Mantenimiento		
		Fuga interna	INL	No se refrigeran los sistemas	4	Erosión	10	3	120	Comprobación que el eje del motor se encuentre alineado	Jefe de Mantenimiento	
		Se apaga intempestivamente	SPS	No se refrigeran los sistemas	3	Falla de energía	10	3	90		Jefe de Mantenimiento	
		Parada por una rotura	BRD	No se refrigeran los sistemas	3	Fractura	10	3	90		Jefe de Mantenimiento	
		Sobrecalentamiento	OHE	No se refrigeran los sistemas	3	Aislamiento	10	3	90		Jefe de Mantenimiento	
		Deficiencia estructural	STD	No se refrigeran los sistemas	3	Fractura	10	3	90		Jefe de Mantenimiento	
Central hidráulica	Permite el transporte de hidráulico en el circuito	Problemas menores	SER	No se refrigeran los sistemas	2	Falla común	9	2	36	Reponer el aceite de la central hasta donde el nivel lo indica.	Jefe de Mantenimiento	
		Problemas menores	SER	No se refrigeran los sistemas	2	Falla común	9	2	36	Cambiar los cartuchos de los filtros del grupo hidráulico	Jefe de Mantenimiento	
Reductor de presión	Disminuyen la presión en el circuito	Salida errada	ERO	Presión alta en el circuito	2	Desajuste	9	2	36	Reajuste de las partes empernadas	Jefe de Mantenimiento	
		Salida errada	ERO	Presión alta en el circuito	2	Taponado	9	2	36	Verificación de la nivelación de los reductores de presión	Jefe de Mantenimiento	
Fluido Hidráulico	Permite el transporte de energía en el circuito	Problemas menores	ERO	No se transporta energía al circuito	2	Falla común	9	2	36	Comprobar que la temperatura sea <60 y 80 °C durante el servicio	Jefe de Mantenimiento	
		Problemas menores	ERO	No se transporta energía al circuito	4	Falla común	8	2	64	Comprobar el nivel de fluido en el depósito y su estado (ISO VG32 Mixto)	Jefe de Mantenimiento	
		Problemas menores	SER	No se transporta energía al circuito	4	Falla común	8	3	96	Reposición hasta el nivel marcado. (ISO VG32)	Jefe de Mantenimiento	

			Problemas menores	SER	No se transporta energía al circuito	4	Falla común	8	3	96	Mixto)	Jefe de Mantenimiento	
			Problemas menores	SER	Presión baja del circuito	4	Falla común	8	3	96	Comprobar la presión de las 16 cavidades.	Jefe de Mantenimiento	
	Filtro de aceite	Materia porosa, a través de la cual se hace pasar un fluido para clarificarlo o depurarlo	Problemas menores	SER	No se depura el fluido	4	Falla común	8	3	96	Limpieza de filtros	Jefe de Mantenimiento	
			Problemas menores	SER	No se depura el fluido	4	Falla común	8	3	96	Mantenimiento de los filtros de gel de sílice (filtro de sacado por aire)	Jefe de Mantenimiento	
	Acumulador	Almacena energía durante la carga y la restituye parcialmente durante la descarga	Baja Salida	LOO	Falta energía	2	Desajuste	8	3	48	Comprobar presión del gas	Jefe de Mantenimiento	
			Falla cuando se necesita	FTF	Falta energía	2	Desajuste	8	3	48	Comprobar el anclaje del acumulador	Jefe de Mantenimiento	
	Depósito de engrase	Almacén donde yace el fluido	Problemas menores	SER	Fuga del fluido	3	Falla común	8	3	72	Reposición hasta el nivel marcado	Jefe de Mantenimiento	
			Problemas menores	SER	Fuga del fluido	3	Contaminación	8	3	72	Limpieza del depósito de grasa	Jefe de Mantenimiento	
	Mangueras	Sirve para conducir por su interior un fluido de un lugar a otro.	Fuga	ELU	No se conduce por su interior un fluido de un lugar a otro.	3	Desgaste	8	3	72	Comprobar la flexibilidad de las mangueras y posibles fugas	Jefe de Mantenimiento	
			Salida baja	LOW	No se conduce por su interior un fluido de un lugar a otro.	3	Desajuste	8	3	72	Reajuste de los acoples de las mangueras	Jefe de Mantenimiento	
	Filtros de grasa	Materia porosa, a través de la cual se hace pasar un fluido para clarificarlo o depurarlo	Problemas menores	SER	No se depura el fluido	4	Taponado	8	3	96	Limpieza de filtros	Jefe de Mantenimiento	
			Problemas menores	SER	No se depura el fluido	5	Contaminación	8	3	120	Cambiar el cartucho del filtro del grupo de lubricación de las unidades	Jefe de Mantenimiento	
	PROTECCIONES Y CUBIERTAS	Guías eje X, Z	Permite realizar el recorrido en dichos ejes	Problemas menores	SER	No se realiza el recorrido en dichos ejes	2	Desgaste	9	2	36	Limpieza y chequeo de protecciones y reajuste de pernos	Jefe de Mantenimiento
				Problemas menores	SER	Atascamiento	2	Desgaste	9	2	36	Lubricación (KRÜBER ISOFLEX NBU15)	Jefe de Mantenimiento
Desviación de los parámetros				PDE	Imprecisión en el mecanizado	2	Pérdida de la precisión	8	2	32	Verificar que la perpendicularidad de las guías de la columna a la superficie del plato no sobrepase 0,06/1000mm perpendicularmente y 0,04/1000 mm paralelamente. (ISO 3655 [G4])	Jefe de Mantenimiento	
Desviación de los parámetros				PDE	Imprecisión en el mecanizado	2	Pérdida de la precisión	8	2	32	Verificar que la variación del paralelismo del movimiento de la guía con respecto a la superficie plato no sobrepase 0,03/1000 mm (ISO 3655 [G5])	Jefe de Mantenimiento	
Desviación de los parámetros				PDE	Imprecisión en el mecanizado	2	Pérdida de la precisión	8	2	32	Verificar que la variación del paralelismo del movimiento del portaherramientas con	Jefe de Mantenimiento	

											respecto a la superficie plato no sobrepase 0,015mm perpendicularmente y 0,01mm paralelamente (ISO 3655 [G6])	
	Cubierta de Barrón	Cubre y protege al barrón	Problemas menores	SER	Reducción de protección	2	Desgaste	6	2	24	Limpieza interior y exterior	Jefe de Mantenimiento
	Ventanas	Cubre y protege a los operarios	Problemas menores	SER	Reducción de protección	2	Contaminación	5	2	20	Limpieza exterior y reajuste de pernos	Jefe de Mantenimiento
	Carcasa Externa	Cubre y protege a los componentes	Problemas menores	SER	Desprotección de los componentes	2	Contaminación	5	2	20	Inspección visual y auditiva	Jefe de Mantenimiento
BARRÓN	Pistón Liberador de Herramienta	Actuador que permite liberar las herramientas	Falla cuando se necesita	FTF	Herramientas atascadas	2	Contaminación	7	2	28	Inspección visual y auditiva	Jefe de Mantenimiento
											Lubricación	Jefe de Mantenimiento
	Cambiador Automático de Herramientas	Permite variar la herramienta durante el mecanizado	Falla cuando se necesita	FTF	No se puede variar la herramienta	2	Control	7	2	28	Inspección visual	Jefe de Mantenimiento
					No se puede variar la herramienta	2					7	2
Torreta	Base giratoria sobre la cual se insertan las diferentes herramientas para el mecanizado de la pieza.	Desviación de los parámetros	PDE	Imprecisión en el mecanizado	2	Pérdida de la precisión	8	2	32	Verificar que la variación del paralelismo de los ejes del alojamiento de las herramientas con respecto al eje Z no sobrepase 0,03mm perpendicularmente y 0,02mm paralelamente (ISO 3655 [G7])	Jefe de Mantenimiento	
PROMEDIO										52		

Fuente: [Autor]

Tabla 3-19. Resumen AMFE

	CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES		
	Resumen AMFE		
	TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000		
ELEMENTOS IPR ≥ PROMEDIO		ELEMENTOS IPR < PROMEDIO	
No.	PORCENTAJE	No.	PORCENTAJE
77	40%	115	60%

Fuente: [Autor]

E) ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Tabla 3-20. Ponderación de criticidad

	CRITERIO	VALOR
FRECUENCIA (FFF)	Mayor a 4 fallos por semestre	4
	2-4 fallos por semestre	3
	1-2 fallos por semestre	2
	Mínimo 1 falla por semestre	1
IMPACTO OPERACIONAL (IP)	Parada total o inmediata de Máquina o Equipo	10
	Parada Parcial de la Máquina o Equipo	8
	Impacto a Niveles de Operación (indisponibilidad)	5
	No genera ningún efecto significativo sobre las demás actividades	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (FO)	No existe otra máquina o Equipo que lo reemplace	4
	Hay opción de repuesto compartido	2
	Función de repuesto disponible	1
COSTO DE MANTENIMIENTO (CM)	Mayor o igual a \$801.00	10
	Entre \$201,00	7
	Entre \$51,00 y \$200,00	4
	Menor a \$50,00	1
IMPACTO SEGURIDAD HUMANA (SHA)	Afecta a la seguridad humana	10
	Afecta al ambiente produciendo daños irreversibles	7
	Afecta a las instalaciones causando daños severos	5
	Provoca daños menores (accidentes o incidentes)	2
	Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no afecta considerablemente	1
	No provoca ningún tipo de daños a personas instalaciones o ambiente	0

Fuente: Adaptada de [9] Mantenimiento centrado en la confiabilidad, IEC 60300-3-11, 2009. pp 5

Tabla 3-21. Cálculo de criticidad

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES									
CÁLCULO DE CRITICIDAD									
TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000									
Componente	Objeto					Cálculo de criticidad con fórmula			ESTADO DE CRITICIDAD
		IP	FO	CM	SAH	FFF	C	CRITICIDAD	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Fusibles (3FC2 - 3FC3 - 3FC4 - 3FC5)	1	1	1	1	1	3	3	NC
	Fuente de Alimentación (4U1 - 4U2 - 4U3)	10	2	4	1	1	25	25	NC
	Transformadores 480V (3TA1 - 3TA2 - 3TA3 - 4TA1 - 4TA2 - 4TA3)	10	2	7	5	1	32	32	NC
	Interruptores (3FB1 - 3FC1 - 8FC1 - 8FC2 - 8FC3 - 8FC4 - 8FC5 - 8FK1 - 5KFC1 - 5FC0 - 5FC1 - 5FC2 - 5FC3 - 5FC4 - 5FC5 - 5FC6 - 6FC0 - 6FC1 - 6FC2 - 6FC3 - 6FC4 - 6FC5 - 6FC6 - 7FC0 - 7FC1 - 7FC2 - 7FC3 - 7FC4 - 7FC5 - 7FC6 - 7FC10 - 4CB3 - 3FC6 - 3FC7)	5	1	1	2	1	8	8	NC
	Fuentes SINAMIK (10U1 - 10U2 - MICROMASTER - 11U1 - 11U2 - 12U1 - 12U2 - 12U3 - 12U4)	10	1	7	2	1	19	19	NC
	Relés Auxiliares (17KF1 - 62KF1 - 62KF2 - 62KF3 - 62KF4 - 62KF5 - 62KF6 - 62KF7 - 62KF8 - 64KF1 - 64KF2 - 64KF3 - 64KF5 - 65KF1 - 65KF2 - 65KF3)	1	1	1	1	1	3	3	NC
	Relés de Protección (4QA1 - 4QA2 - 4QA3 - 15QB1 - 15QB2 - 15QB3 - 15QB4 - 63QA3 - 63QA4 - 63QA5 - 21QB1 - 21QB2 - 21QB3 - 21QB4 - 21QB5 - 21QB6 - 22QB1 - 22QB2 - 22QB3 - 22QB4 - 22QB5 - 23QB1 - 24QB1 - 24QB2 - 24QB3 - 24QB4 - 60QA1 - 60QA2 - 60QA3 - 60QA4 - 60QA5 - 60QA6 - 60QA7 - 61QA1 - 61QA2 - 61QA3 - 61QA4 - 61QA5 - 61QA6 - 63QA1 - 63QA2 - 63QA3 - 63QA4 - 63QA5 - 63QA6 - 63QA7 - 63QA8 - 64QA4)	1	1	1	1	1	3	3	NC
	Módulo de Comunicación Serial (38XF1)	8	2	4	1	1	21	21	NC
	Módulo de Comunicación Profibus (30KF0 - 30KF1 - 30KF2 - 40KF0 - 40KF1 - 40KF2 - 40KF3 - 40KF4 - 40KF5 - 40KF6 - 40KF7 - 40KF8 - 40KF9 - 40KF10 - 50KF50 - 50KF51 - 50KF52 - 50KF53 - 50KF54 - 50KF55 - 50KF56 - 50KF57 - 50KF58)	8	2	4	1	1	21	21	NC
	Puerto Ethernet	8	2	4	1	1	21	21	NC
	Tarjeta de Control Numérico SINUMERIC (38U1)	8	2	4	1	1	21	21	NC
	Pulsador (50SF2)	5	1	1	1	1	7	7	NC
REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Filtro	8	1	4	1	2	13	26	SC
	Ventilador	5	2	4	1	1	15	15	NC
	Display	10	2	7	1	1	28	28	NC
	Compresor	10	4	7	2	1	49	49	C
INSTRUMENTACIÓN	Flujóstatos (90BF6 - 90BF5 - 90BF7 - 92BF1 - 90BF8 - 91BF2 - 92BF2 - 91BF3 - 90BF2 - 57BF5)	5	2	7	1	1	18	18	NC
	Presóstatos (90BP3 - 71BP1 - 71BP2 - 71BP3 - 71BP5 - 71BP8 - 110BP1)	5	2	7	1	1	18	18	NC
	Caudalímetros (91HQ5 - 91HQ4 - 90HQ1 - 71HQ2 - 81QM5 - 57HQ1 - 57HQ2 - 57HQ3 - 65QM1 - 65QM2 - 65QM3)	5	2	7	1	1	18	18	NC
	Sensores de Nivel (91BL6 - 91BL7 - 70BL1 - 70BL6 - S7BL4 - 55BL8 - 55BL5 - 55BL6)	5	2	7	1	1	18	18	NC
	Electroválvulas Hidráulicas	5	2	4	1	1	15	15	NC
	Sensores de Presencia (153BG1 - 153BG2 - 153BG3)	8	2	4	1	1	21	21	NC
	Sensores de Posición (152BG7 - 152BG8 - 153BG5 - 153BG6)	8	2	4	1	1	21	21	NC
Herramienta Renishaw	10	4	10	1	1	51	51	C	

TABLEROS LOCALES (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5)	Módulo Comunicación Profibus (42KF0 - 42KF1 - 42KF2 - 42KF3 - 42KF4 - 42KF5 - 42KF6 - 42KF7 - 42KF8 - 42KF50 - 42KF51 - 41KF0 - 41KF1 - 41KF2 - 41KF3 - 41KF4 - 41KF5 - 41KF50 - 41KF51 - 41KF52 - 41KF53 - 41KF54 - 45KF0 - 45KF1 - 45KF2 - 45KF3 - 45KF4 - 45KF5 - 45KF6 - 45KF7 - 45KF8 - 45KF9 - 44KF0 - 44KF1 - 44KF2 - 44KF3 - 44KF4 - 44KF5 - 44KF6 - 44KF7 - 44KF8 - 44KF50 - 44KF51 - 44KF52 - 44KF53 - 145KF1 - 43KF0 - 43KF1 - 43KF2 - 43KF3 - 43KF50 - 43KF51 - 43KF52 - 43KF53 - 42KF54)	8	2	7	1	1	24	24	NC
	Módulo Comunicación Serial (310XF0 - 310XF4)	8	2	7	1	1	24	24	NC
	Relés (140KF1 - 140KF2 - 121KF5 - 121KF6 - 121KF7 - 121KF8)	1	1	7	1	1	9	9	NC
	Transformador (8TA1)	10	2	10	5	1	35	35	NC
	Borneras	1	1	1	1	1	3	3	NC
REFRIGERADOR ACEITE HIDRÁULICO	Ventilador	5	2	7	1	1	18	18	NC
	Borneras	1	1	1	1	1	3	3	NC
	Display Indicador	10	2	7	1	1	28	28	NC
REFRIGERADOR HIDROSTÁTICO X/Z	Ventilador	5	2	7	1	1	18	18	NC
	Borneras	1	1	1	1	1	3	3	NC
	Display Indicador	10	1	1	1	1	12	12	NC
ACTUADORES Y MOTORES	Motores eléctricos (8M1 - 11MA1 - 11MA2 - 12MA1 - 12MA2 - 12MA3 - 12MA4 - 15MA1 - 15MA2 - 15MA3 - 15MA4 - 20MA1 - 20MA3 - 23MA1 - 25MA1)	10	2	7	1	1	28	28	NC
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Bancada	10	4	10	2	1	52	52	C
	Plato	10	4	10	1	1	51	51	C
	Columnas -Pórtico	10	4	10	2	1	52	52	C
	Elementos móviles	10	4	7	1	1	48	48	SC
	Transportador de virutas	5	2	7	1	1	18	18	NC
	Motores eléctricos (8M1 - 11MA1 - 11MA2 - 12MA1 - 12MA2 - 12MA3 - 12MA4 - 15MA1 - 15MA2 - 15MA3 - 15MA4 - 20MA1 - 20MA3 - 23MA1 - 25MA1)	10	2	7	1	1	28	28	NC
	Carro eje X	10	4	7	1	1	48	48	SC
	Barrón	10	4	10	1	1	51	51	C
	Almacén de herramientas	8	4	10	1	1	43	43	NC
	Portaherramientas y cabezales	8	2	10	11	1	37	37	SC
	Extractor de virutas	8	2	7	1	1	24	24	NC
SISTEMA NEUMÁTICO	Aire	10	1	1	1	1	12	12	NC
	Válvulas	8	2	7	1	1	24	24	NC
	Filtros	8	2	7	1	2	24	48	C
SISTEMA HIDRÁULICO	Tuberías	8	2	4	1	1	21	21	NC
	Deposito hidráulico	10	2	7	1	1	28	28	NC
	Bombas de Refrigeración (20MA2 - 21MA1 - 21MA2 - 21MA3 - 21MA4 - 21MA6 - 22MA1 - 22MA3 - 22MA4 - 22MA5 - 24MA1 - 24MA2 - 24MA3 - 24MA4)	8	2	4	1	1	21	21	NC
	Central hidráulica	10	2	10	1	1	31	31	NC
	Reductor de presión	8	2	7	1	1	24	24	NC
	Fluido Hidráulico	8	2	4	1	2	21	42	C
	Filtro de aceite	5	2	4	1	2	15	30	SC
	Acumulador	5	2	4	1	1	15	15	NC
Depósito de engrase	5	2	4	1	1	15	15	NC	

	Mangueras	5	2	4	1	1	15	15	NC	
	Filtros de grasa	5	2	4	1	2	15	30	SC	
PROTECCIONES Y CUBIERTAS	Guías eje X, Z	8	2	7	1	1	24	24	NC	
	Cubierta de Barrón	8	4	4	1	1	37	37	SC	
	Ventanas	8	2	4	2	1	22	22	NC	
	Carcasa Externa	8	4	4	2	1	38	38	SC	
BARRÓN	Pistón Liberador de Herramienta	8	2	7	1	1	24	24	NC	
	Cambiador Automático de Herramientas	8	2	7	1	1	24	24	NC	
	Torreta	8	2	7	1	1	24	24	NC	
PROMEDIO DE CRITICIDAD							1,1	23,5	24,8	
	NOMBRE						FECHA			
REALIZÓ	José Antonio Lozada Cepeda					08/01/2017				
VERIFICÓ	Ing. Mg. Christian Castro					19/01/2017				
VALIDÓ	Ing. Marco Zabala					13/01/2017				

Fuente: [Autor]

MATRIZ DE CRITICIDAD

FRECUENCIA	4	SC	C	C	MC	MC
	3	SC	SC	C	MC	MC
	2	NC	NC	SC	C	C
	1	NC	NC	NC	SC	C
		1a12	13a23	24a36	37a48	49a60
		CONSECUENCIA				

	No Crítico (NC)		Crítico (C)
	Semi Crítico (SC)		Muy Crítico (MC)

Figura 3-22. Modelo de matriz de criticidad

Fuente: [17] F. Chicaiza, *Análisis del estado actual de las máquinas de la empresa MADEARQ S.A. del catón Ambato y su incidencia en la confiabilidad*. Ambato: 2016. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Carrera de Ingeniería Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, pp. 247

Tabla 3-22. Matriz de criticidad tablero principal (UHA1)

MATRIZ DE CRITICIDAD TABLERO PRINCIPAL (UHA1)

FRECUENCIA	4					
	3					
	2					
	1	Fusibles (3FC2 - 3FC3 - 3FC4 - 3FC5) / Interruptores (3FB1 - 3FC1 - 8FC1 - 8FC2 - 8FC3 - 8FC4 - 8FC5 - 8FK1 - 5KFC1 - 5FC0 - 5FC1 - 5FC2 - 5FC3 - 5FC4 - 5FC5 - 5FC6 - 6FC0 - 6FC1 - 6FC2 - 6FC3 - 6FC4 - 6FC5 - 6FC6 - 7FC0 - 7FC1 - 7FC2 - 7FC3 - 7FC4 - 7FC5 - 7FC6 - 7FC10 - 4CB3 - 3FC6 - 3FC7) / Relés Auxiliares (17KF1 - 62KF1 - 62KF2 - 62KF3 - 62KF4 - 62KF5 - 62KF6 - 62KF7 - 62KF8 - 64KF1 - 64KF2 - 64KF3 - 64KF5 - 65KF1 - 65KF2 - 65KF3) / Relés de Protección (4QA1 - 4QA2 - 4QA3 - 15QB1 - 15QB2 - 15QB3 - 15QB4 - 63QA3 - 63QA4 - 63QA5 - 21QB1 - 21QB2 - 21QB3 - 21QB4 - 21QB5 - 21QB6 - 22QB1 - 22QB2 - 22QB3 - 22QB4 - 22QB5 - 23QB1 - 24QB1 - 24QB2 - 24QB3 - 24QB4 - 60QA1 - 60QA2 - 60QA3 - 60QA4 - 60QA5 - 60QA6 - 60QA7 - 61QA1 - 61QA2 - 61QA3 - 61QA4 - 61QA5 - 61QA6 - 63QA1 - 63QA2 - 63QA3 - 63QA4 - 63QA5 - 63QA6 - 63QA7 - 63QA8 - 64QA4)	Fuentes SINAMIK (10U1 - 10U2 - MICROMASTER - 11U1 - 11U2 - 12U1 - 12U2 - 12U3 - 12U4) / Módulo de Comunicación Serial (38XF1) / Módulo de Comunicación Profibus (30KF0 - 30KF1 - 30KF2 - 40KF0 - 40KF1 - 40KF2 - 40KF3 - 40KF4 - 40KF5 - 40KF6 - 40KF7 - 40KF8 - 40KF9 - 40KF10 - 50KF50 - 50KF51 - 50KF52 - 50KF53 - 50KF54 - 50KF55 - 50KF56 - 50KF57 - 50KF58) / Puerto Ethernet / Tarjeta de Control Numérico SINUMERIC (38U1) / Pulsador (50SF2)	Fuente de Alimentación (4U1 - 4U2 - 4U3) / Transformadores 480V (3TA1 - 3TA2 - 3TA3 - 4TA1 - 4TA2 - 4TA3)		
		1a12	13a23	24a36	37a48	49a60

CONSECUENCIA

Fuente: [Autor]

Tabla 3-23. Matriz de criticidad refrigerador de tablero (vtp1)

MATRIZ DE CRITICIDAD REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)

FRECUENCIA	4				
	3				
	2		Filtro		
	1	Ventilador	Display		Compresor
		1a12	13a23	24a36	37a48

CONSECUENCIA

Fuente: [Autor]

