

**INTEGRACIÓN DE LOS PROCESOS DEL DEPARTAMENTO DE
MANTENIMIENTO DE INDUSTRIAS LAVCO LTDA. CON LA GESTIÓN DE
ACTIVOS BAJO LA GUÍA DEL ESTÁNDAR PAS-55:2008**

JUAN IGNACIO VALDERRAMA RODRÍGUEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2013

**INTEGRACIÓN DE LOS PROCESOS DEL DEPARTAMENTO DE
MANTENIMIENTO DE INDUSTRIAS LAVCO LTDA. CON LA GESTIÓN DE
ACTIVOS BAJO LA GUÍA DEL ESTÁNDAR PAS-55:2008**

JUAN IGNACIO VALDERRAMA RODRÍGUEZ

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Mecánico

Director

ISNARDO GONZÁLEZ JAIMES

Ingeniero Mecánico

Co-director

FABIO ANDRÉS GONZÁLEZ

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2013

DEDICATORIA

A mis padres Pedro Antonio Valderrama y Cecilia Rodríguez, por su apoyo incondicional en todo momento, por los sacrificios y el esfuerzo tan grande que han hecho para que tenga una formación integral y un futuro prometedor; Pero más que todo doy gracias porque creyeron en mí anhelo de alcanzar el sueño de ser ingeniero.

A mis hermanas Sandra Rocío y Zulma Yised por su apoyo, paciencia y consejos en momentos difíciles.

*A mis sobrinos Leo y Manuel, porque ellos fueron motivo de inspiración.
A mis tíos, primos y compañeros que me brindaron su amor, calor de hogar y apoyo en momentos difíciles durante mi formación*

JUAN IGNACIO VALDERRAMA RODRÍGUEZ

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero ISNARDO GONZÁLEZ JAIMES, director del proyecto, gracias por su orientación, acompañamiento y disposición en la ejecución del proyecto.

Al ingeniero FABIO ANDRÉS GONZÁLEZ, codirector del proyecto, por la confianza depositada, respaldo e indicaciones para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco a Industrias LAVCO LTDA. Por el acompañamiento, enseñanza y la experiencia que son muy valiosas para mi desarrollo y aprendizaje como Ingeniero Mecánico.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.	21
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	23
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.	23
1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.	24
1.2.1 Objetivo general.	24
1.2.2 Objetivos específicos.	24
2. PRESENTACIÓN DE INDUSTRIAS LAVCO LTDA.	26
2.1 HISTORIA.	26
2.2 MISIÓN.	27
2.3 VISIÓN.	28
2.4 POLÍTICA Y OBJETIVO DE CALIDAD.	28
2.4.1 Política de Calidad. LAVCO LTDA.	28
2.4.2 Objetivo de Calidad.	28
2.5 ORGANIGRAMA.	29
2.6 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.	29
2.7 DISTRIBUCIÓN DE INDUSTRIAS LAVCO.	30
2.8 PRODUCTOS Y SERVICIOS OFRECIDOS POR LA EMPRESA.	30
2.8.1 Línea automotriz.	31
2.8.1.1 Línea de Camisas Secas para Motores a Gasolina y Diesel.	31
2.8.1.2 Línea de Camisas Húmedas para Motores a Gasolina.	32
2.8.1.3 Línea de Camisas Húmedas para Motores Diesel.	32
2.8.1.4 Línea de Bujes Centrifugados para Asientos de Válvulas.	33
2.8.2 línea industrial.	35
2.8.2.1 Línea de Camisas para Grandes Motores.	35
2.8.2.2 Línea de Servicios Especializados de Reparación de Compresores.	35

3. MARCO TEÓRICO.	35
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PROPUESTA DE LA NORMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS PAS-55.	38
3.2 PAS 55 CONCEPTOS Y DEFINICIONES DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS.	39
3.2.1 Gestión de Activos.	39
3.2.2 Objetivos de gestión de activos.	40
3.2.3 Desempeño de la gestión de activos.	40
3.2.4 Plan de gestión de activos.	41
3.2.5 Política de gestión de activos.	41
3.2.6 Estrategias de la gestión de activos.	41
3.2.7 Sistema de gestión de activos.	41
3.2.8 Ciclo de vida.	41
3.2.9 Plan estratégico organizacional.	42
3.3 TIPOS DE ACTIVOS.	42
3.4 NIVELES DE ACTIVOS Y SU GESTIÓN.	43
3.5 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS.	44
3.6 IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS.	45
3.7 ANÁLISIS DEL COSTO DEL CICLO DE VIDA.	46
3.8 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.	47
3.9 ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTO AMEF EN EQUIPOS.	50
3.10 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS.	50
3.11 INDICADORES DE CLASE MUNDIAL PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.	50
4. METODOLOGÍA EMPLEADA.	55
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE AL MODELO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.	57
4.1.1 Fase 1. Técnicas para definir la estrategia de gestión de mantenimiento.	58
4.1.2 Fase 2. Técnicas para jerarquizar los activos de producción.	58