Tabla 3-24. Matriz de criticidad instrumentación

MATRIZ DE CRITICIDAD INSTRUMENTACIÓN

FRECUENCIA	4				
	3				
	2				
	1	Flujóstatos (90BF6 - 90BF5 - 90BF7 - 92BF1 - 90BF8 - 91BF2 - 92BF2 - 91BF3 - 90BF2 - 57BF5) / Presóstatos (90BP3 - 71BP1 - 71BP2 - 71BP3 - 71BP5 - 71BP8 - 110BP1) / Caudalímetros (91HQ5 - 91HQ4 - 90HQ1 - 71HQ2 - 81QM5 - 57HQ1 - 57HQ2 - 57HQ3 - 65QM1 - 65QM2 - 65QM3) / Sensores de Nivel (91BL6 - 91BL7 - 70BL1 - 70BL6 - S7BL4 - 55BL8 - 55BL5 - 55BL6) / Electroválvulas Hidráulicas / Sensores de Presencia (153BG1 - 153BG2 - 153BG3) / Sensores de Posición (152BG7 - 152BG8 - 153BG5 - 153BG6)			Herramienta Renishaw
		1a12	13a23	24a36	37a48

CONSECUENCIA

Fuente: [Autor]

Tabla 3-25. Matriz de criticidad Tableros locales (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5)

MATRIZ DE CRITICIDAD TABLEROS LOCALES (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5)

FRECUENCIA	4					
	3					
	2					
	1	Relés (140KF1 - 140KF2 - 121KF5 - 121KF6 - 121KF7 - 121KF8) / Borneras		Módulo Comunicación Profibus (42KF0 - 42KF1 - 42KF2 - 42KF3 - 42KF4 - 42KF5 - 42KF6 - 42KF7 - 42KF8 - 42KF50 - 42KF51 - 41KF0 - 41KF1 - 41KF2 - 41KF3 - 41KF4 - 41KF5 - 41KF50 - 41KF51 - 41KF52 - 41KF53 - 41KF54 - 45KF0 - 45KF1 - 45KF2 - 45KF3 - 45KF4 - 45KF5 - 45KF6 - 45KF7 - 45KF8 - 45KF9 - 44KF0 - 44KF1 - 44KF2 - 44KF3 - 44KF4 - 44KF5 - 44KF6 - 44KF7 - 44KF8 - 44KF50 - 44KF51 - 44KF52 - 44KF53 - 145KF1 - 43KF0 - 43KF1 - 43KF2 - 43KF3 - 43KF50 - 43KF51 - 43KF52 - 43KF53 - 42KF54) / Módulo Comunicación Serial (310XF0 - 310XF4) / Transformador (8TA1) /		
	1a12	13a23		24a36	37a48	49a60

CONSECUENCIA

Fuente: [Autor]

Tabla 3-26. Matriz de criticidad Refrigerador aceite hidráulico

MATRIZ DE CRITICIDAD REFRIGERADOR ACEITE HIDRÁULICO

FRECUENCIA	4				
	3				
	2				
	1	Borneras	Ventilador	Display Indicador	
	1a12	13a23	24a36	37a48	49a60

CONSECUENCIA

Fuente: [Autor]

Tabla 3-27. Matriz de criticidad Refrigerador hidrostático x/z

MATRIZ DE CRITICIDAD REFRIGERADOR HIDROSTÁTICO X/Z

FRECUENCIA	4				
	3				
	2				
	1	Borneras	Ventilador	Display Indicador	
	1a12	13a23	24a36	37a48	49a60

CONSECUENCIA

Fuente: [Autor]

Tabla 3-28. Matriz de criticidad Actuadores y motores

MATRIZ DE CRITICIDAD ACTUADORES Y MOTORES

FRECUENCIA	4					
	3					
	2					
	1			Motores eléctricos (8M1 - 11MA1 - 11MA2 - 12MA1 - 12MA2 - 12MA3 - 12MA4 - 15MA1 - 15MA2 - 15MA3 - 15MA4 - 20MA1 - 20MA3 - 23MA1 - 25MA1)		
		1a12	13a23	24a36	37a48	49a60
CONSECUENCIA						

Fuente: [Autor]

Tabla 3-29. Matriz de criticidad Estructura principal

MATRIZ DE CRITICIDAD ESTRUCTURA PRINCIPAL

FRECUENCIA	4						
	3						
	2						
	1	Transportador de virutas / Extractor de virutas	Motores eléctricos (8M1 - 11MA1 - 11MA2 - 12MA1 - 12MA2 - 12MA3 - 12MA4 - 15MA1 - 15MA2 - 15MA3 - 15MA4 - 20MA1 - 20MA3 - 23MA1 - 25MA1)			Carro eje X / Almacén de herramientas / Portaherramientas y cabezales	Bancada / Plato / Columnas – Pórtico / Elementos móviles / Barrón
		1a12	13a23	24a36			37a48
CONSECUENCIA							

Fuente: [Autor]

Tabla 3-30. Matriz de criticidad Sistema neumático

MATRIZ DE CRITICIDAD SISTEMA NEUMÁTICO

FRECUENCIA	4					
	3					
	2				Filtros	
	1	Aire		Válvulas		
		1a12	13a23	24a36	37a48	49a60
CONSECUENCIA						

Fuente: [Autor]

Tabla 3-31. Matriz de criticidad Sistema hidráulico

MATRIZ DE CRITICIDAD SISTEMA HIDRÁULICO

FRECUENCIA	4					
	3					
	2				Filtro de aceite	Fluido Hidráulico
	1		Tuberías / Bombas de Refrigeración (20MA2 - 21MA1 - 21MA2 - 21MA3 - 21MA4 - 21MA6 - 22MA1 - 22MA3 - 22MA4 - 22MA5 - 24MA1 - 24MA2 - 24MA3 - 24MA4) / Acumulador / Deposito de engrase / Mangueras		Deposito hidráulico / Central hidráulica / Reductor de presión / Filtros de grasa	
	1a12		13a23		24a36	37a48 49a60

CONSECUENCIA

Fuente: [Autor]

Tabla 3-32. Matriz de criticidad protecciones y cubiertas

MATRIZ DE CRITICIDAD PROTECCIONES Y CUBIERTAS

FRECUENCIA	4				
	3				
	2				
	1		Ventanas	Guías eje X, Z	Cubierta de Barrón / Carcasa Externa
	1a12	13a23	24a36	37a48	49a60

CONSECUENCIA

Fuente: [Autor]

Tabla 3-33. Matriz de criticidad barrón

MATRIZ DE CRITICIDAD BARRÓN

FRECUENCIA	4				
	3				
	2				
	1			Pistón Liberador de Herramienta / Cambiador Automático de Herramientas/ Torreta	
	1a12	13a23	24a36	37a48	49a60

CONSECUENCIA

Fuente: [Autor]



F) GAMAS DE MANTENIMIENTO

Tabla 3-34. Especificación de códigos de mantenimiento CELEC

ESPECIFICACIÓN DE CÓDIGOS DE FRECUENCIA Y ÁREA	
Código	Especificación
3M	Cada tres meses
6M	Cada seis meses
1A	Cada año
M	Mecánico
E	Eléctrico
O	Operador
A	Mantenimiento Autónomo

Fuente: [Autor]

Tabla 3-35. Gama de Mantenimiento Mecánico



		CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES GAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000						
EQUIPO (ESTRUCTURA DE OBJETO)	TIPO DE OBJETO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ÁREA	DURACIÓN (HORAS)	# PERSONAS	MATERIALES Y EQUIPOS	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Bancada	Limpieza e inspección	3M	M	2	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Bancada	Reajuste de partes empernadas	1A	M	8	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Plato	Limpieza e inspección	3M	M	2	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Plato	Reajuste de partes empernadas	1A	M	2	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Plato	Verificar que la desviación del nivel no sobrepase 0,06/1000 mm (ISO3655 [G0])	1A	M	4	3	Regla y nivel de precisión	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Plato	Verificar que la superficie plana del plato no sobrepase los 0,06mm (ISO3655 [G1] Clausula - a)	1A	M	4	3	Regla y bloque de calibración o nivel de precisión	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Plato	Medición tipo leva del plato al rotar. Verificar que no pase de 0,05mm (ISO ISO3655 [G2])	1A	M	4	3	Medidor tipo reloj	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Plato	Verificar que el acabado del agujero central no sobrepase los 0,05 mm (ISO ISO3655 [G3])	1A	M	4	3	Medidor tipo reloj	

ESTRUCTURA PRINCIPAL	Columnas -Pórtico	Reajuste de partes empernadas	3M	M	4	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Columnas -Pórtico	Inspección de posibles fracturas	3M	M	3	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Columnas -Pórtico	Revisión de las guías del travesaño	3M	M	2	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Elementos móviles	Reajuste de partes empernadas	3M	M	6	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Elementos móviles	Inspección de posibles fracturas y medir vibraciones	1A	M	6	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Motores eléctricos (8M1 - 11MA1 - 11MA2 - 12MA1 - 12MA2 - 12MA3 - 12MA4 - 15MA1- 15MA2 - 15MA3 - 15MA4 - 20MA1 - 20MA3 - 23MA1 - 25MA1)	Limpieza y medición de vibraciones	3M	M	8	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Motores eléctricos (8M1 - 11MA1 - 11MA2 - 12MA1 - 12MA2 - 12MA3 - 12MA4 - 15MA1- 15MA2 - 15MA3 - 15MA4 - 20MA1 - 20MA3 - 23MA1 - 25MA1)	Limpieza y comprobación que el eje del motor se encuentre alineado	3M	M	8	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Carro eje X	Limpieza y lubricación de rodamientos (KRÜBER ISOFLEX NBU15)	3M	M	6	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Carro eje X	Medir vibraciones y reajuste	1A	M	3	2	Vibrómetro, wype, alcohol isopropílico, liencillo
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Barrón	Limpieza y Lubricación (ISO VG32 Mixto)	3M	M	4	2	Vibrómetro, wype, alcohol isopropílico, liencillo
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Barrón	Medición de vibraciones y reajuste	1A	M	4	2	Vibrómetro, wype, alcohol isopropílico, liencillo
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Almacén de herramientas	Limpieza, inspección y lubricación	3M	M	1	1	Vibrómetro, wype, alcohol isopropílico, liencillo
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Almacén de herramientas	Reajuste de partes empernadas	1A	M	1	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Portaherramientas y cabezales	Limpieza e inspección	3M	M	1	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Extractor de virutas	Limpieza de filtros e inspección visual de la cadena	3M	M	3	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Extractor de virutas	Medición de vibraciones en el motor	1A	M	2	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA NEUMÁTICO	Válvulas	Verificar el estado de las válvulas de salida de aire	3M	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA NEUMÁTICO	Válvulas	Calibrar y reparar las válvulas de salida de aire.	1A	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA NEUMÁTICO	Filtros	Limpieza de los filtros del sistema	3M	M	3	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA NEUMÁTICO	Filtros	Cambiar los filtros de la entrada de la red general.	1A	M	3	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Tuberías	Revisión de acoples de las tuberías	3M	M	2	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Tuberías	Reajuste de acoples y cambio de tuberías en mal estado	1A	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Deposito hidráulico	Reajuste de partes empernadas	3M	M	1	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Deposito hidráulico	Limpieza del deposito	1A	M	1	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Bombas de Refrigeración (20MA2 - 21MA1 - 21MA2 - 21MA3 - 21MA4 - 21MA6 - 22MA1 - 22MA3 - 22MA4 - 22MA5 - 24MA1 - 24MA2 - 24MA3 - 24MA4)	Limpieza e inspección visual y auditiva del correcto funcionamiento	3M	M	4	2	Wype y Liencillo
SISTEMA HIDRÁULICO	Bombas de Refrigeración (20MA2 - 21MA1 - 21MA2 - 21MA3 - 21MA4 - 21MA6 - 22MA1 - 22MA3 - 22MA4 - 22MA5 - 24MA1 - 24MA2 - 24MA3 - 24MA4)	Medir vibraciones	3M	M	4	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Bombas de Refrigeración (20MA2 - 21MA1 - 21MA2 - 21MA3 - 21MA4 - 21MA6 - 22MA1 - 22MA3 - 22MA4 - 22MA5 - 24MA1 - 24MA2 - 24MA3 - 24MA4)	Comprobación que el eje del motor se encuentre alineado	1A	M	4	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Central hidráulica	Reponer el aceite de la central hasta donde el nivel lo indica.	3M	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Central hidráulica	Cambiar los cartuchos de los filtros del grupo hidráulico	1A	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico

SISTEMA HIDRÁULICO	Reductor de presión	Reajuste de las partes empernadas	3M	M	1	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Reductor de presión	Verificación de la nivelación de los reductores de presión	1A	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Fluido Hidráulico	Reposición hasta el nivel marcado. (ISO VG32 Mixto)	3M	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Fluido Hidráulico	Cambio de aceite (ISO VG32 Mixto)	1A	M	4	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Fluido Hidráulico	Comprobar la presión de las 16 cavidades.	1A	M	1	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Filtro de aceite	Limpieza de filtros	3M	M	4	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Filtro de aceite	Mantenimiento de los filtros de gel de sílice (filtro de sacado por aire)	1A	M	3	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Acumulador	Comprobar presión del gas	3M	M	1	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Acumulador	Comprobar el anclaje del acumulador	1A	M	3	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Depósito de engrase	Reposición hasta el nivel marcado	3M	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Depósito de engrase	Limpieza del depósito de grasa	1A	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Mangueras	Comprobar la flexibilidad de las mangueras y posibles fugas	3M	M	1	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Mangueras	Reajuste de los acoples de las mangueras	1A	M	1	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Filtros de grasa	Limpieza de filtros	3M	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Filtros de grasa	Cambiar el cartucho del filtro del grupo de lubricación de las unidades	1A	M	3	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
PROTECCIONES Y CUBIERTAS	Guías eje X, Z	Limpieza y chequeo de protecciones y reajuste de pernos	1A	M	3	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
PROTECCIONES Y CUBIERTAS	Cubierta de Barrón	Limpieza interior y exterior	1A	M	6	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
PROTECCIONES Y CUBIERTAS	Ventanas	Limpieza exterior y reajuste de pernos	3M	M	4	4	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
PROTECCIONES Y CUBIERTAS	Carcasa Externa	Inspección visual y auditiva	3M	M	1	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
BARRÓN	Pistón Liberador de Herramienta	Lubricación	3M	M	2	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
BARRÓN	Cambiador Automático de Herramientas	Reajuste de partes empernadas	1A	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
BARRÓN	Torrete	Verificar que la variación del paralelismo de los ejes del alojamiento de las herramientas con respecto al eje Z no sobrepase 0,03mm perpendicularmente y 0,02mm paralelamente (ISO 3655 [G7])	1A	M	6	3	Escuadra y medidor tipo reloj

Fuente: [Autor]

Tabla 3-36. Gama de mantenimiento mecánico trimestral

 CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES								
		GAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO TRIMESTRAL						
		TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000						
EQUIPO (ESTRUCTURA DE OBJETO)	TIPO DE OBJETO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ÁREA	DURACIÓN (HORAS)	# PERSONAS	MATERIALES Y EQUIPOS	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Bancada	Limpieza e inspección	3M	M	2	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Plato	Limpieza e inspección	3M	M	2	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Columnas -Pórtico	Reajuste de partes empernadas	3M	M	4	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Columnas -Pórtico	Inspección de posibles fracturas	3M	M	3	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Columnas -Pórtico	Revisión de las guías del travesaño	3M	M	2	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Elementos móviles	Reajuste de partes empernadas	3M	M	6	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Motores eléctricos (8M1 - 11MA1 - 11MA2 - 12MA1 - 12MA2 - 12MA3 - 12MA4 - 15MA1 - 15MA2 - 15MA3 - 15MA4 - 20MA1 - 20MA3 - 23MA1 - 25MA1)	Limpieza y medición de vibraciones	3M	M	8	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Motores eléctricos (8M1 - 11MA1 - 11MA2 - 12MA1 - 12MA2 - 12MA3 - 12MA4 - 15MA1 - 15MA2 - 15MA3 - 15MA4 - 20MA1 - 20MA3 - 23MA1 - 25MA1)	Limpieza y comprobación que el eje del motor se encuentre alineado	3M	M	8	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Carro eje X	Limpieza y lubricación	3M	M	6	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Barrón	Limpieza y Lubricación	3M	M	4	2	Vibrómetro, wype, alcohol isopropílico, liencillo	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Almacén de herramientas	Limpieza, inspección y lubricación	3M	M	1	1	Vibrómetro, wype, alcohol isopropílico, liencillo	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Portaherramientas y cabezales	Limpieza e inspección	3M	M	1	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Extractor de virutas	Limpieza de filtros e inspección visual de la cadena	3M	M	3	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA NEUMÁTICO	Válvulas	Verificar el estado de las válvulas de salida de aire	3M	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA NEUMÁTICO	Filtros	Limpieza de los filtros del sistema	3M	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA HIDRÁULICO	Tuberías	Revisión de acoples de las tuberías	3M	M	3	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA HIDRÁULICO	Deposito hidráulico	Reajuste de partes empernadas	3M	M	2	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA HIDRÁULICO	Bombas de Refrigeración (20MA2 - 21MA1 - 21MA2 - 21MA3 - 21MA4 - 21MA6 - 22MA1 - 22MA3 - 22MA4 - 22MA5 - 24MA1 - 24MA2 - 24MA3 - 24MA4)	Limpieza e inspección visual y auditiva del correcto funcionamiento	3M	M	1	1	Wype y Liencillo	
SISTEMA HIDRÁULICO	Bombas de Refrigeración (20MA2 - 21MA1 - 21MA2 - 21MA3 - 21MA4 - 21MA6 - 22MA1 - 22MA3 - 22MA4 - 22MA5 - 24MA1 - 24MA2 - 24MA3 - 24MA4)	Medir vibraciones	3M	M	4	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA HIDRÁULICO	Central hidráulica	Reponer el aceite de la central hasta donde el nivel lo indica.	3M	M	4	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA HIDRÁULICO	Reductor de presión	Reajuste de las partes empernadas	3M	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA HIDRÁULICO	Fluido Hidráulico	Reposición hasta el nivel marcado.	3M	M	1	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	

SISTEMA HIDRÁULICO	Filtro de aceite	Limpieza de filtros	3M	M	4	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Acumulador	Comprobar presión del gas	3M	M	4	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Depósito de engrase	Reposición hasta el nivel marcado	3M	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Mangueras	Comprobar la flexibilidad de las mangueras y posibles fugas	3M	M	1	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Filtros de grasa	Limpieza de filtros	3M	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
PROTECCIONES Y CUBIERTAS	Ventanas	Limpieza exterior y reajuste de pernos	3M	M	4	4	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
PROTECCIONES Y CUBIERTAS	Carcasa Externa	Inspección visual y auditiva	3M	M	1	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
BARRÓN	Pistón Liberador de Herramienta	Lubricación	3M	M	2	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico

Fuente: [Autor]


Tabla 3-37. Gama de mantenimiento mecánico anual

		CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES						
		GAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO ANUAL						
		TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000						
EQUIPO (ESTRUCTURA DE OBJETO)	TIPO DE OBJETO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ÁREA	DURACIÓN (HORAS)	# PERSONAS	MATERIALES Y EQUIPOS	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Bancada	Reajuste de partes empernadas	1A	M	8	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Plato	Reajuste de partes empernadas	1A	M	2	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Plato	Verificar que la desviación del nivel no sobrepase 0,06/1000 mm (ISO3655 [G0])	1A	M	4	3	Regla y nivel de precisión	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Plato	Verificar que la superficie plana del plato no sobrepase los 0,06mm (ISO3655 [G1] Clausula - a)	1A	M	4	3	Regla y bloque de calibración o nivel de precisión	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Plato	Medición tipo leva del plato al rotar. Verificar que no pase de 0,05mm (ISO ISO3655 [G2])	1A	M	4	3	Medidor tipo reloj	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Plato	Verificar que el acabado del agujero central no sobrepase los 0,05 mm (ISO ISO3655 [G3])	1A	M	4	3	Medidor tipo reloj	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Elementos móviles	Inspección de posibles fracturas y medir vibraciones	1A	M	6	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Carro eje X	Medir vibraciones y reajuste	1A	M	3	2	Vibrómetro, wype, alcohol isopropílico, liencillo	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Barrón	Medición de vibraciones y reajuste	1A	M	4	2	Vibrómetro, wype, alcohol isopropílico, liencillo	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Almacén de herramientas	Reajuste de partes empernadas	1A	M	1	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Extractor de virutas	Medición de vibraciones en el motor	1A	M	2	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA NEUMÁTICO	Válvulas	Calibrar y reparar las válvulas de salida de aire.	1A	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA NEUMÁTICO	Filtros	Cambiar los filtros de la entrada de la red general.	1A	M	3	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA HIDRÁULICO	Tuberías	Reajuste de acoples y cambio de tuberías en mal estado	1A	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA HIDRÁULICO	Deposito hidráulico	Limpieza del deposito	1A	M	1	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA HIDRÁULICO	Bombas de Refrigeración (20MA2 - 21MA1 - 21MA2 - 21MA3 - 21MA4 - 21MA6 - 22MA1 - 22MA3 - 22MA4 - 22MA5 - 24MA1 - 24MA2 - 24MA3 - 24MA4)	Comprobación que el eje del motor se encuentre alineado	1A	M	4	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA HIDRÁULICO	Central hidráulica	Cambiar los cartuchos de los filtros del grupo hidráulico	1A	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA HIDRÁULICO	Reductor de presión	Verificación de la nivelación de los reductores de presión	1A	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA HIDRÁULICO	Fluido Hidráulico	Cambio de aceite	1A	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA HIDRÁULICO	Filtro de aceite	Mantenimiento de los filtros de gel de sílice (filtro de sacado por aire)	1A	M	4	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA HIDRÁULICO	Acumulador	Comprobar el anclaje del acumulador	1A	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	

SISTEMA HIDRÁULICO	Deposito de engrase	Limpieza del depósito de grasa	1A	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Mangueras	Reajuste de los acoples de las mangueras	1A	M	4	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Filtros de grasa	Cambiar el cartucho del filtro del grupo de lubricación de las unidades	1A	M	3	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
PROTECCIONES Y CUBIERTAS	Guías eje X, Z	Limpieza y chequeo de protecciones y reajuste de pernos	1A	M	3	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
PROTECCIONES Y CUBIERTAS	Cubierta de Barrón	Limpieza interior y exterior	1A	M	6	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
BARRÓN	Cambiador Automático de Herramientas	Reajuste de partes empernadas	1A	M	2	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
BARRÓN	Torreta	Verificar que la variación del paralelismo de los ejes del alojamiento de las herramientas con respecto al eje Z no sobrepase 0,03mm perpendicularmente y 0,02mm paralelamente (ISO 3655 [G7])	1A	M	6	3	Escuadra y medidor tipo reloj

Fuente: [Autor]

Tabla 3-38. Gama de mantenimiento eléctrico

		CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES						
		GAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO						
		TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000						
EQUIPO (ESTRUCTURA DE OBJETO)	TIPO DE OBJETO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ÁREA	DURACIÓN (HORAS)	# PERSONAS	MATERIALES Y EQUIPOS	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Fusibles (3FC2 - 3FC3 - 3FC4 - 3FC5)	Limpieza interna y externa	3M	E	4	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Fusibles (3FC2 - 3FC3 - 3FC4 - 3FC5)	Desmontaje y comprobación de funcionamiento	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Fuente de Alimentación (4U1 - 4U2 - 4U3)	Desmontaje, limpieza e inspección	1A	E	4	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Fuente de Alimentación (4U1 - 4U2 - 4U3)	Medición de alimentación	3M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Fuente de Alimentación (4U1 - 4U2 - 4U3)	Chequeo y ajuste de conexiones	3M	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Transformadores 480V (3TA1 - 3TA2 - 3TA3 - 4TA1 - 4TA2 - 4TA3)	Medición de alimentación	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Transformadores 480V (3TA1 - 3TA2 - 3TA3 - 4TA1 - 4TA2 - 4TA3)	Limpieza y comprobación del correcto funcionamiento	3M	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Interruptores (3FB1 - 3FC1 - 8FC1 - 8FC2 - 8FC3 - 8FC4 - 8FC5 - 8FK1 - 5KFC1 - 5FC0 - 5FC1 - 5FC2 - 5FC3 - 5FC4 - 5FC5 - 5FC6 - 6FC0 - 6FC1 - 6FC2 - 6FC3 - 6FC4 - 6FC5 - 6FC6 - 7FC0 - 7FC1 - 7FC2 - 7FC3 - 7FC4 - 7FC5 - 7FC6 - 7FC10 - 4CB3 - 3FC6 - 3FC7)	Limpieza y ajuste de conexiones	3M	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Fuentes SINAMIK (10U1 - 10U2 - MICROMASTER - 11U1 - 11U2 - 12U1 - 12U2 - 12U3 - 12U4)	Limpieza, Inspección Visual y medición de alimentación	6M	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Fuentes SINAMIK (10U1 - 10U2 - MICROMASTER - 11U1 - 11U2 - 12U1 - 12U2 - 12U3 - 12U4)	Desmontaje, limpieza interna y comprobación de funcionamiento	1A	E	16	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Relés Auxiliares (17KF1 - 62KF1 - 62KF2 - 62KF3 - 62KF4 - 62KF5 - 62KF6 - 62KF7 - 62KF8 - 64KF1 - 64KF2 - 64KF3 - 64KF5 - 65KF1 - 65KF2 - 65KF3)	Desmontaje, limpieza interna y comprobación de funcionamiento	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Relés Auxiliares (17KF1 - 62KF1 - 62KF2 - 62KF3 - 62KF4 - 62KF5 - 62KF6 - 62KF7 - 62KF8 - 64KF1 - 64KF2 - 64KF3 - 64KF5 - 65KF1 - 65KF2 - 65KF3)	Limpieza y comprobación del correcto funcionamiento	6M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Relés de Protección (4QA1 - 4QA2 - 4QA3 - 15QB1 - 15QB2 - 15QB3 - 15QB4 - 63QA3 - 63QA4 - 63QA5 - 21QB1 - 21QB2 - 21QB3 - 21QB4 - 21QB5 - 21QB6 - 22QB1 - 22QB2 - 22QB3 - 22QB4 - 22QB5 - 23QB1 - 24QB1 - 24QB2 - 24QB3 - 24QB4 - 60QA1 - 60QA2 - 60QA3 - 60QA4 - 60QA5 - 60QA6 - 60QA7 - 61QA1 - 61QA2 - 61QA3 - 61QA4 - 61QA5 - 61QA6 - 63QA1 - 63QA2 - 63QA3 - 63QA4 - 63QA5 - 63QA6 - 63QA7 -	Desmontaje, limpieza interna y comprobación de funcionamiento	1A	E	16	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	



	63QA8 - 64QA4)						
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Relés de Protección (4QA1 - 4QA2 - 4QA3 - 15QB1 - 15QB2 - 15QB3 - 15QB4 - 63QA3 - 63QA4 - 63QA5 - 21QB1 - 21QB2 - 21QB3 - 21QB4 - 21QB5 - 21QB6 - 22QB1 - 22QB2 - 22QB3 - 22QB4 - 22QB5 - 23QB1 - 24QB1 - 24QB2 - 24QB3 - 24QB4 - 60QA1 - 60QA2 - 60QA3 - 60QA4 - 60QA5 - 60QA6 - 60QA7 - 61QA1 - 61QA2 - 61QA3 - 61QA4 - 61QA5 - 61QA6 - 63QA1 - 63QA2 - 63QA3 - 63QA4 - 63QA5 - 63QA6 - 63QA7 - 63QA8 - 64QA4)	Limpieza y comprobación del correcto funcionamiento	6M	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Módulo de Comunicación Serial (38XF1)	Comprobación del correcto funcionamiento y ajuste de conexiones y limpieza externa	3M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Módulo de Comunicación Serial (38XF1)	Desmontaje, limpieza interna y comprobación de funcionamiento	3M	E	4	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Módulo de Comunicación Profibus (30KF0 - 30KF1 - 30KF2 - 40KF0 - 40KF1 - 40KF2 - 40KF3 - 40KF4 - 40KF5 - 40KF6 - 40KF7 - 40KF8 - 40KF9 - 40KF10 - 50KF50 - 50KF51 - 50KF52 - 50KF53 - 50KF54 - 50KF55 - 50KF56 - 50KF57 - 50KF58)	Chequeo y ajuste de conexiones	3M	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Módulo de Comunicación Profibus (30KF0 - 30KF1 - 30KF2 - 40KF0 - 40KF1 - 40KF2 - 40KF3 - 40KF4 - 40KF5 - 40KF6 - 40KF7 - 40KF8 - 40KF9 - 40KF10 - 50KF50 - 50KF51 - 50KF52 - 50KF53 - 50KF54 - 50KF55 - 50KF56 - 50KF57 - 50KF58)	Desmontaje, limpieza interna y comprobación de funcionamiento	1A	E	16	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Puerto Ethernet	Chequeo y ajuste de conexiones	3M	E	2	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Puerto Ethernet	Desmontaje, limpieza interna y comprobación de funcionamiento	1A	E	2	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Tarjeta de Control Numérico SINUMERIC (38U1)	Comprobación de funcionamiento	3M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Tarjeta de Control Numérico SINUMERIC (38U1)	Comprobación de la temperatura	3M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Pulsador (50SF2)	Chequeo y ajuste de conexiones	3M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Pulsador (50SF2)	Desmontaje, limpieza interna y comprobación de funcionamiento	1A	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Filtro	Limpieza interna y externa	3M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Filtro	Ajuste de partes empennadas de sujeción	1A	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Ventilador	Comprobación de funcionamiento	6M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Ventilador	Limpieza e inspección	1A	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico
REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Display	Comprobación de funcionamiento y ajuste de conexiones	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico
REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Compresor	Medición de vibraciones	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico
REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Compresor	Medición de alimentación, limpieza y comprobación del correcto funcionamiento	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico
INSTRUMENTACIÓN	Flujóstatos (90BF6 - 90BF5 - 90BF7 - 92BF1 - 90BF8 - 91BF2 - 92BF2 - 91BF3 - 90BF2 - 57BF5)	Chequeo de terminales	6M	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico
INSTRUMENTACIÓN	Flujóstatos (90BF6 - 90BF5 - 90BF7 - 92BF1 - 90BF8 - 91BF2 - 92BF2 - 91BF3 - 90BF2 - 57BF5)	Desmontaje, limpieza interna, comprobación de funcionamiento	1A	E	16	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico
INSTRUMENTACIÓN	Presóstatos (90BP3 - 71BP1 - 71BP2 - 71BP3 - 71BP5 -	Chequeo de terminales	6M	E	4	2	Caja de herramientas básica

	71BP8 - 110BP1							
INSTRUMENTACIÓN	Presóstatos (90BP3 - 71BP1 - 71BP2 - 71BP3 - 71BP5 - 71BP8 - 110BP1)	Desmontaje, limpieza interna, comprobación de funcionamiento	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica	
INSTRUMENTACIÓN	Caudalímetros (91HQ5 - 91HQ4 - 90HQ1 - 71HQ2 - 81QM5 - 57HQ1 - 57HQ2 - 57HQ3 - 65QM1 - 65QM2 - 65QM3)	Chequeo de terminales	6M	E	4	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
INSTRUMENTACIÓN	Caudalímetros (91HQ5 - 91HQ4 - 90HQ1 - 71HQ2 - 81QM5 - 57HQ1 - 57HQ2 - 57HQ3 - 65QM1 - 65QM2 - 65QM3)	Desmontaje, limpieza interna, comprobación de funcionamiento	1A	E	16	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
INSTRUMENTACIÓN	Sensores de Nivel (91BL6 - 91BL7 - 70BL1 - 70BL6 - S7BL4 - 55BL8 - 55BL5 - 55BL6)	Chequeo de terminales	6M	E	4	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
INSTRUMENTACIÓN	Sensores de Nivel (91BL6 - 91BL7 - 70BL1 - 70BL6 - S7BL4 - 55BL8 - 55BL5 - 55BL6)	Desmontaje, limpieza interna, comprobación de funcionamiento	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
INSTRUMENTACIÓN	Electroválvulas Hidráulicas	Chequeo de terminales	6M	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
INSTRUMENTACIÓN	Electroválvulas Hidráulicas	Desmontaje, limpieza interna, comprobación de funcionamiento	1A	E	16	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
INSTRUMENTACIÓN	Sensores de Presencia (153BG1 - 153BG2 - 153BG3)	Comprobación de limpieza mediante inspección visual y de funcionamiento	1A	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
INSTRUMENTACIÓN	Sensores de Presencia (153BG1 - 153BG2 - 153BG3)	Chequeo, limpieza y ajuste de terminales	3M	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
INSTRUMENTACIÓN	Sensores de Posición (152BG7 - 152BG8 - 153BG5 - 153BG6)	Chequeo, limpieza y ajuste de terminales	6M	E	4	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
INSTRUMENTACIÓN	Sensores de Posición (152BG7 - 152BG8 - 153BG5 - 153BG6)	Desmontaje, limpieza interna, comprobación de funcionamiento	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
INSTRUMENTACIÓN	Herramienta Renishaw	Chequeo, limpieza y ajuste de terminales	6M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
INSTRUMENTACIÓN	Herramienta Renishaw	Medición de alimentación y comprobación de correcto funcionamiento	1A	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLEROS LOCALES (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5)	Módulo Comunicación Profibus (42KF0 - 42KF1 - 42KF2 - 42KF3 - 42KF4 - 42KF5 - 42KF6 - 42KF7 - 42KF8 - 42KF50 - 42KF51 - 41KF0 - 41KF1 - 41KF2 - 41KF3 - 41KF4 - 41KF5 - 41KF50 - 41KF51 - 41KF52 - 41KF53 - 41KF54 - 45KF0 - 45KF1 - 45KF2 - 45KF3 - 45KF4 - 45KF5 - 45KF6 - 45KF7 - 45KF8 - 45KF9 - 44KF0 - 44KF1 - 44KF2 - 44KF3 - 44KF4 - 44KF5 - 44KF6 - 44KF7 - 44KF8 - 44KF50 - 44KF51 - 44KF52 - 44KF53 - 145KF1 - 43KF0 - 43KF1 - 43KF2 - 43KF3 - 43KF50 - 43KF51 - 43KF52 - 43KF53 - 42KF54)	Inspección visual de funcionamiento y ajuste borneras	6M	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLEROS LOCALES (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5)	Módulo Comunicación Serial (310XF0 - 310XF4)	Inspección visual de funcionamiento y ajuste partes emperradas de sujeción y borneras	6M	E	12	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLEROS LOCALES (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5)	Relés (140KF1 - 140KF2 - 121KF5 - 121KF6 - 121KF7 - 121KF8)	Limpieza y comprobación del correcto funcionamiento	3M	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLEROS LOCALES (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5)	Transformador (8TA1)	Medición de alimentación	1A	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLEROS LOCALES (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5)	Transformador (8TA1)	Limpieza y comprobación del correcto funcionamiento y ajuste borneras	3M	E	2	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLEROS LOCALES (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5)	Borneras	Revisar correcta conexión, limpiar y ajustar	3M	E	6	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
REFRIGERADOR ACEITE HIDRÁULICO	Ventilador	Limpieza, Inspección y ajuste de terminales	6M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
REFRIGERADOR ACEITE HIDRÁULICO	Borneras	Revisar correcta conexión, limpiar y ajustar	3M	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
REFRIGERADOR HIDROSTÁTICO X/Z	Ventilador	Revisar correcta conexión y ajustar	6M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	

REFRIGERADOR HIDROSTÁTICO X/Z	Ventilador	Desmontaje, limpieza interna e inspección	1A	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
REFRIGERADOR HIDROSTÁTICO X/Z	Borneras	Revisar correcta conexión y ajustar	3M	E	2	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
ACTUADORES Y MOTORES	Motores eléctricos (8M1 - 11MA1 - 11MA2 - 12MA1 - 12MA2 - 12MA3 - 12MA4 - 15MA1- 15MA2 - 15MA3 - 15MA4 - 20MA1 - 20MA3 - 23MA1 - 25MA1)	Limpieza y medición de vibraciones	3M	E	4	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
ACTUADORES Y MOTORES	Motores eléctricos (8M1 - 11MA1 - 11MA2 - 12MA1 - 12MA2 - 12MA3 - 12MA4 - 15MA1- 15MA2 - 15MA3 - 15MA4 - 20MA1 - 20MA3 - 23MA1 - 25MA1)	Medición de aislamiento y resistencia del bobinado del motor	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
ACTUADORES Y MOTORES	Motores eléctricos (8M1 - 11MA1 - 11MA2 - 12MA1 - 12MA2 - 12MA3 - 12MA4 - 15MA1- 15MA2 - 15MA3 - 15MA4 - 20MA1 - 20MA3 - 23MA1 - 25MA1)	Limpieza y comprobación que el eje del motor se encuentre alineado	3M	E	4	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Motores eléctricos (8M1 - 11MA1 - 11MA2 - 12MA1 - 12MA2 - 12MA3 - 12MA4 - 15MA1- 15MA2 - 15MA3 - 15MA4 - 20MA1 - 20MA3 - 23MA1 - 25MA1)	Medición de aislamiento y resistencia del bobinado del motor	1A	E	8	2	Caja de herramientas, wye, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Bombas de Refrigeración (20MA2 - 21MA1 - 21MA2 - 21MA3 - 21MA4 - 21MA6 - 22MA1 - 22MA3 - 22MA4 - 22MA5 - 24MA1 - 24MA2 - 24MA3 - 24MA4)	Ajuste de conexiones	3M	E	4	2	Caja de herramientas, wye, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Bombas de Refrigeración (20MA2 - 21MA1 - 21MA2 - 21MA3 - 21MA4 - 21MA6 - 22MA1 - 22MA3 - 22MA4 - 22MA5 - 24MA1 - 24MA2 - 24MA3 - 24MA4)	Medición de aislamiento y resistencia del bobinado del motor	1A	E	8	2	Vibrometro, wye, alcohol isopropílico, liencillo

Fuente: [Autor]



Tabla 3-39. Gama de mantenimiento eléctrico trimestral

		CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES						
		GAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO TRIMESTRAL						
		TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000						
EQUIPO (ESTRUCTURA DE OBJETO)	TIPO DE OBJETO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ÁREA	DURACIÓN (HORAS)	# PERSONAS	MATERIALES Y EQUIPOS	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Fusibles (3FC2 - 3FC3 - 3FC4 - 3FC5)	Limpieza interna y externa	3M	E	4	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Fuente de Alimentación (4U1 - 4U2 - 4U3)	Medición de alimentación	3M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Fuente de Alimentación (4U1 - 4U2 - 4U3)	Chequeo y ajuste de conexiones	3M	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Transformadores 480V (3TA1 - 3TA2 - 3TA3 - 4TA1 - 4TA2 - 4TA3)	Limpieza y comprobación del correcto funcionamiento	3M	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Interruptores (3FB1 - 3FC1 - 8FC1 - 8FC2 - 8FC3 - 8FC4 - 8FC5 - 8FK1 - 5KFC1 - 5FC0 - 5FC1 - 5FC2 - 5FC3 - 5FC4 - 5FC5 - 5FC6 - 6FC0 - 6FC1 - 6FC2 - 6FC3 - 6FC4 - 6FC5 - 6FC6 - 7FC0 - 7FC1 - 7FC2 - 7FC3 - 7FC4 - 7FC5 - 7FC6 - 7FC10 - 4CB3 - 3FC6 - 3FC7)	Limpieza y ajuste de conexiones	3M	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Módulo de Comunicación Serial (38XF1)	Comprobación del correcto funcionamiento y ajuste de conexiones y limpieza externa	3M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Módulo de Comunicación Serial (38XF1)	Desmontaje, limpieza interna y comprobación de funcionamiento	3M	E	4	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Módulo de Comunicación Profibus (30KF0 - 30KF1 - 30KF2 - 40KF0 - 40KF1 - 40KF2 - 40KF3 - 40KF4 - 40KF5 - 40KF6 - 40KF7 - 40KF8 - 40KF9 - 40KF10 - 50KF50 - 50KF51 - 50KF52 - 50KF53 - 50KF54 - 50KF55 - 50KF56 - 50KF57 - 50KF58)	Chequeo y ajuste de conexiones	3M	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Puerto Ethernet	Chequeo y ajuste de conexiones	3M	E	2	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Tarjeta de Control Numérico SINUMERIC (38U1)	Comprobación de funcionamiento	3M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Tarjeta de Control Numérico SINUMERIC (38U1)	Comprobación de la temperatura	3M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Pulsador (50SF2)	Chequeo y ajuste de conexiones	3M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Filtro	Limpieza interna y externa	3M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
INSTRUMENTACIÓN	Sensores de Presencia (153BG1 - 153BG2 - 153BG3)	Chequeo, limpieza y ajuste de terminales	3M	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLEROS LOCALES (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5)	Relés (140KF1 - 140KF2 - 121KF5 - 121KF6 - 121KF7 - 121KF8)	Limpieza y comprobación del correcto funcionamiento	3M	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLEROS LOCALES (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5)	Transformador (8TA1)	Limpieza y comprobación del correcto funcionamiento	3M	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	

UC5)		funcionamiento y ajuste borneras						multímetro
TABLEROS LOCALES (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5)	Borneras	Revisar correcta conexión, limpiar y ajustar	3M	E	2	1		Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
REFRIGERADOR ACEITE HIDRÁULICO	Borneras	Revisar correcta conexión, limpiar y ajustar	3M	E	6	2		Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
REFRIGERADOR HIDROSTÁTICO X/Z	Borneras	Revisar correcta conexión y ajustar	3M	E	8	1		Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
ACTUADORES Y MOTORES	Motores eléctricos (8M1 - 11MA1 - 11MA2 - 12MA1 - 12MA2 - 12MA3 - 12MA4 - 15MA1 - 15MA2 - 15MA3 - 15MA4 - 20MA1 - 20MA3 - 23MA1 - 25MA1)	Limpieza y medición de vibraciones	3M	E	2	2		Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
ACTUADORES Y MOTORES	Motores eléctricos (8M1 - 11MA1 - 11MA2 - 12MA1 - 12MA2 - 12MA3 - 12MA4 - 15MA1 - 15MA2 - 15MA3 - 15MA4 - 20MA1 - 20MA3 - 23MA1 - 25MA1)	Limpieza y comprobación que el eje del motor se encuentre alineado	3M	E	4	1		Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
SISTEMA HIDRÁULICO	Bombas de Refrigeración (20MA2 - 21MA1 - 21MA2 - 21MA3 - 21MA4 - 21MA6 - 22MA1 - 22MA3 - 22MA4 - 22MA5 - 24MA1 - 24MA2 - 24MA3 - 24MA4)	Ajuste de conexiones	3M	E	4	2		Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico

Fuente: [Autor]



Tabla 3-40. Gama de mantenimiento eléctrico semestral

		CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES					
		GAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO SEMESTRAL					
		TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000					
EQUIPO (ESTRUCTURA DE OBJETO)	TIPO DE OBJETO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ÁREA	DURACIÓN (HORAS)	# PERSONAS	MATERIALES Y EQUIPOS
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Fuentes SINAMIK (10U1 - 10U2 - MICROMASTER - 11U1 - 11U2 - 12U1 - 12U2 - 12U3 - 12U4)	Limpieza, Inspección Visual y medición de alimentación	6M	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Relés Auxiliares (17KF1 - 62KF1 - 62KF2 - 62KF3 - 62KF4 - 62KF5 - 62KF6 - 62KF7 - 62KF8 - 64KF1 - 64KF2 - 64KF3 - 64KF5 - 65KF1 - 65KF2 - 65KF3)	Limpieza y comprobación del correcto funcionamiento	6M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Relés de Protección (4QA1 - 4QA2 - 4QA3 - 15QB1 - 15QB2 - 15QB3 - 15QB4 - 63QA3 - 63QA4 - 63QA5 - 21QB1 - 21QB2 - 21QB3 - 21QB4 - 21QB5 - 21QB6 - 22QB1 - 22QB2 - 22QB3 - 22QB4 - 22QB5 - 23QB1 - 24QB1 - 24QB2 - 24QB3 - 24QB4 - 60QA1 - 60QA2 - 60QA3 - 60QA4 - 60QA5 - 60QA6 - 60QA7 - 61QA1 - 61QA2 - 61QA3 - 61QA4 - 61QA5 - 61QA6 - 63QA1 - 63QA2 - 63QA3 - 63QA4 - 63QA5 - 63QA6 - 63QA7 - 63QA8 - 64QA4)	Limpieza y comprobación del correcto funcionamiento	6M	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Ventilador	Comprobación de funcionamiento	6M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
INSTRUMENTACIÓN	Flujóstatos (90BF6 - 90BF5 - 90BF7 - 92BF1 - 90BF8 - 91BF2 - 92BF2 - 91BF3 - 90BF2 - 57BF5)	Chequeo de terminales	6M	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico
INSTRUMENTACIÓN	Presóstatos (90BP3 - 71BP1 - 71BP2 - 71BP3 - 71BP5 - 71BP8 - 110BP1)	Chequeo de terminales	6M	E	4	2	Caja de herramientas básica
INSTRUMENTACIÓN	Caudalímetros (91HQ5 - 91HQ4 - 90HQ1 - 71HQ2 - 81QM5 - 57HQ1 - 57HQ2 - 57HQ3 - 65QM1 - 65QM2 - 65QM3)	Chequeo de terminales	6M	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
INSTRUMENTACIÓN	Sensores de Nivel (91BL6 - 91BL7 - 70BL1 - 70BL6 - S7BL4 - 55BL8 - 55BL5 - 55BL6)	Chequeo de terminales	6M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
INSTRUMENTACIÓN	Electroválvulas Hidráulicas	Chequeo de terminales	6M	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLEROS LOCALES (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5)	Módulo Comunicación Profibus (42KF0 - 42KF1 - 42KF2 - 42KF3 - 42KF4 - 42KF5 - 42KF6 - 42KF7 - 42KF8 - 42KF50 - 42KF51 - 41KF0 - 41KF1 - 41KF2 - 41KF3 - 41KF4 - 41KF5 - 41KF50 - 41KF51 - 41KF52 - 41KF53 - 41KF54 - 45KF0 - 45KF1 - 45KF2 - 45KF3 - 45KF4 - 45KF5 - 45KF6)	Inspección visual de funcionamiento y ajuste borneras	6M	E	12	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro

	- 45KF7 - 45KF8 - 45KF9 - 44KF0 - 44KF1 - 44KF2 - 44KF3 - 44KF4 - 44KF5 - 44KF6 - 44KF7 - 44KF8 - 44KF50 - 44KF51 - 44KF52 - 44KF53 - 145KF1 - 43KF0 - 43KF1 - 43KF2 - 43KF3 - 43KF50 - 43KF51 - 43KF52 - 43KF53 - 42KF54)						
TABLEROS LOCALES (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5)	Módulo Comunicación Serial (310XF0 - 310XF4)	Inspección visual de funcionamiento y ajuste partes emperradas de sujeción y borneras	6M	E	12	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
REFRIGERADOR ACEITE HIDRÁULICO	Ventilador	Limpieza, Inspección y ajuste de terminales	6M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
REFRIGERADOR HIDROSTÁTICO X/Z	Ventilador	Revisar correcta conexión y ajustar	6M	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro

Fuente: [Autor]