4.1.3 Fase 3. Herramientas para eliminar los puntos débiles en equipos/sistemas de alto impacto.	59
4.1.4 Fase 4. Soporte para la correcta definición de un plan adecuado de mantenimiento preventivo.	60
4.1.5 Fase 5. Técnicas de optimización para la mejora de los programas de mantenimiento.	60
4.1.6 Fase 6. Control y supervisión de las operaciones de mantenimiento.	60
4.1.7 Fase 7. Instrumentos para análisis de costes de ciclo de vida del activo y para su control.	61
4.1.8 Fase 8. Técnicas para la mejora continua del mantenimiento.	62
4.2 INTEGRACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (MGM) DENTRO DE UN PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE STÁNDAR PAS 55. 2008.	62
5. DESARROLLO FASE 1 MODELO DEL PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.	67
5.1 DIAGNOSTICO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LAVCO LTDA.	67
5.1.1 Objetivo del Diagnóstico.	67
5.2. RESULTADOS DIAGNOSTICO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO EN INDUSTRIAS LAVCO LTDA.	68
5.2.1 Planeación estratégica del proceso de mantenimiento.	68
5.2.2 Establecimiento del plan de mantenimiento.	69
5.2.3 Gestión del mantenimiento.	73
5.2.4 Sistema de información de mantenimiento.	77
5.2.5 Estado general de equipos.	80
5.2.6 Análisis del área de mantenimiento.	82
6. DESARROLLO FASE 2 MODELO DEL PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (MGM).	85
6.1 JERARQUIZACIÓN DE LOS EQUIPOS SEGÚN LA IMPORTANCIA DE SU FUNCIÓN.	85

6.2 EJECUCIÓN DE LA FASE DOS.	85
7. DESARROLLO FASE 3 MODELO DEL PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (MGM).	91
7.1 ANÁLISIS DE PUNTOS DÉBILES EN EQUIPOS DE ALTO IMPACTO.	91
7.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS A ESTUDIAR.	91
7.2.1 Planta de fundición.	91
7.2.2 Equipos auxiliares.	92
7.2.3 Planta de mecanizado.	92
8. DESARROLLO FASE 4 MODELO DEL PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (MGM).	93
9. DESARROLLO FASE 5 Y 6 MODELO DEL PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (MGM) (CRESPO, 2007).	95
9.1 PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LA ASIGNACIÓN DE RECURSOS / EVALUACIÓN Y CONTROL DE LA EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO.	95
9.1.1 Análisis del desempeño del departamento de mantenimiento.	95
9.1.2 Metodología de trabajo para el año 2012.	101
9.1.3 Procedimiento para las solicitudes de mantenimiento.	102
9.2 PROPUESTA DE MEJORA.	103
10. DESARROLLO FASE 7 MODELO DEL PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (MGM).	108
10.1 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y DE LA POSIBLE RENOVACIÓN DE EQUIPOS.	108
10.2 PROCESO DE FABRICACIÓN Y APLICACIÓN DE LA PINTURA REFRACTARIA EN LA PLANTA DE FUNDICIÓN.	109
10.2.1 Adquisición del activo.	109

10.2.2 Utilización y operación del activo.	110
10.2.3 Mantenimiento del activo.	117
10.2.4 Renovación o desincorporación del activo.	120
10.3 SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.	160
10.3.1 ETAPAS Y DESARROLLO DEL PROYECTO DE AIRE COMPRIMIDO.	162
10.3.2 Antecedentes.	165
10.3.3 Adquisición del activo.	167
10.3.4 Utilización y operación del activo.	168
10.3.5 Mantenimiento del activo.	179
10.3.6 Renovación o desincorporación del activo.	184
10.4 PROYECTO BANDA TRANSPORTADORA.	216
10.4.1 Generalidades.	216
10.4.2 Metodología.	217
10.4.3 Parámetros requeridos.	221
10.4.4 Funcionamiento de la banda transportadora.	223
10.4.5 Especificaciones de la banda transportadora.	225
11. DESARROLLO FASE 8 MODELO DEL PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (MGM).	237
12. CONCLUSIONES.	241
13. BIBLIOGRAFIA	246
ANEXOS.	248