Tabla 3-41. Gama de mantenimiento eléctrico semestral

		CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES						
		GAMA DE MANTENIMIENTO ELECTRICO SEMESTRAL						
		TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000						
EQUIPO (ESTRUCTURA DE OBJETO)	TIPO DE OBJETO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ÁREA	DURACIÓN (HORAS)	# PERSONAS	MATERIALES Y EQUIPOS	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Fuentes SINAMIK (10U1 - 10U2 - MICROMASTER - 11U1 - 11U2 - 12U1 - 12U2 - 12U3 - 12U4)	Limpieza, Inspección Visual y medición de alimentación	6M	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Relés Auxiliares (17KF1 - 62KF1 - 62KF2 - 62KF3 - 62KF4 - 62KF5 - 62KF6 - 62KF7 - 62KF8 - 64KF1 - 64KF2 - 64KF3 - 64KF5 - 65KF1 - 65KF2 - 65KF3)	Limpieza y comprobación del correcto funcionamiento	6M	E	4	4	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Relés de Protección (4QA1 - 4QA2 - 4QA3 - 15QB1 - 15QB2 - 15QB3 - 15QB4 - 63QA3 - 63QA4 - 63QA5 - 21QB1 - 21QB2 - 21QB3 - 21QB4 - 21QB5 - 21QB6 - 22QB1 - 22QB2 - 22QB3 - 22QB4 - 22QB5 - 23QB1 - 24QB1 - 24QB2 - 24QB3 - 24QB4 - 60QA1 - 60QA2 - 60QA3 - 60QA4 - 60QA5 - 60QA6 - 60QA7 - 61QA1 - 61QA2 - 61QA3 - 61QA4 - 61QA5 - 61QA6 - 63QA1 - 63QA2 - 63QA3 - 63QA4 - 63QA5 - 63QA6 - 63QA7 - 63QA8 - 64QA4)	Limpieza y comprobación del correcto funcionamiento	6M	E	8	8	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Ventilador	Comprobación de funcionamiento	6M	E	4	4	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
INSTRUMENTACIÓN	Flujóstatos (90BF6 - 90BF5 - 90BF7 - 92BF1 - 90BF8 - 91BF2 - 92BF2 - 91BF3 - 90BF2 - 57BF5)	Chequeo de terminales	6M	E	8	8	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico	
INSTRUMENTACIÓN	Presóstatos (90BP3 - 71BP1 - 71BP2 - 71BP3 - 71BP5 - 71BP8 - 110BP1)	Chequeo de terminales	6M	E	4	4	Caja de herramientas básica	
INSTRUMENTACIÓN	Caudalímetros (91HQ5 - 91HQ4 - 90HQ1 - 71HQ2 - 81QM5 - 57HQ1 - 57HQ2 - 57HQ3 - 65QM1 - 65QM2 - 65QM3)	Chequeo de terminales	6M	E	8	8	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
INSTRUMENTACIÓN	Sensores de Nivel (91BL6 - 91BL7 - 70BL1 - 70BL6 - S7BL4 - 55BL8 - 55BL5 - 55BL6)	Chequeo de terminales	6M	E	4	4	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
INSTRUMENTACIÓN	Electroválvulas Hidráulicas	Chequeo de terminales	6M	E	8	8	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
TABLEROS LOCALES (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5)	Módulo Comunicación Profibus (42KF0 - 42KF1 - 42KF2 - 42KF3 - 42KF4 - 42KF5 - 42KF6 - 42KF7 - 42KF8 - 42KF50 - 42KF51 - 41KF0 - 41KF1 - 41KF2 - 41KF3 - 41KF4 - 41KF5 - 41KF50 - 41KF51 - 41KF52 - 41KF53 - 41KF54 - 45KF0 - 45KF1 - 45KF2)	Inspección visual de funcionamiento y ajuste borneras	6M	E	8	8	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	

	- 45KF3 - 45KF4 - 45KF5 - 45KF6 - 45KF7 - 45KF8 - 45KF9 - 44KF0 - 44KF1 - 44KF2 - 44KF3 - 44KF4 - 44KF5 - 44KF6 - 44KF7 - 44KF8 - 44KF50 - 44KF51 - 44KF52 - 44KF53 - 145KF1 - 43KF0 - 43KF1 - 43KF2 - 43KF3 - 43KF50 - 43KF51 - 43KF52 - 43KF53 - 42KF54)							
TABLEROS LOCALES (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5)	Módulo Comunicación Serial (310XF0 - 310XF4)	Inspección visual de funcionamiento y ajuste partes emperradas de sujeción y borneras	6M	E	12	12	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
REFRIGERADOR ACEITE HIDRÁULICO	Ventilador	Limpieza, Inspección y ajuste de terminales	6M	E	4	4	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	
REFRIGERADOR HIDROSTÁTICO X/Z	Ventilador	Revisar correcta conexión y ajustar	6M	E	4	4	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro	

Fuente: [Autor]

Tabla 3-42. Gama de mantenimiento eléctrico anual

		CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES					
		GAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO ANUAL					
		TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000					
EQUIPO (ESTRUCTURA DE OBJETO)	TIPO DE OBJETO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ÁREA	DURACIÓN (HORAS)	# PERSONAS	MATERIALES Y EQUIPOS
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Fusibles (3FC2 - 3FC3 - 3FC4 - 3FC5)	Desmontaje y comprobación de funcionamiento	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Fuente de Alimentación (4U1 - 4U2 - 4U3)	Desmontaje, limpieza e inspección	1A	E	4	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Transformadores 480V (3TA1 - 3TA2 - 3TA3 - 4TA1 - 4TA2 - 4TA3)	Medición de alimentación	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Fuentes SINAMIK (10U1 - 10U2 - MICROMASTER - 11U1 - 11U2 - 12U1 - 12U2 - 12U3 - 12U4)	Desmontaje, limpieza interna y comprobación de funcionamiento	1A	E	16	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Relés Auxiliares (17KF1 - 62KF1 - 62KF2 - 62KF3 - 62KF4 - 62KF5 - 62KF6 - 62KF7 - 62KF8 - 64KF1 - 64KF2 - 64KF3 - 64KF5 - 65KF1 - 65KF2 - 65KF3)	Desmontaje, limpieza interna y comprobación de funcionamiento	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Relés de Protección (4QA1 - 4QA2 - 4QA3 - 15QB1 - 15QB2 - 15QB3 - 15QB4 - 63QA3 - 63QA4 - 63QA5 - 21QB1 - 21QB2 - 21QB3 - 21QB4 - 21QB5 - 21QB6 - 22QB1 - 22QB2 - 22QB3 - 22QB4 - 22QB5 - 23QB1 - 24QB1 - 24QB2 - 24QB3 - 24QB4 - 60QA1 - 60QA2 - 60QA3 - 60QA4 - 60QA5 - 60QA6 - 60QA7 - 61QA1 - 61QA2 - 61QA3 - 61QA4 - 61QA5 - 61QA6 - 63QA1 - 63QA2 - 63QA3 - 63QA4 - 63QA5 - 63QA6 - 63QA7 - 63QA8 - 64QA4)	Desmontaje, limpieza interna y comprobación de funcionamiento	1A	E	16	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Módulo de Comunicación Profibus (30KF0 - 30KF1 - 30KF2 - 40KF0 - 40KF1 - 40KF2 - 40KF3 - 40KF4 - 40KF5 - 40KF6 - 40KF7 - 40KF8 - 40KF9 - 40KF10 - 50KF50 - 50KF51 - 50KF52 - 50KF53 - 50KF54 - 50KF55 - 50KF56 - 50KF57 - 50KF58)	Desmontaje, limpieza interna y comprobación de funcionamiento	1A	E	2	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Puerto Ethernet	Desmontaje, limpieza interna y comprobación de funcionamiento	1A	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLERO PRINCIPAL (UHA1)	Pulsador (50SF2)	Desmontaje, limpieza interna y comprobación de funcionamiento	1A	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Filtro	Ajuste de partes emperradas de sujeción	1A	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Ventilador	Limpieza e inspección	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico

REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Display	Comprobación de funcionamiento y ajuste de conexiones	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico
REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Compresor	Medición de vibraciones	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico
REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Compresor	Medición de alimentación, limpieza y comprobación del correcto funcionamiento	1A	E	16	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico
INSTRUMENTACIÓN	Flujóstatos (90BF6 - 90BF5 - 90BF7 - 92BF1 - 90BF8 - 91BF2 - 92BF2 - 91BF3 - 90BF2 - 57BF5)	Desmontaje, limpieza interna, comprobación de funcionamiento	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico
INSTRUMENTACIÓN	Presóstatos (90BP3 - 71BP1 - 71BP2 - 71BP3 - 71BP5 - 71BP8 - 110BP1)	Desmontaje, limpieza interna, comprobación de funcionamiento	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica
INSTRUMENTACIÓN	Caudalímetros (91HQ5 - 91HQ4 - 90HQ1 - 71HQ2 - 81QM5 - 57HQ1 - 57HQ2 - 57HQ3 - 65QM1 - 65QM2 - 65QM3)	Desmontaje, limpieza interna, comprobación de funcionamiento	1A	E	16	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
INSTRUMENTACIÓN	Sensores de Nivel (91BL6 - 91BL7 - 70BL1 - 70BL6 - S7BL4 - 55BL8 - 55BL5 - 55BL6)	Desmontaje, limpieza interna, comprobación de funcionamiento	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
INSTRUMENTACIÓN	Electroválvulas Hidráulicas	Desmontaje, limpieza interna, comprobación de funcionamiento	1A	E	16	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
INSTRUMENTACIÓN	Sensores de Presencia (153BG1 - 153BG2 - 153BG3)	Comprobación de limpieza mediante inspección visual y de funcionamiento	1A	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
INSTRUMENTACIÓN	Sensores de Posición (152BG7 - 152BG8 - 153BG5 - 153BG6)	Desmontaje, limpieza interna, comprobación de funcionamiento	1A	E	8	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
INSTRUMENTACIÓN	Herramienta Renishaw	Medición de alimentación y comprobación de correcto funcionamiento	1A	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
TABLEROS LOCALES (UC1 - UC2 - QH100 - UC3 - UC5)	Transformador (8TA1)	Medición de alimentación	1A	E	4	2	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
REFRIGERADOR HIDROSTÁTICO X/Z	Ventilador	Desmontaje, limpieza interna e inspección	1A	E	8	8	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
ACTUADORES Y MOTORES	Motores eléctricos (8M1 - 11MA1 - 11MA2 - 12MA1 - 12MA2 - 12MA3 - 12MA4 - 15MA1 - 15MA2 - 15MA3 - 15MA4 - 20MA1 - 20MA3 - 23MA1 - 25MA1)	Medición de aislamiento y resistencia del bobinado del motor	1A	E	8	1	Caja de herramientas básica, liencillo, alcohol isopropílico, multímetro
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Motores eléctricos (8M1 - 11MA1 - 11MA2 - 12MA1 - 12MA2 - 12MA3 - 12MA4 - 15MA1 - 15MA2 - 15MA3 - 15MA4 - 20MA1 - 20MA3 - 23MA1 - 25MA1)	Medición de aislamiento y resistencia del bobinado del motor	1A	E	8	2	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico
SISTEMA HIDRÁULICO	Bombas de Refrigeración (20MA2 - 21MA1 - 21MA2 - 21MA3 - 21MA4 - 21MA6 - 22MA1 - 22MA3 - 22MA4 - 22MA5 - 24MA1 - 24MA2 - 24MA3 - 24MA4)	Medición de aislamiento y resistencia del bobinado del motor	1A	E	8	2	Vibrometro, wype, alcohol isopropílico, liencillo

Fuente: [Autor]

Tabla 3-43. Gama de mantenimiento autónomo de los operarios

		CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES						
		GAMA DE MANTENIMIENTO OPERARIOS						
		TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000						
EQUIPO (ESTRUCTURA DE OBJETO)	TIPO DE OBJETO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ÁREA	DURACIÓN (MIN)	# PERSONAS	MATERIALES Y EQUIPOS	
REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Display	Limpieza e inspección	O	A	5	1	Liencillo	
REFRIGERADOR DE TABLERO (VTP1)	Compresor	Comprobación de la ausencia de ruidos excesivos	O	A	5	1	Liencillo	
INSTRUMENTACIÓN	Electroválvulas Hidráulicas	Inspección visual de funcionamiento	O	A	5	1		
REFRIGERADOR ACEITE HIDRÁULICO	Display Indicador	Limpieza e inspección de sujeción a la estructura metálica	O	A	5	1	Liencillo	
REFRIGERADOR HIDROSTÁTICO X/Z	Display Indicador	Limpieza e inspección de sujeción a la estructura metálica	O	A	5	1	Wype y Liencillo	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Bancada	Inspección de posibles fracturas	O	A	5	1		
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Plato	Inspección de posibles fracturas	O	A	5	1		
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Transportador de virutas	Limpieza, vaciar e inspección	O	A	5	1	Wype y Liencillo	
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Almacén de herramientas	Inspección de posibles fracturas	O	A	5	1		
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Portaherramientas y cabezales	Inspección de posibles fracturas	O	A	5	1		
SISTEMA NEUMÁTICO	Aire	Comprobar por medio de los manómetros que la presión de la red neumática es la correcta.	O	A	1	1		
SISTEMA HIDRÁULICO	Bombas de Refrigeración (20MA2 - 21MA1 - 21MA2 - 21MA3 - 21MA4 - 21MA6 - 22MA1 - 22MA3 - 22MA4 - 22MA5 - 24MA1 - 24MA2 - 24MA3 - 24MA4)	Inspección visual y auditiva del correcto funcionamiento	O	A	1	1	Caja de herramientas, wype, alcohol isopropílico	
SISTEMA HIDRÁULICO	Fluido Hidráulico	Comprobar que la temperatura sea <60 y 80 °C durante el servicio	O	A	1	1		
SISTEMA HIDRÁULICO	Fluido Hidráulico	Comprobar el nivel de fluido en el depósito y su estado	O	A	1	1		
BARRÓN	Pistón Liberador de Herramienta	Inspección visual y auditiva	O	A	1	1		
BARRÓN	Cambiador Automático de Herramientas	Inspección visual	O	A	1	1		
SOPORTE PRINCIPAL	Correas de Transmisión	Inspección de estado de las correas	O	A	1	1		
TODA LAS INMEDIACIONES DEL TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000		Inspección automática, señalización de inconformidades con tarjetas y depositar duplicado en el buzón de sugerencias.	O	A	5	1		

Fuente: [Autor]

H) INGRESO DE LAS GAMAS DE MANTENIMIENTO AL SOFTWARE

La empresa CELEC EP – HIDROAGOYÁN cuenta con las licencias del Software específico de mantenimiento “Central”. Dicho programa contiene y gestiona la base de datos de todos los equipos mantenibles a su disposición.

La estructura de niveles homologada a nivel empresarial para dicho sistema se muestra en el Anexo J. En ella se puede observar la existencia de niveles y subniveles de objetos funcionales. En el cual el CIRT se encuentra en nivel 5 y el TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000 en el nivel 8 de los elementos funcionales.

Además dicha estructura cuenta con objetos seriales que son los objetos propiamente dichos a los que se les brinda el mantenimiento.

Al ingresar al programa aparecerá una ventana en la pantalla en la cual el programa requiere los siguientes datos:

- Nombre del usuario
- Contraseña
- Instalación en la que se desea trabajar

Todos los empleados de CELEC EP – HIDROAGOYÁN tienen un nombre de usuario y una contraseña que les permite ingresar al programa. Sin embargo existen varios niveles de usuario como: operador, ejecutor, jefe, etc. En dependencia de dicho nivel el programa permitirá o negará atribuciones al usuario. Además el programa registra y hace responsable a cada usuario de las modificaciones que realiza.

Registro de Usuario
Sistema de Administración de Mantenimiento
*** Central ***
Seleccionar nombre de usuario:
-
Escriba su contraseña:
Nivel de Usuario:
SEGURIDAD INDUSTRIAL
Seleccionar la Instalación:
AGOYAN
Aceptar Cancelar

Figura 3-23. Ventana inicial “Central”
Fuente: [Autor]

Para inicial el programa se debe Seleccionar de entre la lista de usuarios registrados su nombre e ingresar su clave. Posterior a ello se deberá definir la instalación en la cual se va a trabajar escogiendo entre: Agoyán, Pucara, San Francisco y para este caso El CIRT. Luego de ello dar clic en Aceptar.

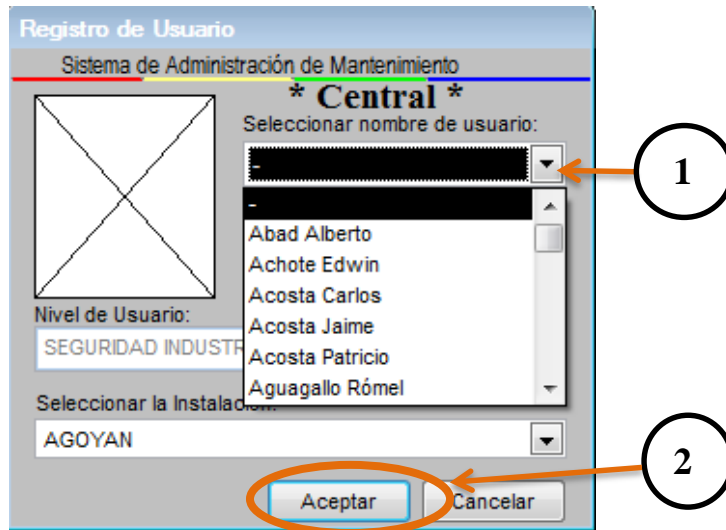


Figura 3-24. Registro de usuario "Central"
Fuente: [Autor]

Aparecerá la siguiente pantalla que contendrá los menús activos para dicho usuario:

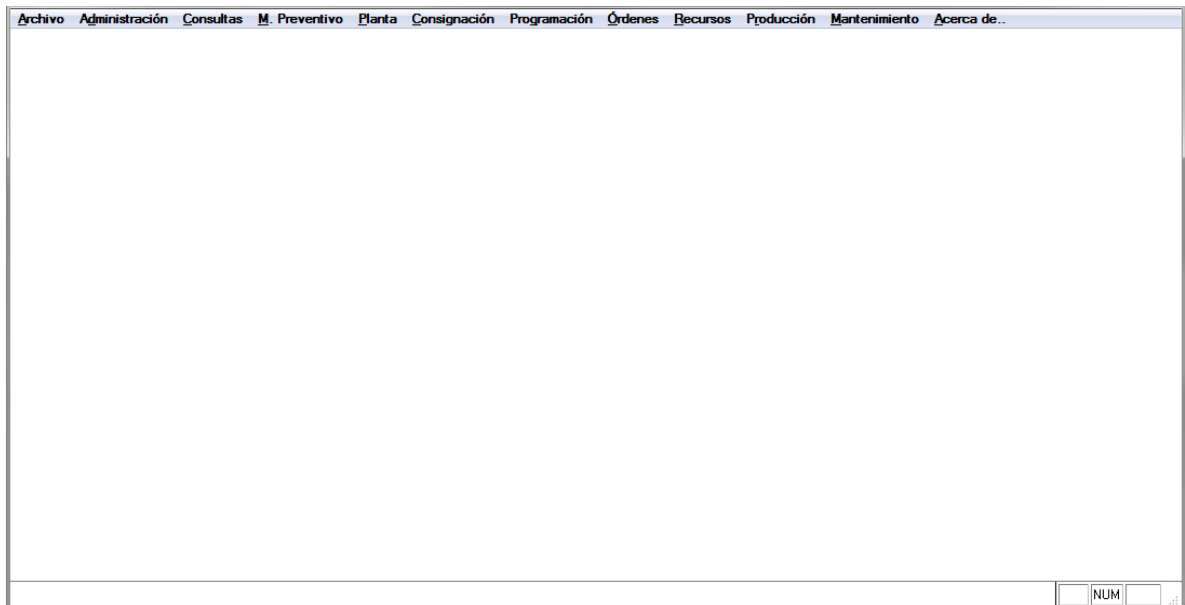


Figura 3-25. Ventana de menús disponibles "Central"
Fuente: [Autor]

Para ingresar la información dirigirse al menú de “Planta” y hacer clic. Luego del submenú obtenido seleccionar mediante otro clic la opción “Administración de Mantenimiento”.

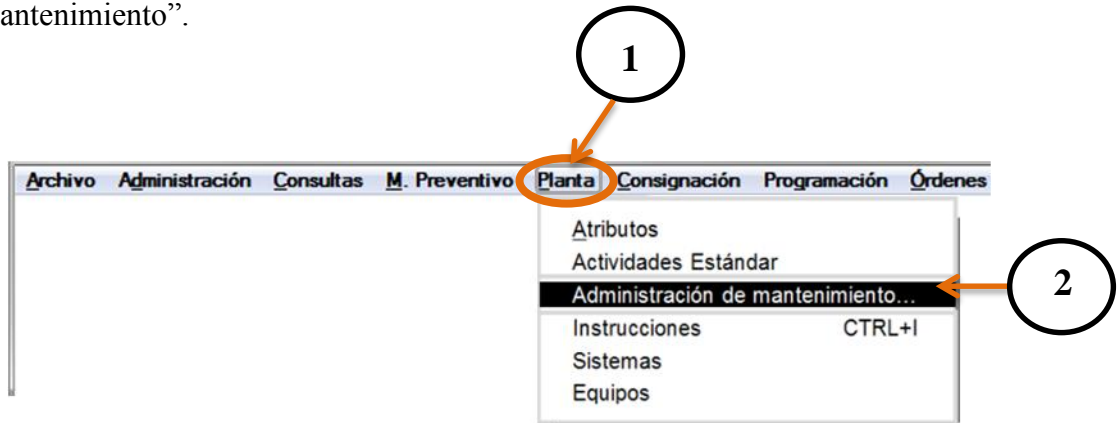


Figura 3-26. Menú “Planta”
Fuente: [Autor]

Aparecerá la pantalla mostrada en la figura 3-26.

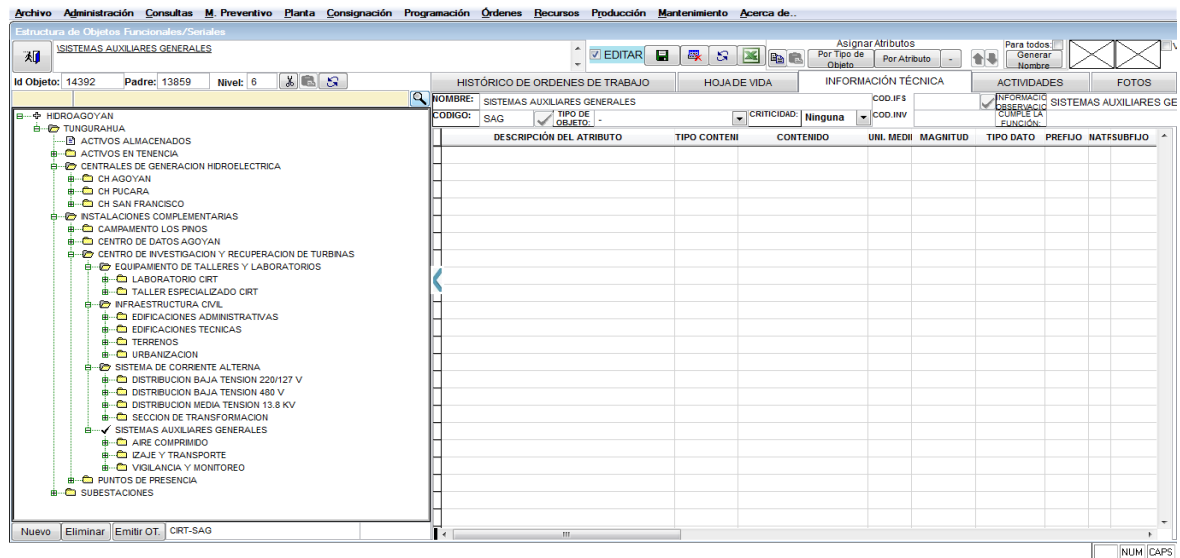


Figura 3-27. “ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO”
Fuente: [Autor]

En esta ventana se deben programar todos los objetos funcionales y seriales que se encuentran en la Tabla 3-13. Se utilizarán las herramientas en la parte izquierda de la pantalla.