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Relación entre las fases del modelo de gestión de mantenimiento (MGM) propuesto y los requerimientos de la PAS 55 (López et al, 2011) (1/3)	63
Tabla 2. Relación entre las fases del modelo de gestión de mantenimiento (MGM) propuesto y los requerimientos de la PAS 55 (López et al, 2011) (2/3)	64
Tabla 3. Relación entre las fases del modelo de gestión de mantenimiento (MGM) propuesto y los requerimientos de la PAS 55 (López et al, 2011) (3/3)	65
Tabla 4. Factores ponderados considerados como criterio de evaluación.	86
Tabla 5. Equipos críticos bajo criterio propio de la gestión de mantenimiento	88
Tabla 6. Jerarquización de equipos de acuerdo a su nivel de criticidad.	89
Tabla 7. Costos de mantenimiento años 2011	96
Tabla 8. Costos de mantenimiento años 2012	96
Tabla 9. Análisis de mantenibilidad a los equipos de la planta de mecanizado	99
Tabla 10. Condición de los tanques existentes	109
Tabla 11. Costos de adquisición	109
Tabla 12. Características equipo F024 fabricado por industrias LAVCO	112
Tabla 13. Características equipo F025 fabricado por industrias LAVCO	112
Tabla 14. Costos de mantenimiento a través del ciclo de vida	119
Tabla 15. Fallos a lo largo de su ciclo de vida	120
Tabla 16. Resultados análisis de viscosidad	129
Tabla 17. Registros de inspección de acuerdo al diámetro del recipiente.	142
Tabla 18. Condición de los compresores existentes.	167
Tabla 19. Costos de adquisición de los equipos compresores	168
Tabla 20. Potencia de los compresores instalados en LAVCO	170
Tabla 21. Consumo en equipos de la planta de Fundición	171
Tabla 22. Consumo en equipos de la planta de Mecanizado	172
Tabla 23. Factor de simultaneidad	173
Tabla 24. Longitudes equivalentes para accesorios en m	175

Tabla 25. Costos de mantenimiento a través del ciclo de vida	182
Tabla 26. Fallas encontradas en los equipos compresores en todo su ciclo de servicio	183
Tabla 27. Tarifas de energía eléctrica de LAVCO para el año 2013	191
Tabla 28. Costos de energía en operación de compresores	192
Tabla 29. Costos por fugas	193
Tabla 30. Costos de consumo total de energía en la empresa	194
Tabla 31. Caída de presión en la red principal actual	197
Tabla 32. Caída de presión en la red principal con el cambio de tubería	197
Tabla 33. Oferta de la tubería para la red de aire comprimido	204
Tabla 34. Costo de la auditoria	208
Tabla 35. Oferta de compresores para la red de aire comprimido	214
Tabla 36. Costo del sistema a implementar	231
Tabla 37. Cantidad de piezas rechazadas por defectos	235
Tabla 38. Costo unitario de material procesado	235
Tabla 39. Costos por pérdidas en producto no conforme	236
Tabla 40. Metas de producción	236
Tabla 41. Incremento en las utilidades de la línea Renault y Diesel Húmeda	236
Tabla 42. Producción y nivel de rechazos de la empresa en el mes de enero del año 2013	237

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Industrias Lavco Ltda.	26
Figura 2. Organigrama Industrias Lavco Ltda.	29
Figura 3. Distribución de Industrias Lavco Ltda.	30
Figura 4. Camisa Seca Diesel	31
Figura 5. Camisa seca motor gasolina	32
Figura 6. Camisas Renault	32
Figura 7. Camisa húmeda motor diesel	33
Figura 8. Bujes Centrifugados	34
Figura 9. Insertos para asientos de válvulas motores a gas	34
Figura 10. Camisas para grandes motores	35
Figura 11. Motor estacionario reparado	36
Figura 12. Enfoque y contexto del negocio de PAS-55 en relación a la categoría de activos.	42
Figura 13. Niveles de la gestión de activos	43
Figura 14. Estructura de PAS 55-1:2008	44
Figura 15. Elementos de implementación de un sistema de gestión de activos	46
Figura 16. PAS 55 Costos en las etapas del ciclo de vida	47
Figura 17. Modelo del proceso de gestión del mantenimiento (MGM) (Crespo, 2007)	56
Figura 18. Ejemplo de técnicas de optimización para la toma de decisiones y sistemas de soporte para el MGM (Crespo, 2007)	57
Figura 19. Interfaz gráfica de SIIGO	74
Figura 20. Interfaz gráfica de SIIGO	75
Figura 21. Almacen de repuestos	76
Figura 22. Distribucion del almacen de Lavco.	77
Figura 23. Área de mantenimiento	83
Figura 24. Organigrama de mantenimiento	84