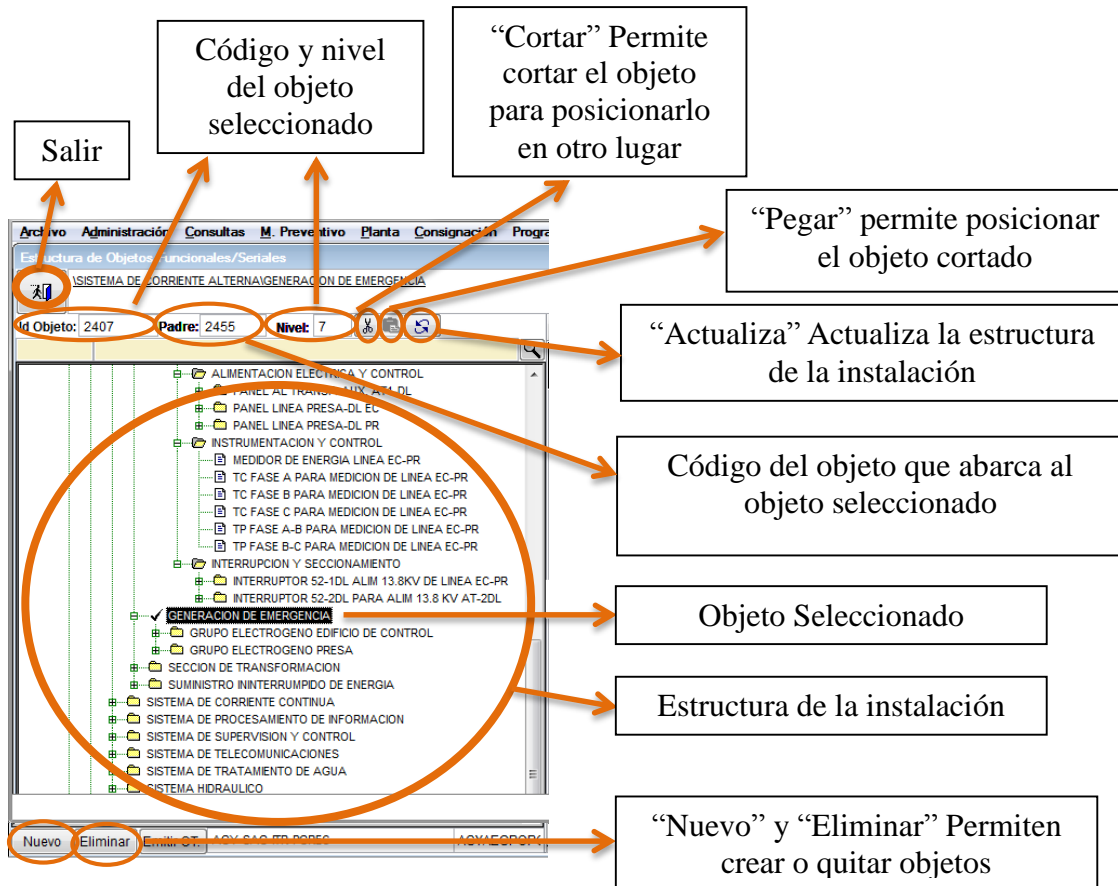


Figura 3-28. Herramientas de “ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO”
Fuente: [Autor]

Hacer clic en la pestaña “INFORMACIÓN TÉCNICA” y llenar los campos ahí mostrados. Para ello se deben tomar los datos del TORNO VERTICAL CNC SMART 50CH-4000 que se encuentran resumidos en la ficha técnica de la máquina en la Tabla 3-12.

Además de ello se debe seleccionar la criticidad del objeto en la pestaña “CRITICIDAD”.

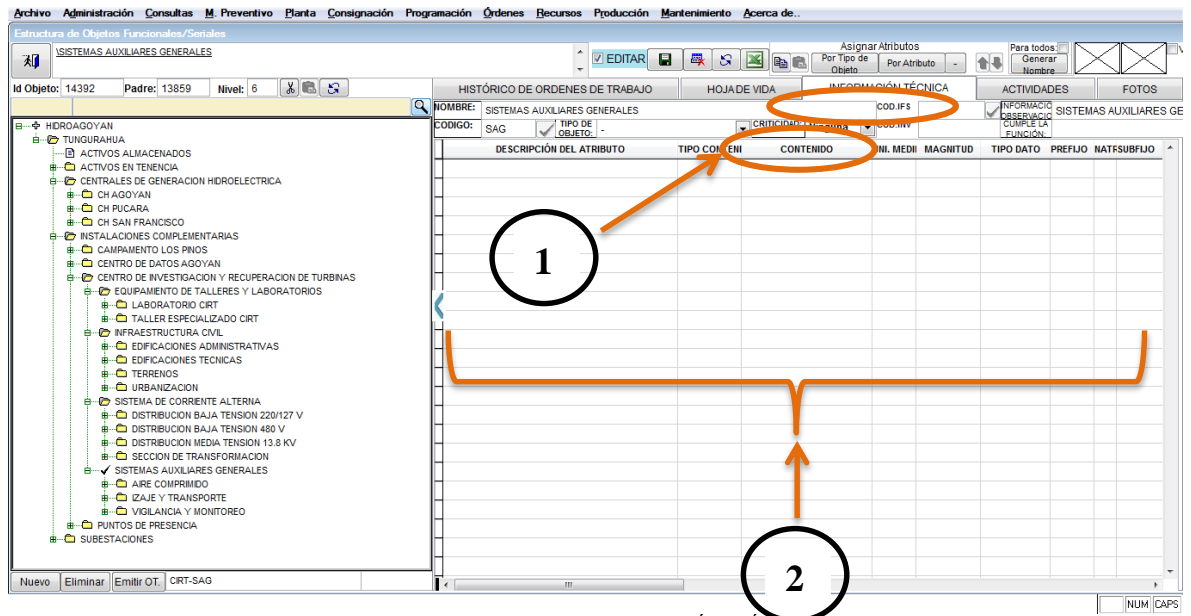


Figura 3-29. Ventana de “INFORMACIÓN TÉCNICA”
Fuente: [Autor]

Un ejemplo de cómo deben llenarse estos campos se muestra a continuación:

DESCRIPCIÓN DEL ATRIBUTO	TIPO CONTENI	CONTENIDO	UNI. MEDI	MAGNITUD	TIPO DATO	PREFIJO	NATSUBFIJO
MARCA	ALFANUMERIC	SANUKI	-	-	-		0
MODELO	ALFANUMERIC		-	-	-		0
NOMBRE DE FABRICANTE	ALFANUMERIC	SANUKI	-	-	-		0
NUMERO DE SERIE	ALFANUMERIC		-	-	-		0
AÑO DE FABRICACION	NUMERICO	1984	ADM	DIMENSIONAL	-		0
LUGAR DE FABRICACION	ALFANUMERIC	JAPÓN	-	-	-		0
TIPO	ALFANUMERIC	BIRRIEL	-	-	TIPO PUENTE G TIPO		1
CAPACIDAD DE IZAJE	NUMERICO	40	t	MASA	-	DE	2 t
VELOCIDAD DE IZAJE	NUMERICO	10/2	m/min	VELOCIDAD	-		0
ALTURA DE IZAJE	ALFANUMERIC	129.2	m	LONGITUD	-	H	5 m
VELOCIDAD DE TRASLACION DEL CARRO	NUMERICO	10	m/min	VELOCIDAD	-		0
VELOCIDAD DE TRASLACION DEL PORTICO	NUMERICO	15	m/min	VELOCIDAD	-		0
LUZ	NUMERICO	10	m	LONGITUD	-	L	3 X
ALTURA DEL PORTICO	NUMERICO	12.1	m	LONGITUD	-		0
RECORRIDO DEL PORTICO	NUMERICO	20	m	LONGITUD	-	R	4 X
PESO TOTAL	NUMERICO		-	MASA	-		0
TENSION DE ALIMENTACION	NUMERICO	480	V	TENSION ELEC	-		0
ESTADO	ALFANUMERIC	BUENO	-	-	ESTADO		0
DOCUMENTO DE REFERENCIA	ALFANUMERIC	MANUAL VOL.19 PÓRTICO	MANUAL	DOCUMENTO	-		0

Figura 3-30. Ejemplo de hoja de datos de “INFORMACIÓN TÉCNICA”
Fuente: [Autor]

Luego hacer clic en la pestaña “ACTIVIDADES” para cargar los datos del plan de mantenimiento. Se deben copiar y pegar las tablas en el plan de mantenimiento y las gamas.

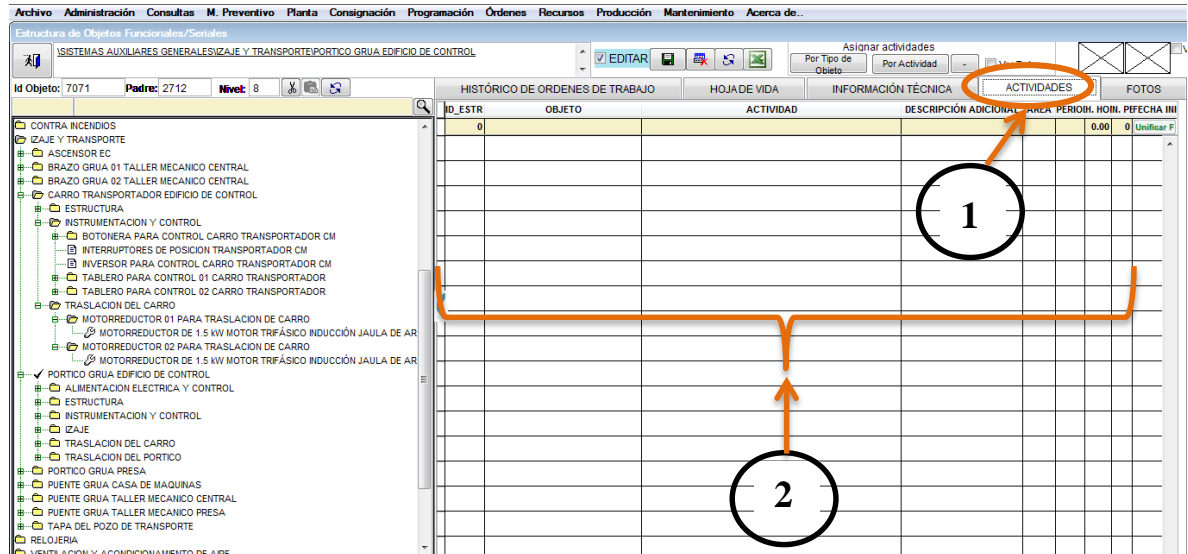


Figura 3-31. Pestaña “ACTIVIDADES”
Fuente: [Autor]

Seleccionar la pestaña “FOTOS” y subir las fotografías del componente con el objetivo que este quede sea fácilmente identificado. Esto se logra al hacer clic en “CAMBIAR IMAGEN”.

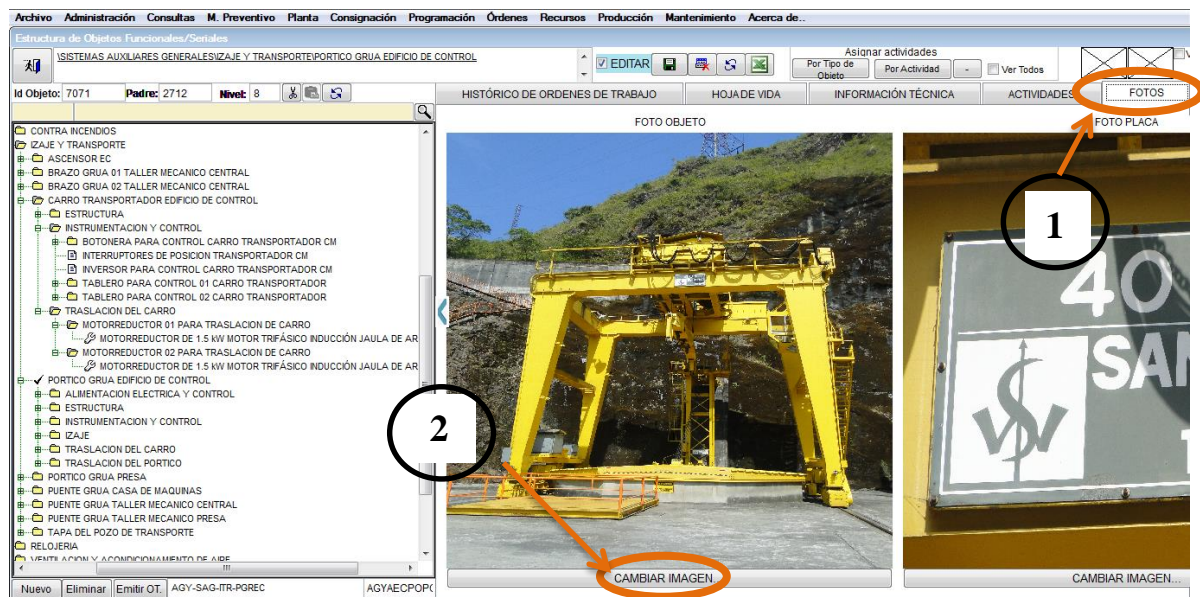


Figura 3-32. Pestaña “FOTOS”
Fuente: [Autor]

Para generar las órdenes de trabajo se debe ir a la pestaña de “HISTÓRICO DE ÓRDENES DE TRABAJO”.

Aquí se puede observar las órdenes de trabajo organizadas por fechas de consignación.

Luego se debe hacer clic en la orden de trabajo que se desea generar.

HISTÓRICO DE ORDENES DE TRABAJO				HOJA DE VIDA	INFORMACIÓN TÉCNICA	ACTIVIDADES	FOTOS
# OT	Red	Actividad	Resumen de Actividad	F. Consigna	Reporte de Orden de Trabajo		
29650	0 L P 1A	0	Medición de voltajes de entrada y salida de rectificadores.	11/24/16 08:13	Estado previo al mantenimiento: Tableros con preser - Se realizan todas las actividades enunciadas en la		
28680	0 L P 6M	0	Medición de voltajes de entrada y salida de rectificadores.	06/09/16 07:56	Estado previo al mantenimiento: Equipos en buen est - Se realizan todas las actividades enunciadas en la		
27368	0 L P 1A	0	Medición de voltajes de entrada y salida de rectificadores.	11/23/15 08:13	Se realizo la medición del voltaje de entrada y salida		
26108	0 L P 6M	0	Medición de voltajes de entrada y salida de rectificadores.	06/05/15 09:09	Se registra las siguientes medidas en voltios: Freno 1		
24799	0 L P 1A	0	Medición de voltajes de entrada y salida de rectificadores.	11/17/14 08:31	Se ejecuta la ODT sin novedades, se toma los sigue		
23668	0 L P 6M	0	Medición de voltajes de entrada y salida de rectificadores.	06/18/14 08:55	Al realizar la medición de voltajes se encontro termin		
22448	0 L P 6M	0	Medición de voltajes de entrada y salida de rectificadores.	12/24/13 09:09	Se ejecuta ODT sin novedad.		
21195	0 L P 6M	0	Medición de voltajes de entrada y salida de rectificadores.	06/10/13 08:41	• Se midió voltajes de entrada y salida de rectificad		
20046	0 L P 1A	0	Medición de voltajes de entrada y salida de rectificadores.	01/09/13 10:03	No se realiza medición de voltajes de entrada y salid		
18931	0 L P 6M	0	Medición de voltajes de entrada y salida de rectificadores.	06/21/12 12:00	- Se midio los voltajes de entrada y salida de rectific Vin=30Vca		
17992	0 L P 1A	0	Medición de voltajes de entrada y salida de rectificadores.	12/06/11 12:00	- Se constato que el pórtico estaba deshabilitado, de - El realiza pruebas d operación. deaiando en buen es		
16940	0 L P 6M	0	Medición de voltajes de entrada y salida de rectificadores.	06/07/11 12:00	• Se midió voltajes de entrada y salida de rectificad In=23.1Vca Out=21.2Vcc		

Figura 3-33. Pestaña “HISTORICO DE ORDENES DE TRABAJO”

Fuente: [Autor]

Hacer clic sobre el botón “Emitir OT.” situado en la esquina inferior izquierda de la pantalla.

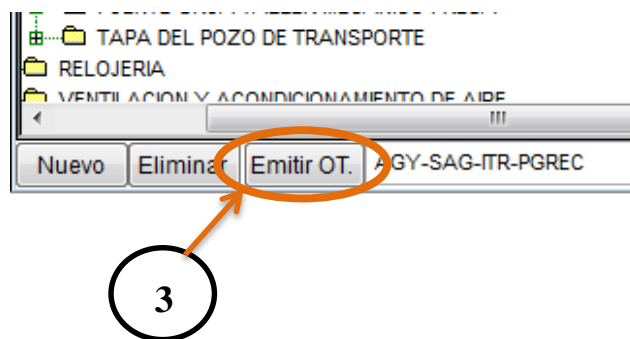


Figura 3-34. “Emitir OT.”

Fuente: [Autor]

Se abrirá una pantalla similar a la mostrada a continuación:

Figura 3-35. Menú de Orden de trabajo
Fuente: [Autor]

Finalmente hacer clic en “Imprimir” y luego en “Aceptar”.

Figura 3-36. Cuadro de diálogo de operaciones de impresión
Fuente: [Autor]

3.3.5.6 CÁLCULO DE LA EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO (O.E.E)

A manera de ejemplo se calculará la eficiencia global que el equipo mostró durante el desarrollo del Mandrinado de agujeros de bujes de álabes directrices en el proyecto CIRT16-DFO-TH-008 con fecha 14 de inicio Julio de 2016.

El objetivo era la reparación de la Tapa Superior de la turbina Francis de CELEC EP – HIDROAGOYÁN. Dicho proyecto fue planificado para ser entregado en 16 días y 10 horas desde el momento de su recepción hasta la entrega a sus propietarios. Y se calculó que el proceso de mandrinado duraría 90 horas (Ver anexo F).

Para ello se consideró una jornada especial de cuatro días laborables en la cual los operadores del TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000 trabajarían por turnos las 24 horas para cumplir con el proceso de mecanizado. Sin embargo debido a averías cuya reparación demoró 2 días se tuvieron que realizar trabajos en horario extendido para el fin de semana con el objetivo de entregarla a tiempo para los siguientes procesos.

$$\begin{aligned} & \textit{Tiempo disponible de máquina} \\ & = (\textit{horas diarias de trabajo} * \textit{días de trabajo}) \\ & \quad - \textit{paradas programadas} \end{aligned}$$

$$\textit{Tiempo disponible de máquina} = \left(24 \frac{[\textit{horas}]}{[\textit{día}]} * 6 [\textit{días}] \right) - 0 [\textit{horas}]$$

$$\textit{Tiempo disponible de máquina} = 144 [\textit{horas}]$$

$$\textit{Pérdidas por puestas a punto y graduación} = 6 [\textit{horas}]$$

$$\textit{Pérdidas por averías} = 48 [\textit{horas}]$$

$$\textit{Tiempo Operativo} = 144 [\textit{horas}] - 6 [\textit{horas}] - 48 [\textit{horas}]$$

$$\textit{Tiempo Operativo} = 90 [\textit{horas}]$$

$$D = \frac{\textit{Tiempo Operativo}}{\textit{Tiempo disponible de máquina}}$$

$$D = \frac{90 \text{ [horas]}}{144 \text{ [horas]}} * 100\%$$

$$D = 62,5\%$$

$$\textit{Producción real} = 1 \text{ [unidad]}$$

$$\textit{Velocidad teórica} = \frac{1 \text{ [unidad]}}{84 \text{ [horas]}}$$

$$\textit{Velocidad teórica} = 0,0119 \left[\frac{\textit{unidades}}{\textit{hora}} \right]$$

$$\textit{Producción teórica} = \textit{Velocidad teórica} * \textit{Tiempo Operativo}$$

$$\textit{Producción teórica} = 0,0119 \left[\frac{\textit{unidades}}{\textit{hora}} \right] * 90 \text{ [horas]}$$

$$\textit{Producción teórica} = 1,07 \text{ [unidades]}$$

$$E = \frac{\textit{Tiempo en cada unidad} * \textit{Unidades entrantes}}{\textit{Tiempo Operativo}}$$

$$E = \frac{1 \text{ [unidad]}}{1,07 \text{ [unidades]}} * 100\%$$

$$E = 93,4\%$$

$$T_{cp} = \frac{\textit{Unidades entrantes} - \textit{defectuosas}}{\textit{Unidades entrantes}}$$

$$T_{cp} = \frac{1 - 0 \text{ [unidades]}}{1 \text{ [unidades]}} * 100\%$$

$$T_{cp} = 100\%$$

$$OEE (\%) = D * E * T_{cp}$$

$$OEE (\%) = 62,5\% * 93,4\% * 100\%$$

$$OEE (\%) = 58,38 \%$$

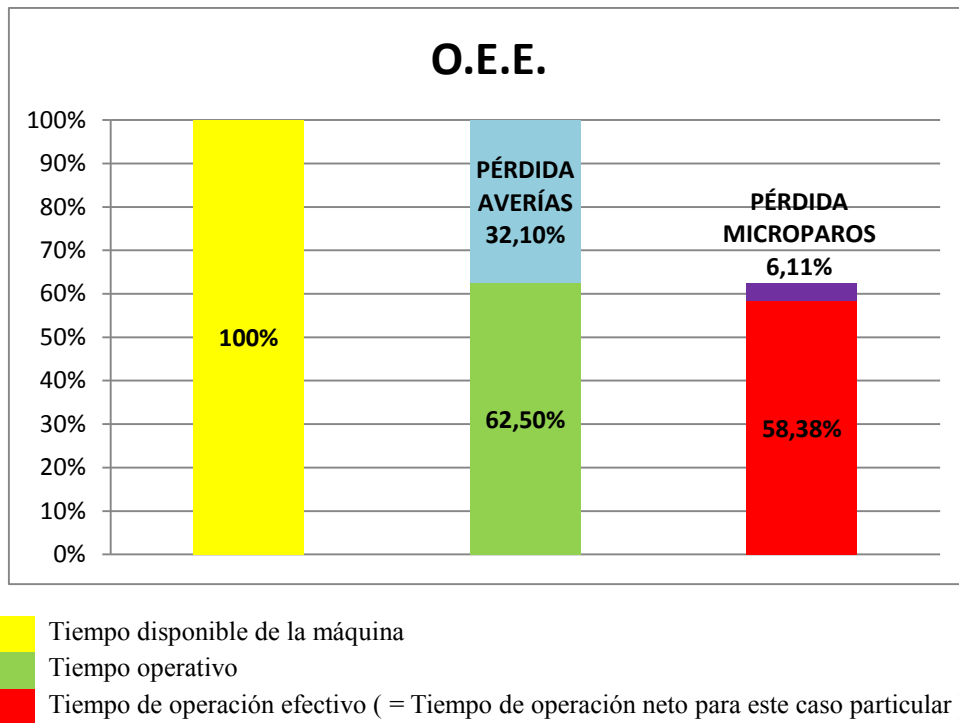


Figura 3-38. Interpretación OEE
Fuente: [Autor]

En la figura 3-37 se puede observar que las mayores pérdidas en dicho proyecto se debieron a las averías surgidas en la máquina.



A pesar de que la existencia programas y sistemas en el mercado que pueden instalarse determinadas máquinas y que brindan datos fiables de tiempos y pérdidas. Se consideró que en este caso no es rentable dicha adquisición. Por ello se plantea la plantilla de datos mostrada en la Tabla 3-45 que el operador deberá llenar a lo largo de su jornada laboral para facilitar el cálculo el OEE con datos fiables de primera mano. Además se propone la Tabla 3-46 como formato para llevar un cálculo sencillo del OEE para cada proyecto de la máquina. Estos formatos deberán ser socializados con todos los trabajadores del CIRT.