Figura 25. Matriz de criticidad	87
Figura 26. Pronostico de la carga de mantenimiento	94
Figura 27 . Disponibilidad de equipos año 2011	97
Figura 28. Disponibilidad de equipos año 2012	98
Figura 29. Confiabilidad de equipos en el año 2011	101
Figura 30. Metodología de mantenimiento	101
Figura 31. Procedimiento para trabajar las solicitudes de mantenimiento	103
Figura 32. Fabricación, aplicación y extracción de tubos centrifugados tanque F025	110
Figura 33. Tanque F024	111
Figura 34. Tanque F064	113
Figura 35. Recreacion aproximada del tanque F024 de la planta de fundición	114
Figura 36 . Proceso de agitación del recubrimiento refractario	115
Figura 37. Cargue del tanque F025 día de fundición	116
Figura 38. Interior del tanque F024 con ataques de corrosión y oxidación	117
Figura 39. Mantenimiento Tanque F024	118
Figura 40. Interior del tanque F024	118
Figura 41. Primera prueba para encontrar el valor de la densidad de la mezcla	122
Figura 42. Segunda prueba para encontrar el valor de la densidad de la mezcla	124
Figura 43. Tercera prueba para encontrar el valor de la densidad de la mezcla	125
Figura 44. Cuarta prueba para encontrar el valor de la densidad de la mezcla	126
Figura 45. Pruebas para encontrar el valor de la viscosidad del refractario	128
Figura 46. Tanque típico de proceso con agitación.	131
Figura 47. Tipo de impulsores más comunes	132
Figura 48. Impulsores y/o agitadores típicos	136
Figura 49. Agitación con dimensiones típicas	136
Figura 50. Flujo circulatorio y agitadores no centrados	137
Figura 51. Rodete con entrada lateral y sistema de placas deflectoras	137
Figura 52. Tubos de aspiración en un tanque con placas deflectoras (a) turbina; (b) hélice)	139

Figura 53. Primera propuesta del tanque agitador e inyector para el reubrimiento	149
Figura 54. Segunda propuesta del tanque agitador e inyector para el reubrimiento	151
Figura 55. Tercera propuesta del tanque agitador e inyector para el recubrimiento	153
Figura 56. Tanque propuesto para agitar el recubrimiento aislante de la planta de fundición.	156
Figura 57. Recipiente para la preparación del recubrimiento refractario.	158
Figura 58. Propuesta para reemplazar los recipientes existentes.	159
Figura 59. Gastos en una instalación de aire comprimido	166
Figura 60. Estado de la red de aire comprimido industrias LAVCO	169
Figura 61. Sistema de coquillas de la planta de fundición	178
Figura 62. Características técnicas de la bruñidora PETERSON	178
Figura 63. Tanque F064 fuga de aire en el perno de la tapa.	180
Figura 64. Manguera de limpieza torno CNC LEADWELL Fuga en acople	181
Figura 65. Enviciamiento de la tubería de aire comprimido	195
Figura 66. Trazado general de red de aire comprimido	196
Figura 67. Zoom de algunos detalle de la tubería de la red de aire	198
Figura 68. Nueva distribución de equipos en la planta de mecanizado	200
Figura 69. Ventajas y desventajas de materiales empleados en tuberías de aire comprimido	202
Figura 70. Tubería SmartPipe de KAESER	203
Figura 71. Nuevo tendido de la red para Industrias LAVCO	205
Figura 72. Perfiles de demanda de la red de aire comprimido producto de la auditoría	209
Figura 73. Dimensionamiento del depósito	211
Figura 74. Características del depósito de aire	212
Figura 75. Equipos compresores sugeridos para la red de aire de LAVCO	213
Figura 76. Especificaciones técnicas	214

Figura 77. Rectificado de camisas	218
Figura 78. Zona disponible de traslado de material para lavado marcado protección y empaque.	219
Figura 79. Consideraciones para el proceso de marcado de las camisas	220
Figura 80. Representación esquemática de la ubicación de las camisas en la banda	221
Figura 81. Sistema banda transportadora	224
Figura 82. Pprimera opcion contemplada	227
Figura 83. Primera opcion contemplada	228
Figura 84. Segunda opción contemplada	229
Figura 85. Elementos componentes del sistema	231

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Requisitos generales de la estructura de PAS-55	249
Anexo B. Documentación de la gestión de mantenimiento	257
Anexo C. Descripción, análisis y jerarquización de equipos de producción	275
Anexo D. Análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto	297
Anexo E. Evaluación, formulación y planteamiento de índices y procedimiento de control en las actividades de mantenimiento	302
Anexo F. Estandarización, Control, Optimización, Aplicación del recubrimiento refractario.	345
Anexo G. Evaluación, análisis e implementación del proceso de mejoramiento del sistema de aire comprimido	360

RESUMEN

TITULO:

INTEGRACIÓN DE LOS PROCESOS DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE INDUSTRIAS LAVCO LTDA. CON LA GESTIÓN DE ACTIVOS BAJO LA GUÍA DEL ESTÁNDAR PAS-55:2008¹

AUTOR:

JUAN IGNACIO VALDERRAMA RODRÍGUEZ**

PALABRAS CLAVE: Gestión de Activos, Integración de procesos de mantenimiento, Ciclo de vida de los activos físicos

DESCRIPCIÓN:

El interés de la implementación del proyecto surge como necesidad de la Gerencia de Industrias LAVCO LTDA., en su propósito de diseñar estrategias claras que le permitan dar un rumbo estratégico a la organización, haciendo uso eficiente de los recursos disponibles para generar un fortalecimiento empresarial; este proyecto tiene como objetivo facilitar soporte de ingeniería al departamento de mantenimiento en el gerenciamiento de los activos físicos a lo largo del ciclo de vida, como factor determinante en las estrategias de productividad y competitividad.