Tabla 3-45. Formato de toma de datos OEE

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES TPM – TOMA DE DATOS OEE TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000			
 CELEC EP <small>Corporación Eléctrica del Ecuador</small> HIDROAGOYÁN	Elaborado por: <input style="width: 80%;" type="text"/>	Fecha: <input style="width: 80%;" type="text"/>	
	Revisado por: <input style="width: 80%;" type="text"/>	Fecha: <input style="width: 80%;" type="text"/>	
 CIT <small>CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES</small>			

	Prod.	Parada	Puestas	Averia	otros	Ref/OP	Objetivo	Real	Comentarios	
	Progr. a punto									
8:00										
8:30										
9:00										
9:30										
10:00										
10:30										
11:00										
11:30										
12:00										
12:30										
13:00										
13:30										
14:00										
14:30										
15:00										
15:30										
16:00										
16:30										
Total	(C) =	(B) =	(P) =	(F) =			(H) =	(R) =		
	Unidades Entrantes (U) =						Unidades Defectuosas (I) =			

Tabla 3-46. Formato cálculo OEE por proyecto

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y RECUPERACIÓN DE TURBINAS Y PARTES INDUSTRIALES			
	CÁLCULO DEL OEE POR PROYECTO		
	TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000		
CÓDIGO DEL PROYECTO:			
CRITERIO	UNIDADES	ESPECIFICACIÓN	VALORES
TIEMPO TOTAL	minutos	A	
TIEMPO DE PAROS PROGRAMADOS	minutos	B	
TIEMPO DISPONIBLE DE LA MÁQUINA	minutos	$C = A - B$	
PÉRDIDAS POR PUESTAS A PUNTO Y GRADUACIÓN	minutos	P	
PÉRDIDAS POR AVERÍAS	minutos	F	
TIEMPO OPERATIVO	minutos	$O = C - P - F$	
DISPONIBILIDAD	%	$D = O/C$	
PRODUCCIÓN REAL	minutos	R	
VELOCIDAD TEÓRICA	minutos	V	
PRODUCCIÓN TEÓRICA	minutos	$H = O * V$	
EFICIENCIA	%	$E = R/V$	
UNIDADES ENTRANTES	minutos	U	
UNIDADES DEFECTUOSAS	minutos	I	
ÍNDICE DE CALIDAD	%	$T_{cp} = (U - I) / U$	
EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO	%	$OEE = D * E * T_{cp}$	
Elaborado Por:		Fecha:	
Verificado por:		Fecha:	

Fuente: [Autor]

CAPÍTULO IV

4.1 CONCLUSIONES

- La determinación de la estructura física y el análisis de funciones de cada sistema, subsistema y componente del Torno Vertical BOST CNC SMART 50CH-4000 permitieron enfocarse en mantener elementos de la máquina cuyas funciones o costes sean representativos para la empresa o el área de producción de la misma y evitar dedicar horas de mantenimiento a los que no merecen la pena.
- La agrupación de los elementos mantenibles similares realizada para el Torno Vertical BOST CNC SMART 50CH-4000 facilitó la organización y determinación de tareas para el personal de mantenimiento.
- En análisis de modos de fallo y efectos aplicado en base a la NTP 679, 2004 e ISO 14224, 1999 permitió conocer las posibles causas y consecuencias al fallar dichos elementos y así asignar tareas preventivas y predictivas para evitar o sanear en lo posible cada uno de los fallos.
- El análisis de modos de fallas y efectos realizado para cada uno de los elementos del Torno concluyó que los fallos con mayor Índice de prioridad de riesgo se encuentran en el sistema hidráulico en bombas y filtros.
- La organización de las actividades en gamas de mantenimiento permitió planificar y gestionar el tiempo destinado tanto para el mantenimiento de una manera organizada.
- En base al análisis de criticidad se concluyó que entre los elementos más críticos de la máquina se encuentran las guías, el plato, el barrón y la herramienta Remishaw. Por lo que se aplicaron actividades de mantenimiento predictivo para estos elementos basadas en la norma ISO 3655, 1986.
- La implementación de las 5S y las gamas de mantenimiento autónomo permitieron al personal del CIRT organizar el área del Torno Vertical BOST CNC SMART 50CH-4000 e involucrase activamente en la gestión del mantenimiento.
- En base al análisis de la Eficiencia Global del Equipo se concluye que las mayores pérdidas para el CIRT en la máquina se deben a averías. Además de existir pérdidas importantes por puestas a punto de graduación y reducciones de velocidad. Dichas pérdidas serán reducidas con la aplicación del plan de mantenimiento planificado y la

aplicación correcta de las 5S.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar este el plan maestro de implantación del TPM del Torno Vertical BOST CNC SMART 50CH-4000 por un lapso de cinco años. Durante ese tiempo también se recomienda ampliar el TPM a todas las máquinas del CIRT elaborando planes similares, desarrollándolos y mejorándolos en base a sugerencias del personal de mantenimiento y de los operadores.
- Una vez puesto en marcha el plan piloto se recomienda realizar análisis de la eficiencia global del BOST CNC SMART 50CH-4000 mensualmente y estudiar las pérdidas encontradas en la máquina con el fin de buscar mecanismos para atacar dichas deficiencias.
- Una vez elaborados los planes maestros de implantación del TPM a las demás máquinas del Centro se recomienda unificar y estandarizar criterios de aplicación de las 5S a todas las instalaciones del CIRT. Sin embargo también se recomienda mantener el cálculo del OEE separado para cada equipo debido a que esto permitirá obtener datos con mayor fiabilidad y exactitud; facilitando atacar a las causas de las pérdidas de una manera más puntual y eficaz.
- Se recomienda contratar más personal operativo para que trabaje en un segundo y tercer turno con el fin de aumentar el tiempo disponible de la máquina.
- Se recomienda capacitar continuamente al personal del CIRT en el uso de las tarjetas rojas, tarjetas de mantenimiento autónomo.
- Una vez que se carguen las gamas de mantenimiento al programa “Central” y se desarrolle el plan de mantenimiento se recomienda acudir al histórico de órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo y preventivo generado por el programa y tomarlo como base para realizar análisis de confiabilidad y disponibilidad del equipo basados en técnicas de RCM y en base a ello mejorar las gamas de mantenimiento.
- Se sugiere al CIRT apuntar a certificaciones internacionales en el área de seguridad industrial y respeto con el ambiente como las ISO 14001 2015 e ISO 45001 2016. Ya que estos criterios son los cimientos del TPM y deben ser mejorados continuamente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] *Terminología para mantenimiento*, UNE-EN 13306, 2011
- [2] E. Dounce Villanueva, *La productividad en el Mantenimiento Industrial*. México: Grupo editorial Patria. 2007.
- [3] P. Silva Ardila, *Mantenimiento en la práctica*. Barranquilla: Ing. Pedro Eliseo Silva Ardila 2009.
- [4] C. Gómez Santos, *Mantenimiento Productivo Total Una visión global*. Las Canarias: Lulu.com. 2001.
- [5] E. Dounce Villanueva, *Un enfoque analítico del Mantenimiento Industrial*. México: Compañía editorial Continental. 2006.
- [6] O. García Palencia, *Gestión moderna del mantenimiento Industrial*. Bogotá: Ediciones de la U. 2012.
- [7] F. Rey Sacristán, *Mantenimiento total de la producción (TPM)*. Madrid: Fundación Confemental 2001.
- [8] F. Rey Sacristán, *Las 5S: orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid: Fundación Confemental 2005.
- [9] *Dependability management. Part 3-11 Reliability Centred Maintenance RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad)*, IEC 60300-3-11, 2009.
- [10] *Análisis modal de fallos y efectos*. AMFE. NTP 679, 2004.
- [11] *Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos*. ISO 14224, 1999.
- [12] C. Parra, A. Crespo, *Ingeniería de Mantenimiento, Fiabilidad aplicada a la gestión de activos. Desarrollo y aplicación de un Modelo de gestión de mantenimiento (MGM)* Sevilla: INGEMAN. 2012.
- [13] G. Altamirano, M. Zabala, *Informe organizacional y operativo del centro de investigación y recuperación de turbinas hidráulicas y partes industriales*. Agoyán, Baños de Agua Santa: Agosto 2016.
- [14] A. Jácome, T. Oña “Implantación del mantenimiento planificado dentro del contexto del mantenimiento productivo total (TPM) y la aplicación en una empresa local” Quito, 2007. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico,

Carrera de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional. Disponible en Repositorio digital EPN: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/819>

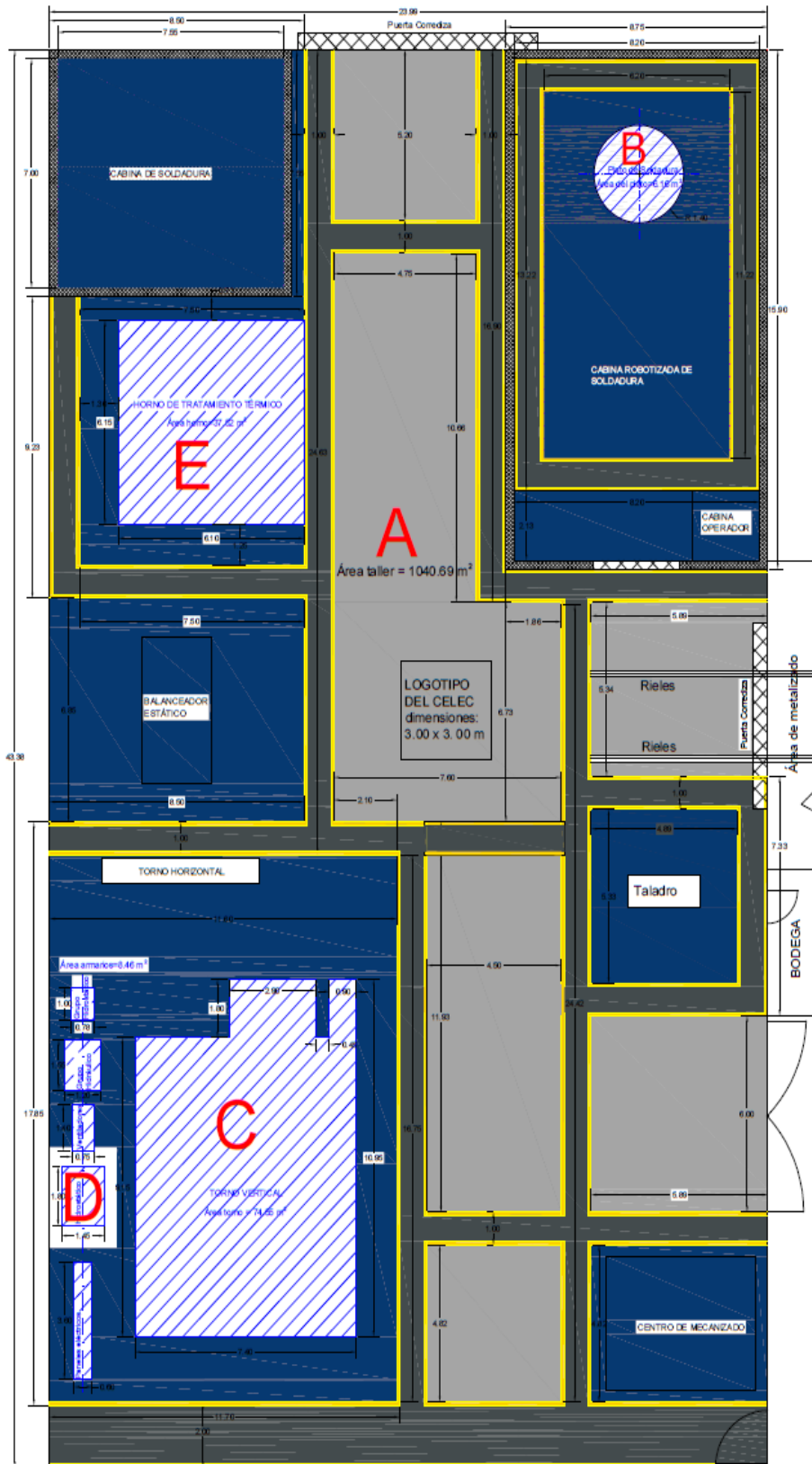
[15] www.multipapel.com/subfamilia-buzon.htm. Visitado el 30 de enero de 2016 a las 13:05

[16] Bost Machine Tools Company S.L.U. *Manual Original de instrucciones máquina SMART 50 CH-4000*. Versión 1.0 14.1.2014 Asteasu: BOST 2014.

[17] F. Chicaiza, *Análisis del estado actual de las máquinas de la empresa MADEARQ S.A. del catón Ambato y su incidencia en la confiabilidad*. Ambato: 2016. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Carrera de Ingeniería Mecánica, Universidad Técnica de Ambato.

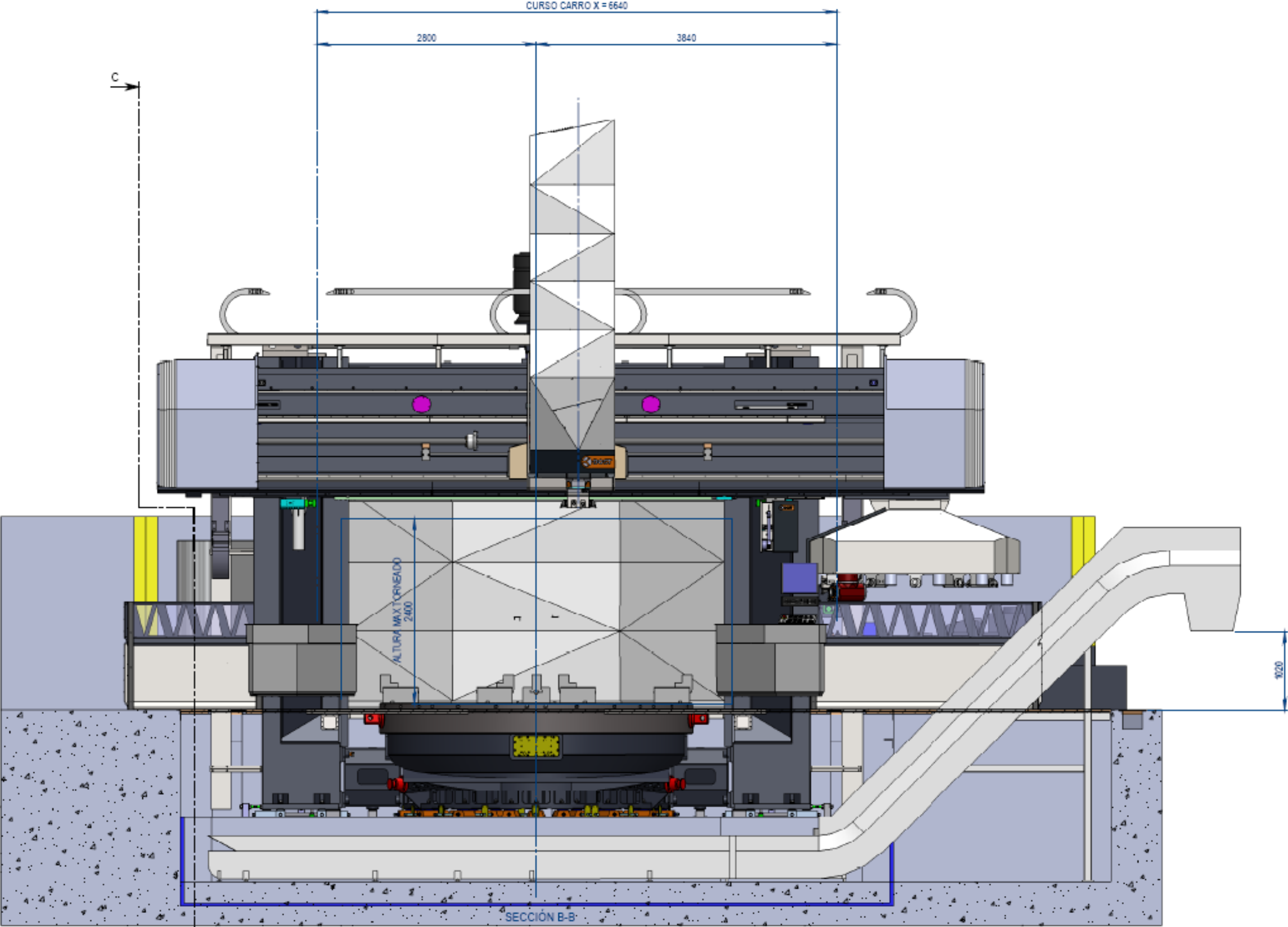
ANEXOS

ANEXO A. ESQUEMA DE LA NAVE INDUSTRIAL DEL CIRT

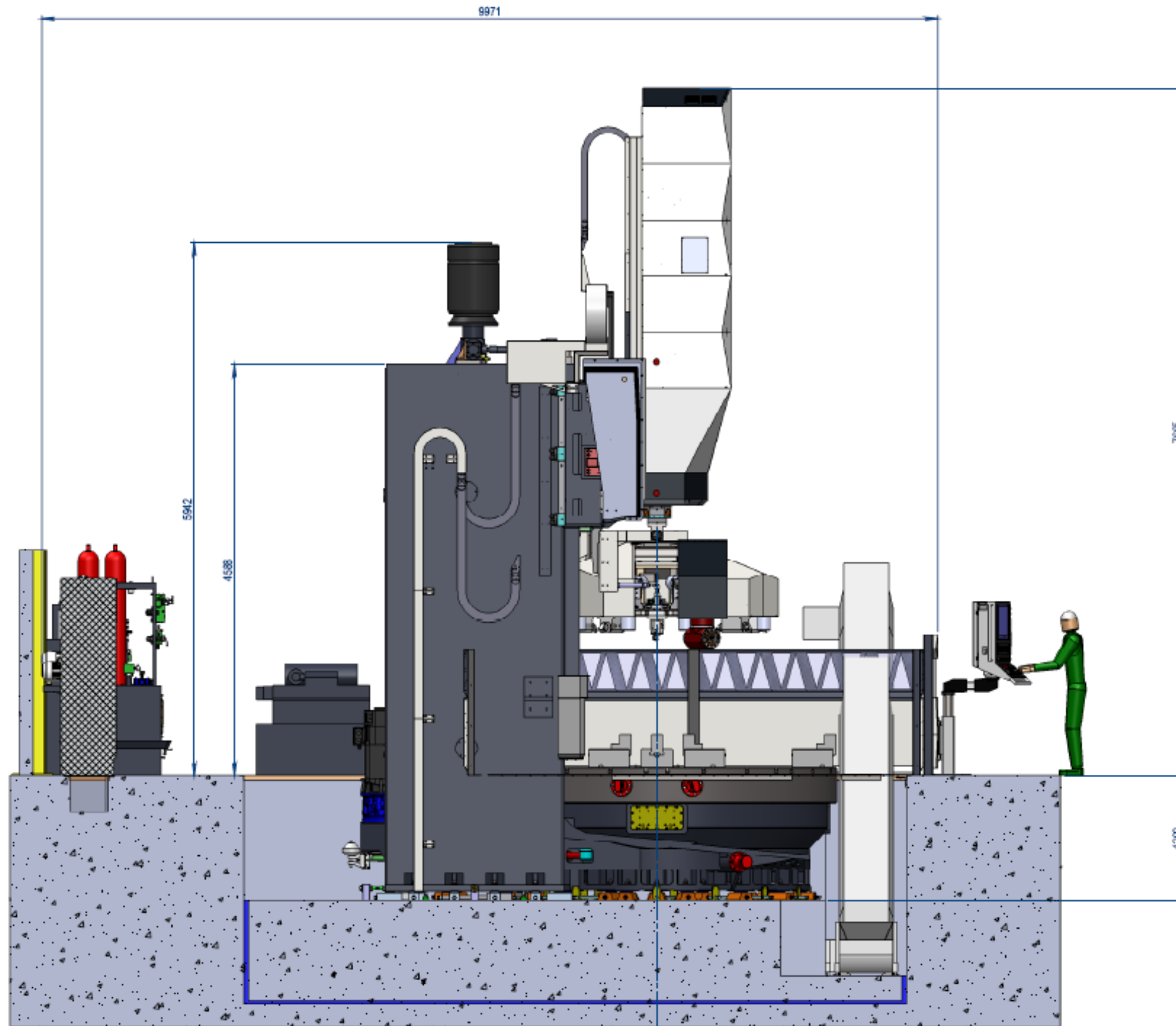


	Descripción	Valor
A	Área total de la nave industrial	1040.69 m ²
B	Área del plato de soldadura robotizada	6.16 m ²
C	Área de cimentación del torno	74.55 m ²
D	Área de los armarios y paneles eléctricos y mecánicos del torno	8.46 m ²
E	Área del horno de tratamiento térmico	37.52 m ²
F	Área de las gradas	8.00 m ²

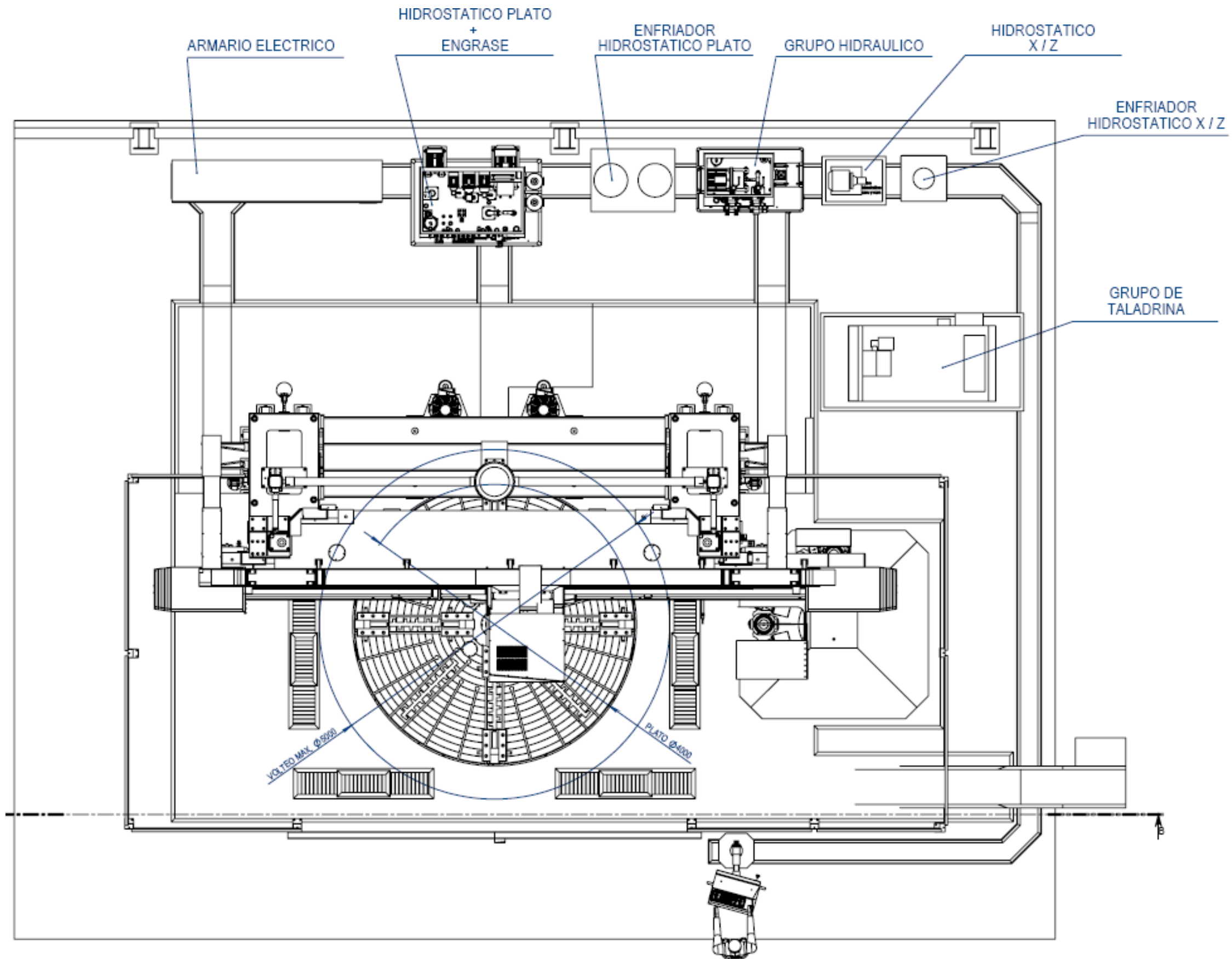
ANEXO B. DIMENSIONES DEL TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000



Fuente: [14] Bost Machine Tools Company S.L.U. Manual Original de instrucciones máquina SMART 50 CH-4000. Versión 1.0 14.1.2014 Asteasu: BOST 2014, pp. 8



Fuente: [14] Bost Machine Tools Company S.L.U. Manual Original de instrucciones máquina SMART 50 CH-4000. Versión 1.0 14.1.2014 Asteasu: BOST 2014, pp. 9