El desarrollo del proyecto esta soportado bajo los lineamientos mínimos indispensables establecidos por el British Standard Institute (BSI) PAS-55:2008, que presenta la visión que incorpora la gestión del activo durante su ciclo de vida y como esta a su vez es extremadamente beneficiosa para el mantenimiento del mismo, las actividades de prevención y corrección de fallos para la mejora y seguridad del funcionamiento de los activos físicos y los beneficios obtenidos por una acción conjunta del diseño, construcción, montaje, mantenimiento y reemplazo del activo.

Este proceso se ha estructurado en 8 fases de acuerdo a la guía del modelo de gestión de mantenimiento. Este proyecto permitió establecer una herramienta guía para el cuidado y manejo de los activos, la optimización de procesos de producción y la mejora en el desempeño de las actividades desarrolladas por el área de mantenimiento.

* Trabajo de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica. Directores: Isnardo González, Fabio González.

ABSTRACT

TITLE:

PROCESS INTEGRATION OF MAINTENANCE LAVCO INDUSTRIES LTDA. WITH ASSET MANAGEMENT UNDER THE STANDARD GUIDE PAS-55: 2008*

AUTOR: JUAN IGNACIO VALDERRAMA RODRÍGUEZ**

KEY WORDS: Asset Management, Maintenance Process integration, life cycle of physical assets

DESCRIPTION:

The interest of project implementation as need arises Industries Management LAVCO LTDA., In order to design strategies that allow light to give a strategic direction to the organization, making efficient use of available resources to generate a business strengthening; this project aims to provide engineering support to the maintenance department in the management of physical assets throughout the life cycle, as a factor in the productivity and competitiveness strategies.

Project development is supported under the indispensable minimum guidelines established by the British Standard Institute (BSI) PAS-55: 2008, which presents a vision that incorporates active management during its life cycle and how this in turn is extremely beneficial for its maintenance, the prevention and correction of faults to improve safety and performance of physical assets and the profits made by a joint action of the design, construction, installation, maintenance and asset replacement.

This process is structured in 8 phases according to the guidance of maintenance management model. This project enabled a guiding tool for the care and management of assets, optimization of production processes and improving the performance of the activities performed by the maintenance area.

* Draft Grade

** School of Physics and Mechanical Engineering, School of Mechanical Engineering. Directors: Isnardo González, Fabio González.

INTRODUCCIÓN

Las exigencias cada vez más urgentes de alcanzar competitividad hacen necesario reflexionar sobre la visión de las empresas hacia su entorno y la respuesta que estas adoptan para afrontar los desafíos presentes y futuros. Los mercados competitivos de la producción de componentes para motores de combustión interna, han sembrado en los fabricantes la importancia de gestionar nuevas ventajas sobre sus competidores, bajo esta premisa la economía globalizada está forzando a los productores a planear nuevas técnicas para mejorar el manejo de los activos de sus plantas, la toma de decisiones, y de esta manera idear la forma más rentable de operar eficaz y eficientemente su organización.

Actualmente el sector industrial nacional posee muy pocas empresas destinadas a la fabricación de camisas para motores y material centrifugado para el sector industrial (especialmente energético), es el caso de Industrias LAVCO una unidad productora destinada principalmente al sector automotor que ofrece una variedad de camisas de tipo húmeda y seca (Dry & Wet), fabricadas mediante el proceso de centrifugado que es reconocido mundialmente por ser el mejor método para la obtención de camisas de gran calidad y alto desempeño.

La principal meta de la gerencia de Industrias LAVCO es maximizar sus utilidades, y con el dinámico avance de la tecnología debe valerse del conocimiento y las herramientas apropiadas para su incorporación. El desarrollo de un gerenciamiento de mantenimiento, agrupa las actividades destinadas a mantener y realzar el valor del producto, mediante la aplicación de garantías, servicios técnicos y soporte en su fabricación, permite que los equipos alcancen buenos niveles de funcionamiento, determinando con anticipación cuando un equipo o sistema requiere cambio o mejora.

Los activos fijos son de gran importancia en términos monetarios como para la operación misma del negocio, representan al conjunto de servicios que se recibirán en el futuro a lo largo de su vida útil. Normalmente LAVCO tiene la necesidad de hacer inversiones de recursos significativos en este rubro. En el mundo globalizado de hoy en el que impera una alta competitividad, se hace necesario mantener las ventajas competitivas o reducir distancias con los competidores. Para ello la alternativa que se puede adoptar es la aplicación del Asset Management PAS-55 (gestión de activos). Este ente a nivel mundial provee las definiciones y los requerimientos para establecer y corroborar un sistema de gestión integrada y optimizada a lo largo del ciclo de vida para todo tipo de activo.

El estándar normativo PAS55 ha permitido desarrollar modelos integrales de gestión de activos con excelentes y comprobados resultados en grandes empresas a nivel mundial, tanto así que PAS55 se ha convertido en estándar internacional bajo la denominación de ISO 55000. El tema de gestión de activos es muy amplio ya que abarca temas desde las fases de investigación, diseño, compras, construcción, operación, mantenimiento y retiro de activos, involucra aspectos administrativos, técnicos financieros, análisis estadísticos, evaluación de riesgos, desempeño, seguridad industrial, aspectos ambientales, calidad. Para el fin del proyecto no es posible abarcar todas las fases en forma detallada, el análisis se concentrara en el cuidado y desempeño de los activos y sistemas de activos que van acordes al plan estratégico de la empresa.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

Industrias LAVCO depende de activos vitales para su negocio por lo que el área de mantenimiento tiene que desarrollar un papel crucial en la empresa, sin embargo es visto como un departamento ineficiente, el cual tiene la función de apagar incendios cuando se para la producción y hay daños graves en los equipos. El mantenimiento se encuentra enfocado en la aplicación de protocolos de mantenimiento correctivo, unido a modelos de chequeo periódicos insuficiente y programaciones deficientes, no hay estandarización en sus operaciones, uso de repuestos, etc.

El impacto financiero por el aumento del consumo de energía eléctrica, la generación de grandes cantidades de producto no conforme, el empleo de maquinaria y equipo optimo insuficiente, la existencia de maquinaria muerta que no aporta ningún valor a la empresa, deterioran sus procesos e instalaciones generando retos superiores a sus capacidades.

El motivo de implementar un sistema de gestión de activos nace como necesidad de la empresa para el aseguramiento de la calidad de los sus procesos productivos a través del mejoramiento y desempeño de las labores ejecutadas por el sistema de planeación, producción, control y mantenimiento, trayendo retos para la empresa que deben ser superados haciendo uso eficiente de los recursos de la empresa a través del conocimiento, innovación y la tecnología.

1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.2.1 Objetivo general

- ❖ Contribuir con el desarrollo de la misión de la universidad industrial de Santander que consiste en formar personas de alta calidad profesional, generando un acercamiento directo con Industrias LAVCO LTDA., al facilitar soporte de ingeniería al departamento de mantenimiento en el gerenciamiento de los activos físicos a lo largo del ciclo de vida, con el propósito de contribuir en el desarrollo de su plan estratégico organizacional.

1.2.2 Objetivos específicos

- ❖ Evaluar la condición actual de operación de los equipos que hacen parte del proceso productivo de la empresa.
- ❖ Recopilar información técnica del área de mantenimiento (fichas técnicas, hojas de vida y registros de mantenimiento de equipos); mediante los principales indicadores de la gestión de mantenimiento (disponibilidad, Confiabilidad, mantenibilidad, Costos por mantenimiento preventivo y correctivo) analizar su desempeño.
- ❖ Mediante el análisis de criticidad basado en el método de factores ponderados establecer en qué fase del ciclo de vida se encuentran y focalizar el estudio en los más críticos que sean de interés y prioridad para la empresa.
- ❖ Realizar un análisis modal de fallos y efecto (AMEF) en estos equipos para diagnosticar su causa y efectos, para establecer los controles necesarios.

- ❖ Analizar el ciclo de vida de estos activos para diagnosticar su aporte a la empresa y determinar su control correspondiente o desincorporación definitiva.
- ❖ Examinar las especificaciones contempladas del estándar PAS-55 para definir los requisitos mínimos indispensables para implementar una estrategia de gestión de activos de fácil comprensión y aplicación en los tópicos más críticos de la empresa que permita la transición del estado actual hacia el gerenciamiento de activos.

2. PRESENTACIÓN DE INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

2.1 HISTORIA.

INDUSTRIAS LAVCO LTDA., forma parte del conglomerado de unidades de producción que genera utilidades a través de la prestación de servicios y manufactura de productos destinados principalmente al sector automotor, constituida legalmente desde 1991 procedente de otra empresa anterior, denominada METCO (Metalurgia de Colombia, Ltda.).

Figura 1. Industrias Lavco Ltda.



Fuente: Industrias Lavco

Industrias LAVCO, es una organización ISO 9001:2008 dedicada a producir y comercializar camisas centrifugadas para motores y Barras o material centrifugado para el sector industrial, especialmente energético, y la comercialización de partes complementarias importadas. Una de sus fortalezas es su enorme facilidad para el desarrollo de productos especiales, sin limitantes de tamaño o especificación. Además realizan la reparación de cilindros compresores reciprocantes de varias etapas, para las cuales se fabrican igualmente las camisas respectivas para la realización de esa exigente tarea.