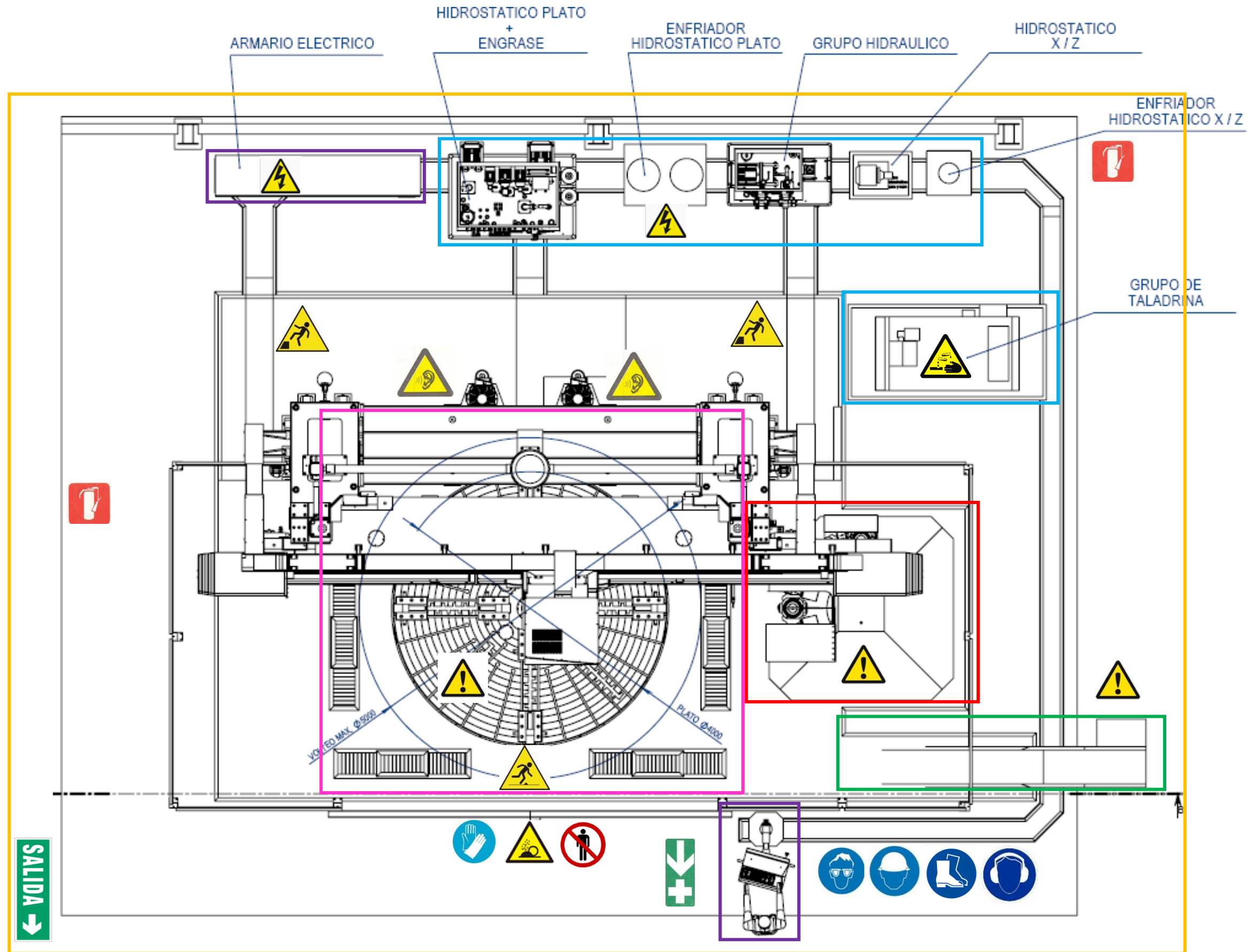


Fuente: [14] Bost Machine Tools Company S.L.U. Manual Original de instrucciones máquina SMART 50 CH-4000. Versión 1.0 14.1.2014 Asteasu: BOST 2014, pp. 10

ANEXO C. MAPA DE RIESGOS DEL TORNO VERTICAL BOST CNC SMART 50CH-4000

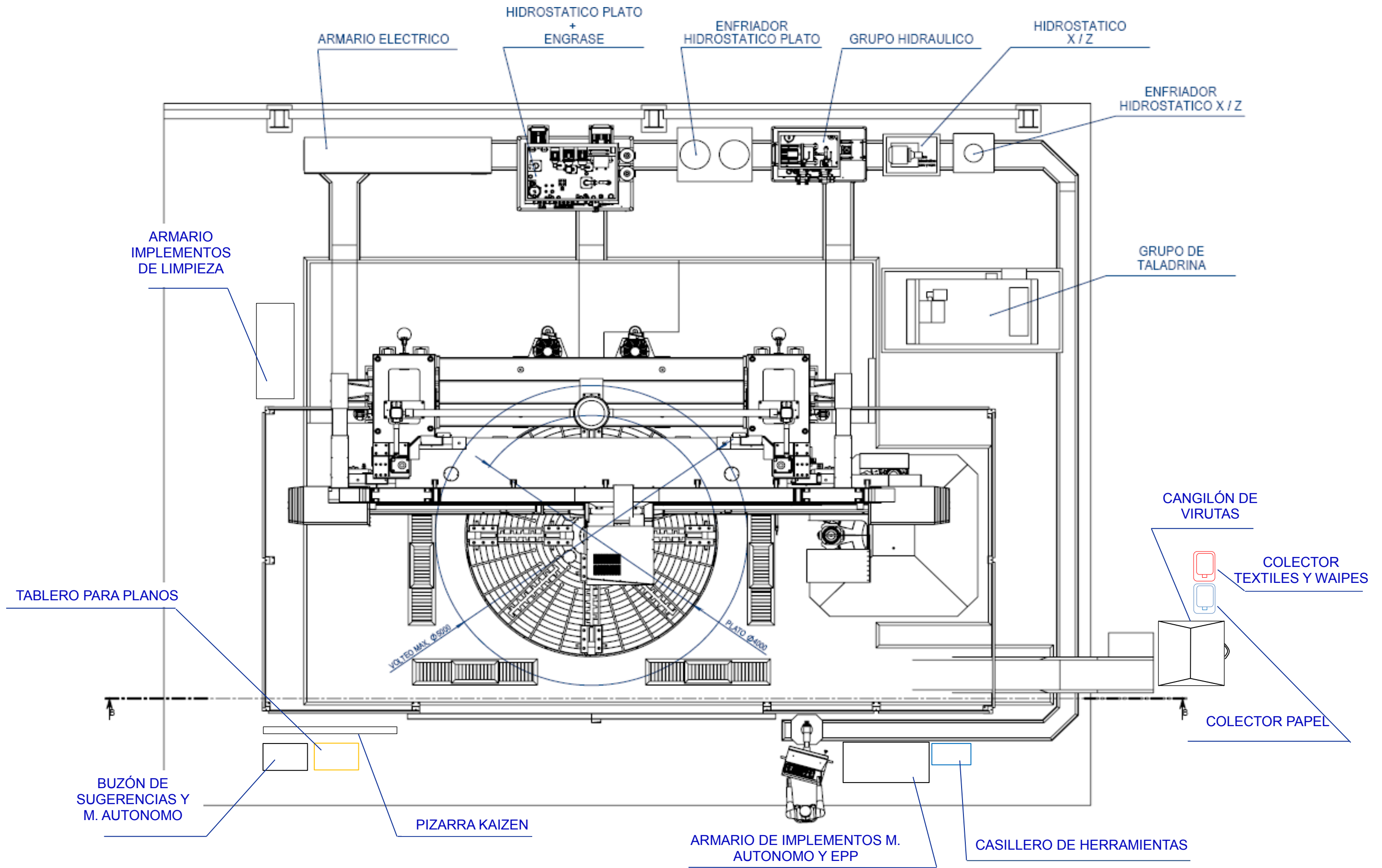
Zonas de peligro identificadas	
Zona	Denominación
A	Entorno
B	Almacén de herramientas
D	Extractor de Virutas
E	Zona de mecanizado
F	Equipo eléctrico y puesto de mando
G	Equipo neumático e hidrostático, lubricación, refrigeración

Señalización	
Señal	Significado
	Solo personal autorizado
	Prohibido Celulares
	Prohibido Fumar
	Tener cuidado
	Peligro caídas a desnivel
	Ruido excesivo
	Agentes corrosivos
	Peligro eléctrico
	Peligro proyección de partículas
	Peligro de caída al mismo nivel
	Obligación de usar protección visual
	Obligación de usar protección para la cabeza
	Obligación de usar protección para los pies
	Obligación de usar protección auditiva
	Obligación de usar guantes
	Extintor
	Dirección de primeros auxilios
	Dirección de Salida



Fuente: [Autor]

ANEXO D. ESQUEMA DE UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL TPM



ANEXO F. INFORME PROYECTO CIRT16-SFO-TH-008



SEGUIMIENTO Y CONTROL DE HORAS

PROYECTO CIRT16-SFO-TH-008



RECUPERACIÓN Y MANUFACTURA		
Nombre de tarea	Duración	% avance
INICIO	16,41 días	
RECEPCIÓN E INSPECCIÓN	0,29 días	100%
Limpieza	2 horas	100%
Localizar agujeros de pernos de cabeza allen en AFDI y quitar tapas	4 horas	100%
Inspección inicial QA/QC	1 hora	100%
MECANIZADO PARA DESMONTAJE DE AFDI	1,92 días	100%
Centrado	4 horas	100%
Fresado para desmontaje de AFDI	3 horas	100%
Retirar AFDI	3 horas	100%
Verificación dimensional de alojamiento de anillo	1 hora	100%
Ranurado de sector Circular de alojamiento del AFDI	36 horas	100%
Desmontaje tapa del torno vertical	1 hora	100%
SOLDADURA	9,2 días	100%
Pulido y Soldadura en 20 agujeros de bujes de álabes directrices	88	100%
Preparación y ajustaje de placas	1 hora	100%
Soldar placas	20 horas	100%
Soldadura del tope inferior de AFDI	12 horas	100%
Soldadura borde de AFD	8 horas	100%
Pulido de recubrimiento borde interno placa de desgaste	18 horas	100%
Soldadura de recubrimiento borde interno placa de desgaste	72 horas	100%
Inspección de Soldadura QA/QC	2 horas	100%
MECANIZADO TORNO VERTICAL	4,63 días	20%
Centrado	6 horas	100%
Mandrinado agujeros de bujes de álabes directrices	84 horas	100%
Torneado de base de alojamiento del AFDI	18 horas	0%
Control dimensional	2 horas	0%
Retirar tapa inferior de turbina del torno	1 hora	0%
Mecanizado de recubrimiento borde interno placa de desgaste	32 horas	20%
MONTAJE AFDI	0,33 días	0%
Ubicación y ajuste con pernos	3 horas	0%
Soldadura y pulido de tapas	5 horas	0%
LAZAJE DE TAPA EN TRANSPORTE	0,04 días	0%
Lazaje de tapa en plataforma de transporte	1 hora	0%
ACTIVIDADES ADICIONALES	TOTAL AVANCE	53%

Fecha de inicio: 14/jul/2016

Fecha de actualización: 26/jul/2016

Elaborado por: Marco Zabala

ANEXO G. FOTOGRAFÍAS APLICACIÓN 5S, SEGURIDAD E H. AMBIENTAL

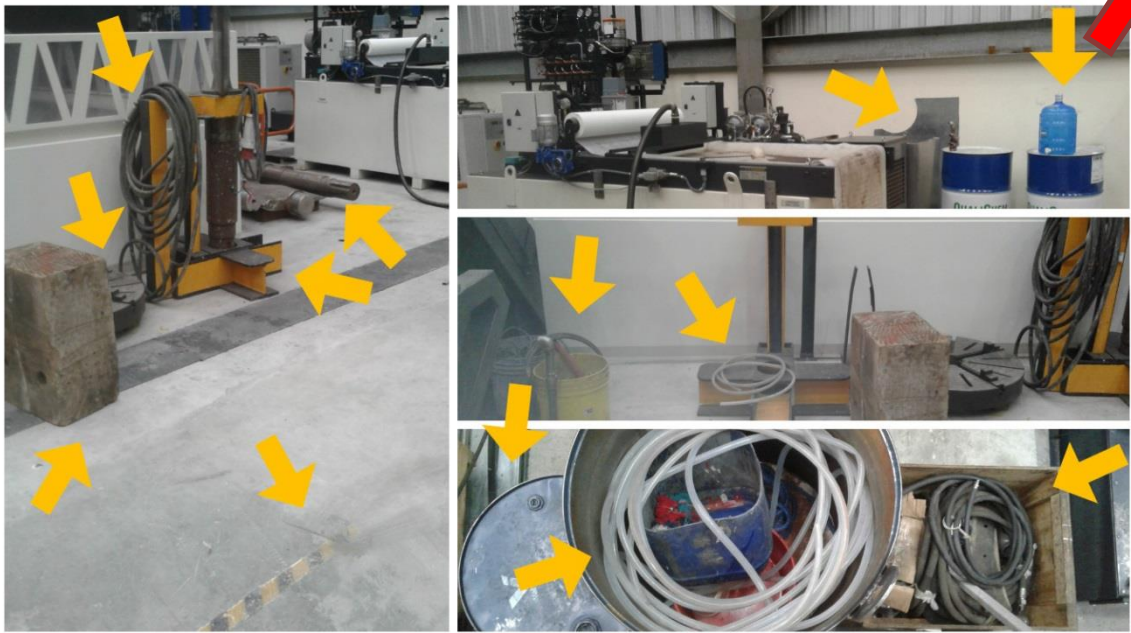
IDENTIFICACIÓN SEIRI:



Fuente: [Autor]



Fuente: [Autor]

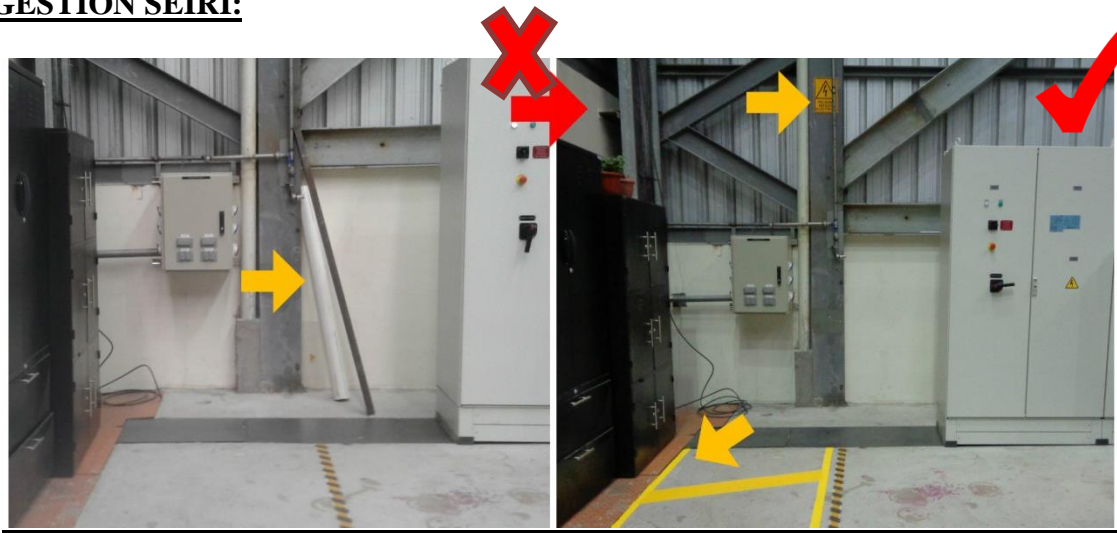


Fuente: [Autor]



Fuente: [Autor]

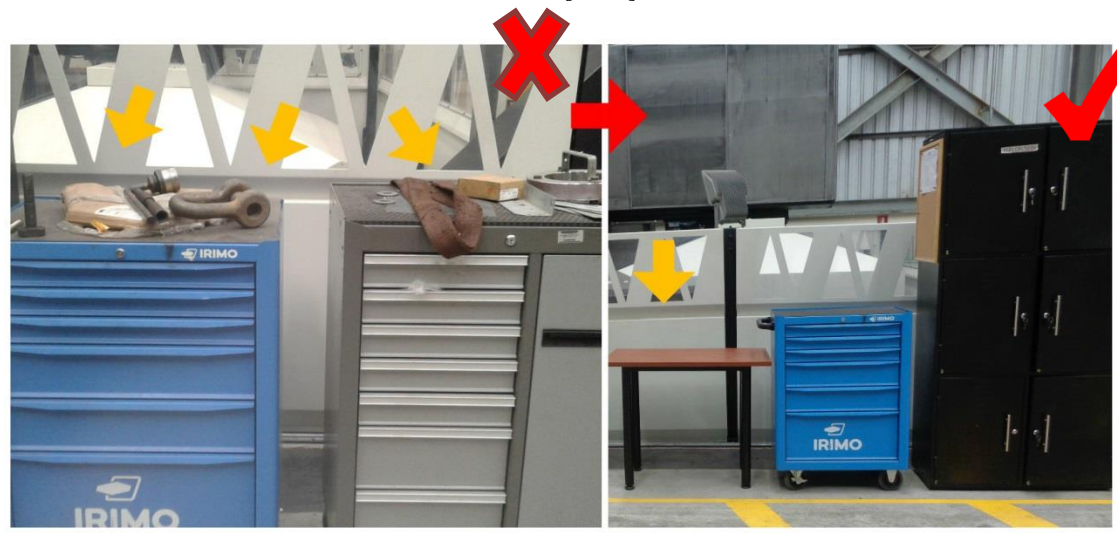
GESTIÓN SEIRI:



Fuente: [Autor]

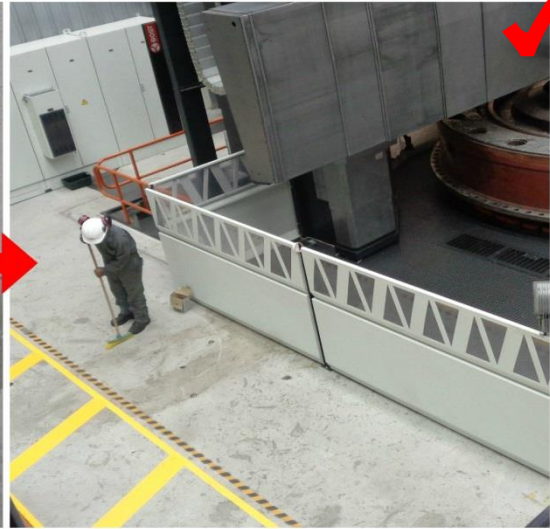
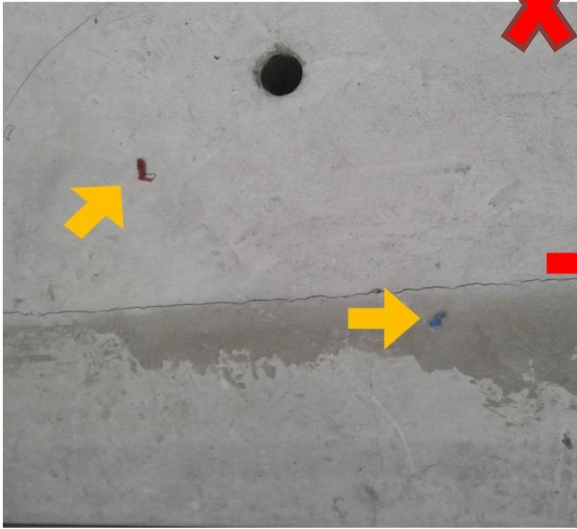


Fuente: [Autor]



Fuente: [Autor]

SEITON:



Fuente: [Autor]



Fuente: [Autor]



Fuente: [Autor]

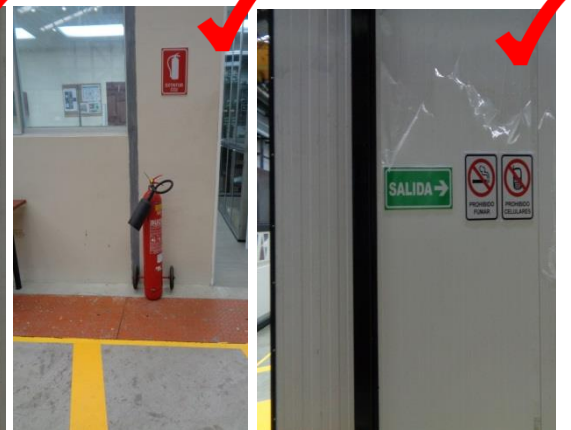
RESPECTO POR LA SEGURIDAD INDUSTRIAL :



Fuente: [Autor]



Fuente: [Autor]



Fuente: [Autor]

FOTOGRAFÍAS:



Fuente: [Autor]



Fuente: [Autor]

Acceptance conditions for vertical turning and boring lathes with one or two columns and a single fixed or movable table — General introduction and testing of the accuracy

1 Scope and field of application

This International Standard defines machining operations on vertical turning and boring lathes with one or two columns and a single fixed or movable table. It defines and summarizes the different types of machines and establishes a glossary for the various types of machine tool. It indicates, with reference to ISO 230/1, both geometrical and practical tests for such vertical lathes, and gives the corresponding permissible deviations for general purpose use machines of normal accuracy.

NOTE — In addition to terms used in the three official ISO languages (English, French and Russian), this International Standard gives the equivalent terms in German, Italian and Swedish; these have been included at the request of Technical Committee ISO/TC 39 and are published under the responsibility of the member bodies for Germany F.R. (DIN), Italy (UNI) and Sweden (SIS). However, only the terms given in the official languages can be considered as ISO terms.

It deals only with the verification of accuracy of the machines. It does not apply to the running of the machine (vibrations, abnormal noises, stick-slip motion of components, etc.) or to machine characteristics (speeds, feeds, etc.), which should generally be checked before testing accuracy.

2 References

ISO 230/1, *Machine tools — Acceptance code for machine tools — Part 1: Geometric accuracy of the machine operating under no load or finishing conditions.*

ISO 841, *Numerical control of machines — Axis and motion nomenclature.*

ISO 1101, *Technical drawings — Geometrical tolerancing — Tolerancing of form, orientation, location and run-out — Generalities, definitions, symbols, indications on drawings.*

3 Definitions of the machining operations carried out on these machines

3.1 Turning operations

Turning consists of machining of internal or external, cylindrical or conical or other revolving surfaces by means of one or more single point cutting tools.

3.2 Facing operations

A vertical turning and boring lathe can also be used for machining flat surfaces, perpendicular to the axis of rotation of the table. This operation is called facing.

3.3 Threading operations

Threads of given pitches are machined on external or internal cylindrical surfaces by means of special thread form cutting tools.

3.4 Scroll cutting operations

Scroll (Archimedean spiral) cutting is the machining of spiral grooves in a surface perpendicular to the axis of rotation of the table.

4 Definition and description of the various types

The common characteristic of all vertical turning and boring lathes is that they have at least one circular table which revolves on a fixed or movable base. The axis of rotation of the table is vertical and the horizontal surface is used as a location face for workpiece location fixtures.

These machines fall into two categories characterized by type, i.e.:

- vertical turning and boring lathes with a single column;
- vertical turning and boring lathes with two columns.

In addition, in the machines of the first category or "single column lathes", there are machines with:

- fixed column and fixed table;
- fixed column and movable table;
- movable column and fixed table.

Machines of the second category or "lathes with two columns" can be sub-divided into:

- machines with fixed columns and fixed table;
- machines with movable columns and fixed table;
- machines with fixed columns and movable table.

4.1 Vertical lathes with a single column (see 7.1)

This configuration relates to machines of small to medium capacity having a table diameter of between 630 and 2 500 mm (25 and 100 in) for machines with a fixed table, and of between 1 600 and 10 000 mm (63 and 400 in) for machines with a movable table or column.

4.1.1 Base, table, table support, column

For single column machines the table is supported by a base to which the column is rigidly attached. In certain cases the base and column are integral. In the case of machines with a movable table the word "bed" can be substituted for the word "base".

The table support consists of the base of the machine including the table drive and gear-box.

The table axis and the column slideways are located in parallel vertical planes.