En Colombia es líder del mercado, y distribuye sus productos por todo el territorio nacional y en el exterior con una excelente red comercial. La organización ofrece una variedad de camisas de tipo húmeda y seca (Dry & Wet) fabricadas mediante el proceso de centrifugado que es reconocido mundialmente por ser el mejor método para la obtención de camisas de gran calidad y alto desempeño. Este proceso le da al metal propiedades especiales que lo hacen resistente a la abrasión y su estructura es la más apropiada para retener y conservar la película de lubricante. Las camisas fabricadas en LAVCO poseen una aleación especial con propiedades particulares que mejoran el desempeño en cuanto a resistencia al desgaste control de lubricación y transferencia de calor durante la operación del motor.

2.2 MISIÓN.

Somos una empresa industrial productora y comercializadora de partes para motor, proveedora de servicios de reparación y otros componentes internos relacionados directamente con el desempeño de motores y compresores. Contamos con clientes a nivel nacional e internacional en los segmentos de: Comercialización de partes, Talleres de Rectificación de Motores y Mecánica Industrial Diesel, así como organizaciones del sector Industrial y Energético que

son atendidas directamente o a través de sus respectivos proveedores de servicios.

2.3 VISIÓN

Ser un proveedor líder del mercado colombiano, reconocido en Latinoamérica, por la calidad de los productos fabricados y comercializados, así como un ofertante de servicios metalmecánicos consolidado en los sectores industriales y energéticos que cuente con aliados estratégicos a nivel nacional e internacional, de quienes recibamos inversión en transferencia de conocimiento, tecnología y capital.

2.4 POLÍTICA Y OBJETIVO DE CALIDAD

2.4.1 Política de Calidad. LAVCO LTDA. Tiene como Política de Calidad, la satisfacción de los requerimientos de sus clientes a nivel nacional e internacional. La política de calidad es divulgada por la Gerencia de la Organización a los integrantes de la empresa llevando a cabo reuniones permanentes de mejoramiento continuo y promoviendo cada una de las directrices que la componen.

2.4.2 Objetivo de Calidad. Para el logro de la Política de Calidad, nos apoyamos en el siguiente Objetivo:

- Alcanzar la excelencia, a través del establecimiento, gestión, logro y monitoreo de exigentes metas de productividad, tanto en los procesos operativos como administrativos y comerciales.

2.5 ORGANIGRAMA

Figura 2. Organigrama Industrias Lavco Ltda.



Fuente: Manual de Calidad de Industrias Lavco

2.6 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Sus instalaciones se encuentran ubicadas en la ciudad de Bucaramanga, Colombia. En sus más de 2.000 metros cuadrados de construcción funcionan los salones de fundición, mecanizado y oficinas administrativas.

Dirección: Kilómetro 4 de la Autopista Floridablanca-Piedecuesta.

Teléfonos: (57-7)6381921- 6395139 - 6397134

Fax:(57-7)6384993

Correo electrónico: info@lavco.com.co

Página web: www.lavco.com.co

2.7 DISTRIBUCIÓN DE INDUSTRIAS LAVCO

Lavco se desenvuelve dentro de la cadena del sector metalmeccánico, la cual se divide en dos grandes ramas, la Metalurgia y la Metalmeccánica, representando esta ultima el 71,6% de la producción.

Figura 3. Distribución de Industrias Lavco Ltda.



Fuente: Industrias Lavco

2.8 PRODUCTOS Y SERVICIOS OFRECIDOS POR LA EMPRESA

Las dos líneas principales de trabajo que maneja la empresa son: Línea automotriz y línea industrial.

2.8.1 Línea automotriz.

2.8.1.1 Línea de Camisas Secas para Motores a Gasolina y Diesel. Aplica para la totalidad de motores de automóviles y motocicletas, y compresores recíprocos.

❖ **Camisa Seca Motor Diesel.** Camisas tipo seca y Camisas con pestaña (ceja), para llamas, escalas, etc. Su aplicación es para motores diesel que no tienen refrigeración por agua directamente. Su entrega es semiterminado, o completamente terminadas siguiendo los requerimientos del cliente. No todas las referencias se fabrican por política interna de la empresa.

Figura 4. Camisa Seca Diesel



Fuente: Manual de calidad de Industrias LAVCO

❖ **Camisa Seca Motor Gasolina.** Las camisas se entregan con el diámetro exterior terminado y el diámetro interior semiterminado, la tolerancia que se deja normalmente en el interior es de 40 milésimas de pulgada (1mm).

Figura 5. Camisa seca motor gasolina



Fuente: Manual de calidad de Industrias LAVCO

2.8.1.2 Línea de Camisas Húmedas para Motores a Gasolina. Aplica para la fabricación de camisas para automóviles Renault. Se entregan completamente terminadas tanto en interior como en exterior y en sus caras planas. Se venden como piezas sueltas, o como suministro completo para juegos o “kits” de reparación

Figura 6. Camisas Renault



Fuente: Manual de calidad de Industrias LAVCO

2.8.1.3 Línea de Camisas Húmedas para Motores Diesel (Húmedas y Secas).

Aplica para la fabricación de camisas para todo tipo de vehículos movidos por motor Diesel y con refrigeración directa.