4.1.2 Rail, side head and rams

The rail is an element the main slideways of which are perpendicular to the column slideways. It can be either fixed or movable. If the rail is fixed, it is rigidly connected to the column or in certain cases integral with the column; if movable, it slides along the vertical slideways of the column which are parallel to the table axis.

The rail has horizontal slideways on which either one or two railheads move.

These railheads carry a ram or a slide with vertical or inclined movement and on which a toolholder or turret is mounted.

In certain cases, the machine may have an additional head called a side head. This head is mounted at the side of the table and is guided by vertical slideways which are parallel to the rail vertical movement. It has a ram fitted with a toolholder or turret and has horizontal or inclined movement.

4.1.3 Cutting and feed movements

The cutting movement is generated by the table.

The machine can be fitted with the following feed movements:

- horizontal movement of the railhead or heads along the rail;
- vertical or inclined movement of the railhead ram or rams;

- vertical movement of the side head;
- horizontal or inclined movement of the side head ram.

These movements also generally have a "rapid traverse".

The vertical movement of the rail and, where applicable, the table or column movement on the bed, are only positioning movements and not feed movements.

$\phi = 4m$

4.2 Vertical lathes with two columns (see 7.2)

This configuration relates to machines with a large capacity having a table diameter of greater than 1 600 or 2 000 mm (72 or 80 in).

For this type of machine the table is supported by the base, which is rigidly attached to the right- and left-hand columns.

At their upper end the columns are connected by a solid member called the bridge. The upper part of the machine can have a front cover for aesthetic reasons.

4.2.1 Rail, railheads and rams

Vertical turning and boring lathes having two columns, with the exception of specially adapted machines, always have a rail which can be moved vertically.

The rail has horizontal slideways on which one or two railheads move.

The railheads carry a ram or slide with vertical or inclined movement, and on which a toolholder or turret is mounted.

In the case of a rail with two railheads, these are called the right- and left-hand railheads with respect to an operator standing in front of the machine.

In certain cases the machine can have a side head placed on the right-hand column and guided by vertical slideways parallel to the rail vertical movement. The side head ram may have horizontal or inclined movement. The side head may be fitted with a toolholder or turret.

4.2.2 Cutting and feed movements

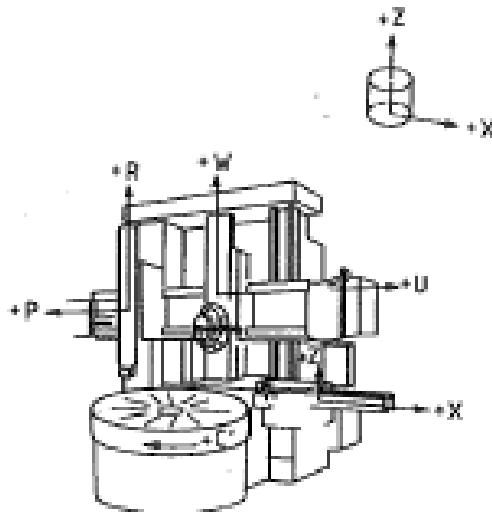
The cutting movement is generated by the table. The machine may have the following feed movements:

- horizontal movement of the two railheads along the rail;
- vertical or inclined movement of the railhead ram or slide;
- horizontal or inclined movement of the side head ram;
- vertical movement of the side head.

The movements are also generally capable of "rapid traverse".

The vertical movement of the rail and, where applicable, the movement of the column on the base, are only positioning movements and are not feed movements.

4.3 Designation of axes



5 Preliminary remarks

5.1 In this International Standard, all dimensions and tolerances are expressed in millimetres and inches.

5.2 To apply this International Standard, reference should be made to ISO 230/1, especially for installation of the machine before testing, warming up of spindles and other moving parts, description of measuring methods and recommended accuracy of testing equipment.

5.3 The sequence in which the geometrical tests are given is related to the sub-assemblies of the machine and this in no way defines the practical order of testing. In order to make the mounting of instruments or gauging easier, tests may be applied in any order.

5.4 When inspecting a machine, it is not always necessary to carry out all the tests given in this International Standard. It is up to the user to choose, in agreement with the manufacturer, those relating to the properties which are of interest to him, but these tests are to be clearly stated when ordering a machine.

5.5 The practical tests shall be made with finishing cuts and not with roughing cuts which are liable to generate appreciable cutting forces.

5.6 When establishing the tolerance for a measuring range different from that given in this International Standard (see 2.311 in ISO 230/1) it should be borne in mind that the minimum tolerance value is 0,005 mm (0,000 2 in) for geometrical and practical tests.

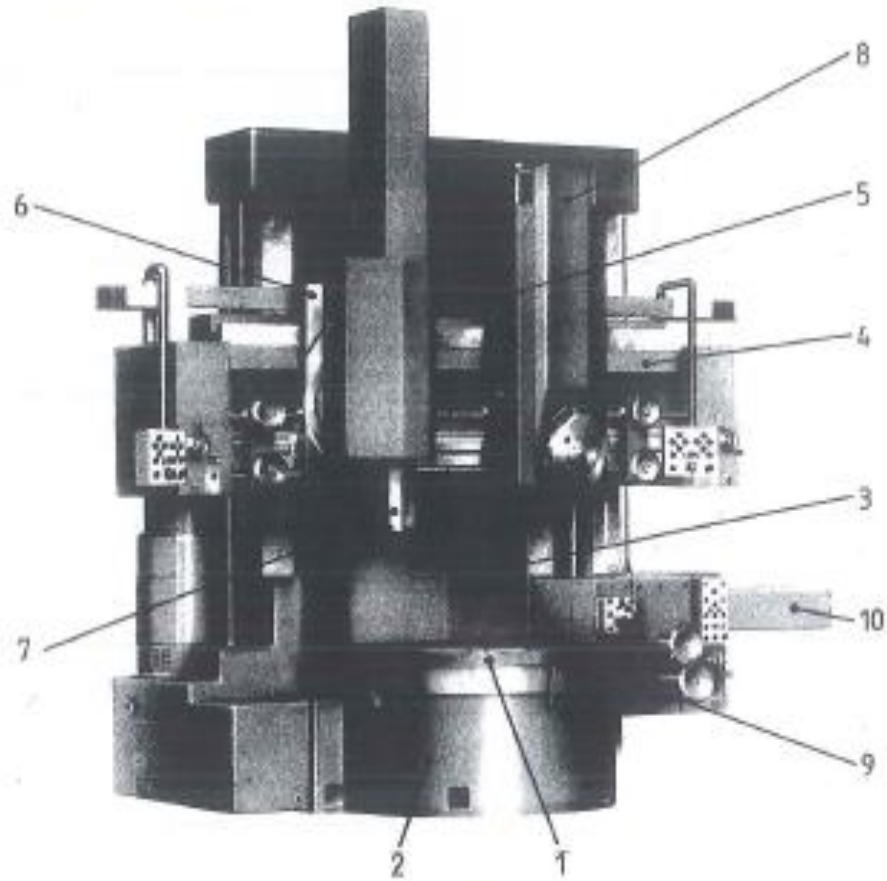
5.7 For table or movable column machines, tests shall be carried out setting the column as near as possible to the axis of rotation of the table.

6 Diagrams

For reasons of simplicity, diagrams in this International Standard illustrate only typical designs of machines.

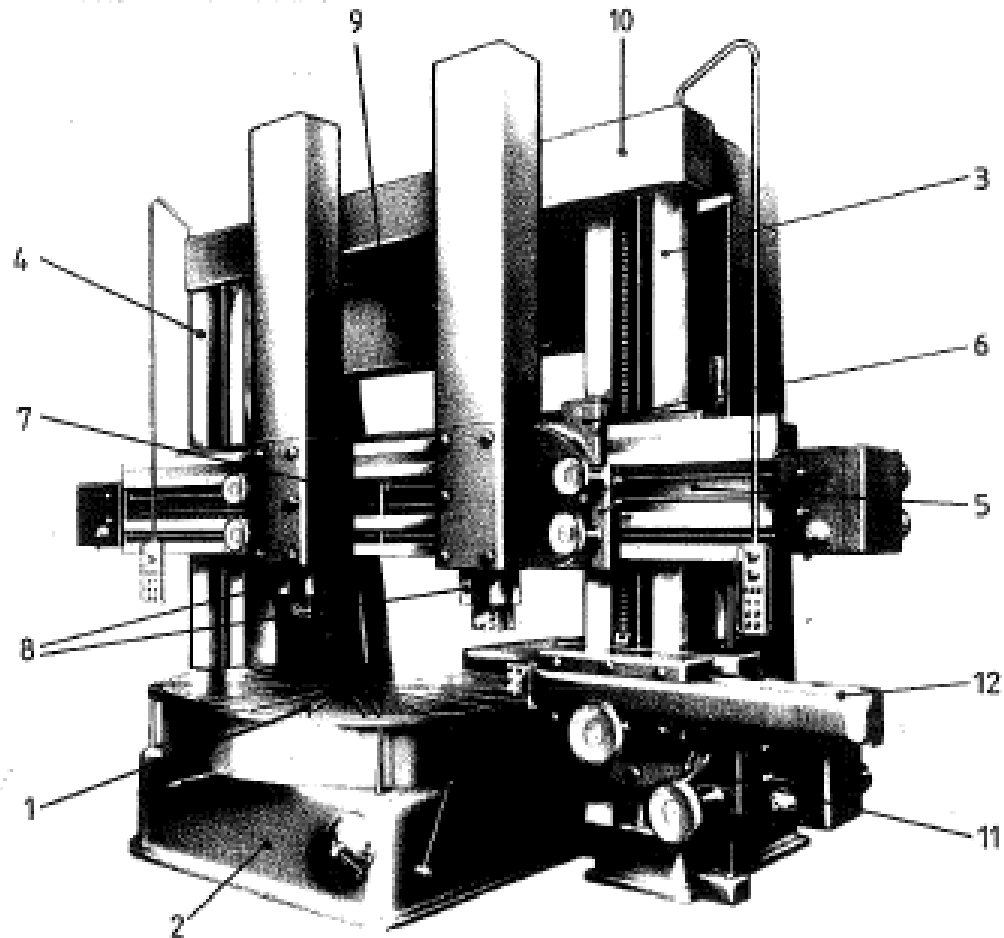
7 Nomenclature

7.1 Vertical lathes with a single column



Reference	Designation					
	English	French	Russian	German	Italian	Swedish
1	Table	Plaque	плашакла	Planschelbe	Tavole	Bord
2	Base	Socket	основание	Unteratz	Basamento	Bädd
3	Column	Montant	столба	Ständer	Montante	Pelare
4	Rad	Tirovite	ролики	Quarballen	Traversa mobile	Tvårbak
5	Turret railhead	Chariot de tourelle	эсприонарнй сымнар правай (с пестраепап- ной тавелай)	Revolverupport	Slitta orizzontale del carrello destro di traversa (a tornata)	Revolverupport
6	Railhead	Chariot de traverse	эсприонарнй сымнар левай (с пестраепап- ной тавелай)	Meisselschieber- Support	Slitta orizzontale del carrello sinistro di traversa	Mejselstøppor
7	Railhead ram	Coulant du chariot de traverse	наган	Meisselschieber	Slitta verticale	Mejselrid
8	Turret slide	Coulisse de tourelle	наган прапра сымнара (с пестраепап- ной тавелай)	Revolverstieber	Slitta verticale con tornata	Revolverrid
9	Side head	Chariot latéral	боксовй сымнар	Seiten-Support	Slitta verticale del carrello di montante	Sidosupport
10	Side head ram	Coulant du chariot latéral	наган боксово сымнара	Seiten-support- Schieber	Slitta orizzontale	Sidosupportrid

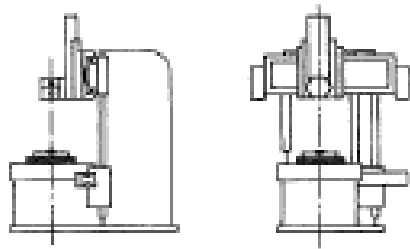
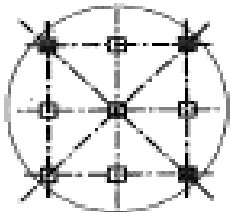
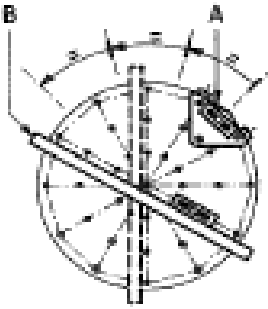
7.2 Vertical lathes with two columns



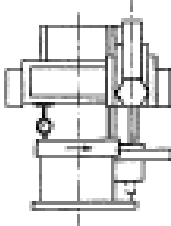
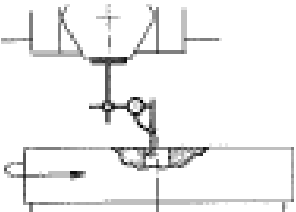
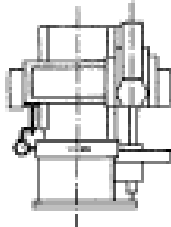
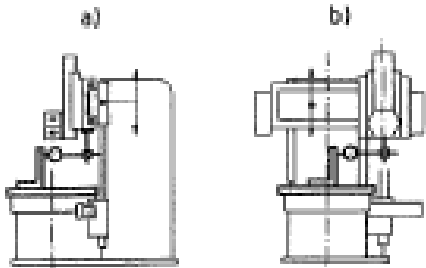
Reference	Designation					
	English	French	Russian	German	Italian	Swedish
1	Table	Platseau	стол	Platzecke	Tavola	Bord
2	Base	Socle	основание	Unteratz	Basamento	Bädd
3	Right-hand column	Montant droit	справа колонна	Ständer rechts	Montante destro	Polare, höger
4	Left-hand column	Montant gauche	слева колонна	Ständer links	Montante sinistro	Polare, vänster
5	Roll	Traverse	поперечина (трaverse)	Querbalke	Traversa mobile	Tvärbalk
6	Railhead, right-hand	Chariot droit de traverse	правый цинтроп	Querbalke-Support rechts	Slitta orizzontale del carrello destro di traversa	Tvärbalksupport, höger
7	Railhead, left-hand	Chariot gauche de traverse	левый цинтроп	Querbalke-Support links	Slitta orizzontale del carrello sinistro di traversa	Tvärbalksupport, vänster
8	Railhead rim (either right or left)	Coulant du chariot de traverse (droit ou gauche)	ползунок (правый или левый)	Wechselständer (rechts oder links)	Slitta verticale	Wejsskåp, höger eller vänster
9	Bridge	Ensemble	рама	Traverse	Traversa fissa	Travers
10	Front cover	Fronton	передний щиток	Abdeckung	Frontone di copertura	Skydd
11	Side head	Chariot latéral	боковой цинтроп	Seiten-Support	Slitta verticale del carrello di montante	Sidosupport
12	Side head rim	Coulant du chariot latéral	боковой ползунок	Seiten-Support-Schieber	Slitta orizzontale del carrello di montante	Sidosupportskid

8 Acceptance conditions and permissible deviations

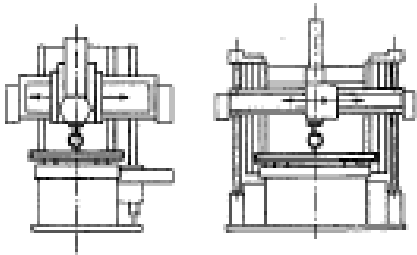
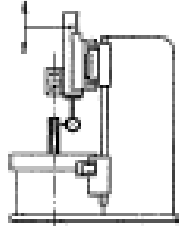
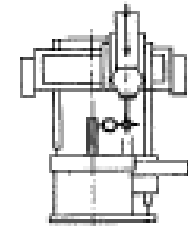
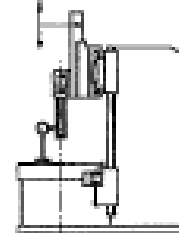
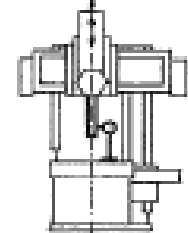
8.1 Geometrical tests

No.	Diagram	Object
G0		<p style="text-align: center;">A – Table</p> <p>Leveling</p>
G1	<p style="text-align: center;">a)</p>  <p style="text-align: center;">Alternative</p> <p style="text-align: center;">b)</p> 	<p>Verification of flatness of the table surface</p>

Permissible deviation		Measuring instruments	Observations and references to the ISO 230/1 test code
mm	in		
0,06/1 000	0,002 5/40	Straightedge and precision level	<p>Clause 3.11</p> <p>NOTE — For table dimensions greater than 1 000 mm (40 in) the number of positions for the level is to be agreed between the manufacturer and user. *</p>
<p>0,03</p> <p>for any measuring diameter up to</p> <p>1 000</p> <p>flat to concave</p> <p>For each 1 000 mm (40 in) increase in diameter add to the tolerance</p> <p>0,01 ± 0,05</p> <p>Local tolerance</p> <p>0,01</p> <p>over any measuring length of</p> <p>300</p>	<p>0,001 2</p> <p>40</p> <p>0,000 4</p> <p>0,000 4</p> <p>12</p>	<p>Straightedge and gauge blocks or precision level</p>	<p>a) Clause 5.322</p> <p>Alternative</p> <p>b) Clause 5.323</p> <p>Alternative test</p> <p>(Checking with the aid of level)</p> <p>1) Circular checking</p> <p>The level shall be placed on a support A having three bearing points on the table periphery. The support shall be moved to positions equally spaced along the table periphery.</p> <p>2) Radial checking</p> <p>The level shall be placed on the table and along a diametrical direction with the aid of a straightedge B.</p> <p>The level shall be moved at positions equally spaced along the straightedge.</p> <p>The procedure shall be repeated moving the straightedge according to the successive positions occupied by the support A.</p> <p>Subject to agreement between manufacturer and user, it is permissible to carry out diametrical checking only.</p>

No.	Diagram	Object
Q2		<p>Measurement of camming of the table surface when rotating.</p>
Q3		<p>Measurement of run-out of the table bore;</p>
		<p>or</p> <p>Measurement of run-out of the external cylindrical surface of the table (in the case of a table not having a central bore).</p>
Q4		<p>B — Rail and railhead</p> <p>Checking of squareness of the vertical slideways of the column to the table surface :</p> <p>a) in a plane perpendicular to the rail;</p> <p>b) in a plane parallel to the rail.</p>

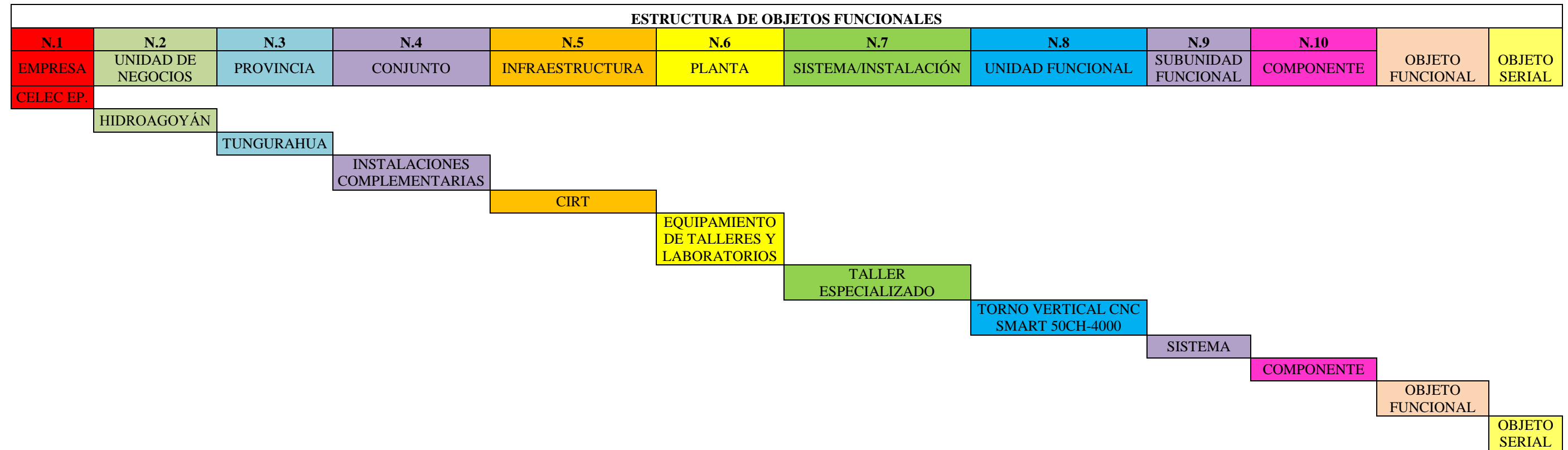
Permissible deviation		Measuring instruments	Observations and references to the ISO 230/1 test code
mm	in		
<p>0,02</p> <p>for a table diameter of:</p> <p>1 000</p> <p>For each 1 000 mm (40 in) increase in diameter add to the tolerance:</p> <p>0,01 $\approx 0,005$</p>	<p>0.000 8</p> <p>40</p> <p>0.000 4</p>	Dial gauge	<p>Clause 5.632</p> <p>The dial gauge shall be placed on a fixed part of the machine and shall be placed as near as possible to the table periphery and approximately 180° from the position occupied by the tool when the table was machined.</p> <p>Rail, railhead and slide locked in position.</p>
<p>0,02</p> <p>for a table diameter of:</p> <p>1 000</p> <p>For each 1 000 mm (40 in) increase in table diameter add to the tolerance:</p> <p>0,01 $\approx 0,005$</p>	<p>0.000 8</p> <p>40</p> <p>0.000 4</p>	Dial gauge	<p>Clauses 5.611.4 and 5.612.2</p> <p>The dial gauge shall be placed approximately 180° from the position occupied by the tool when the table was machined.</p> <p>Rail, railhead and slide locked in position.</p> <p>The dial gauge shall also be placed on a fixed part of the machine.</p>
<p>a) 0,06/1 000</p> <p>b) 0,04/1 000</p>	<p>a) 0.002 5/40</p> <p>b) 0.001 6/40</p>	Straightedge, square and dial gauge	<p>Clause 5.622.2</p> <p>Railhead and slide locked in position.</p> <p>The rail shall be locked on its column or columns before each measurement.</p> <p>The checking shall be carried out moving the rail successively in the upper position, mid-travel, and in the lower position.</p>

No.	Diagram	Object
G6		<p>Checking of parallelism of the movement of the railhead or railheads to the table surface.</p>
G6	<p>a)</p> 	<p>Checking of parallelism of the toolhead slide or slides movement to the axis of rotation of the table:</p> <p>a) in a plane perpendicular to the rail;</p> <p>b) in a plane parallel to the rail;</p>
	<p>b)</p> 	<p>or</p> <p>Checking of squareness of the toolhead slide or slides movement to the table surface:</p> <p>a) in a plane perpendicular to the rail;</p> <p>b) in a plane parallel to the rail.</p>
G7	<p>a)</p>  <p>b)</p> 	<p>C – Turned</p> <p>Checking of parallelism of the tools housing axes to the slide movement:</p> <p>a) in a plane perpendicular to the rail;</p> <p>b) in a plane parallel to the rail.</p>

Permissible deviation		Measuring instruments	Observations and references to the ISO 230/1 test code
mm	in		
a) without a height-correcting device: 0,03 for a 1 000 mm (40 in) travel b) with a height-correcting device: 0,02 for a 1 000 mm (40 in) travel		Straightedge, gauge blocks and dial gauge	Clause 5.422.22 — Rail and slide locked in position. — Checking shall be made by applying the dial gauge stylus on a straightedge laid parallel to the table surface.
a) 0,015 b) 0,01 for a measuring length of: 300			
a) 0,015 b) 0,01 for a measuring length of: 300		Straightedge, square and dial gauge	Clause 5.512.2 Rail and railheads locked in position.
a) 0,03 b) 0,02 for a measuring length of: 300		Test mandrel and gauge	Clause 5.422 These operations shall be repeated for each of the tool housings.

© 1986 by American National Standards Institute
 1100 North 17th Street, Washington, DC 20036

ANEXO J. ESTRUCTURA HOMOLOGADA DE OBJETOS FUNCIONALES Y SERIALES EN CELEC EP HIDROAGOYÁN



Fuente: [Autor]