❖ **Camisa Húmeda Motor Diesel.** Este tipo de camisas son fabricadas principalmente para aplicaciones en motores Renault. Se entregan completamente terminadas tanto en interior como exterior y en sus caras planas. Se venden como piezas sueltas, o como suministro completo para juegos o “Kits” de reparación.

Figura 7. Camisa húmeda motor diesel



Fuente: Manual de calidad de Industrias LAVCO

2.8.1.4 Línea de Bujes Centrifugados para Asientos de Válvulas. Se suministran lingotes producidos directamente para trabajar en gasolina admisión y escape, diesel liviano en admisión y escape. Se comercializan además asientos sinterizados para Diesel Turbo y Gas.

❖ **Barras centrifugadas (Bujes/Lingotes).** Usado para la fabricación de asientos de válvulas. Su entrega es semiterminado en el interior y exterior de acuerdo con las medidas requeridas. La empresa produce dos tipos de barras,

normales para admisión de gasolina y Hipper para escape de gasolina y admisión y escape diesel. Las barras son producidas en hierro gris aleado de alta calidad, sometidas a centrifugación y pre mecanizadas en diámetros interior y exterior.

Figura 8. Bujes Centrifugados



Fuente: Manual de calidad de Industrias LAVCO

❖ **Insertos para asientos de válvulas motores a gas.** Este material reúne todas las especificaciones de alto desempeño para asientos de válvulas de vehículos a gas natural. Es un material avanzado en cuanto a tecnología de asientos de válvula. Los insertos para asientos de válvulas sinterizados SERIE DIAMANTE que distribuye para Colombia Industrias Lavco Ltda., son fabricados mediante el proceso de metalurgia de polvos cuya estructura está compuesta principalmente por carburo de tungsteno (aleación especial de uso en la industria aeroespacial).

Figura 9. Insertos para asientos de válvulas motores a gas



Fuente: Industrias Lavco

2.8.2 Línea industrial. Industrias LAVCO Ltda., posee la experiencia y la tecnología en la fabricación de camisas en fundición gris centrifugada para cualquier motor estacionario. LAVCO fabrica camisas y pistones (aluminio o hierro gris) de compresores y motores, incluyendo aquellos cuyos repuestos ya no se encuentren en el mercado.

2.8.2.1 Línea de Camisas para Grandes Motores. Se atienden compañías tan importantes como ECOPETROL, OXY y B.P. en varias referencias de camisas para grandes motores, y se han atendido clientes en el nicho de OEM, de gran relevancia en el ámbito mundial.

Figura 10. Camisas para grandes motores



Fuente: Manual de calidad de Industrias LAVCO

2.8.2.2 Línea de Servicios Especializados de Reparación de Cilindros Compresores. Se reparan cilindros compresores de diversas etapas, ya sea que esto incluya o no la fabricación de las camisas respectivas. Además se fabrican y/o reconstruyen partes relacionadas para los equipos de compresión en el sector Industrial.

Figura 11. Motor estacionario reparado



Fuente: Manual de calidad de Industrias LAVCO

3. MARCO TEÓRICO.

El proyecto presenta tópicos en la gestión de activos físicos, que se basan en el estado del arte de la industria, como lo es el estándar británico PAS-55. Este ente está siendo utilizado como una base por la Organización Internacional de Normalización (ISO), para la primera Norma Internacional de Gestión de Activos y será publicado en 3 partes: ISO 55000, ISO 55001 e ISO 55002. Los desarrollos ISO están ahora más o menos a mitad de camino a través de su ciclo de 3 años de desarrollo, y las nuevas normas se esperan publicar en 2014.

La ISO 5500x familia de normas consistirá de los siguientes:

- ❖ ISO 55000 proporcionará la información general, conceptos y terminología de gestión de activos.
- ❖ ISO 55001 se especifican los requisitos para un buen activo. Las prácticas de manejo – el sistema de gestión de activos (Nota: Esta no es una especificación para un sistema de gestión de información del activo, tal como un EAM o CMMS software de herramientas).
- ❖ ISO 55002 proporciona una interpretación y aplicación orientación para este tipo de Sistema de Gestión de Activos.

Esta familia de normas también se alinea y se integra con otros sistemas principales de gestión de especificaciones, por lo que un enfoque integrado se puede establecer para prácticas en todos los aspectos clave de las operaciones profesionales. Estos incluyen ISO 9001 de gestión de calidad, ISO 14001 de

gestión ambiental, OSAS 18000 para salud y seguridad ocupacional, y la norma ISO 31000 para la gestión de riesgos.²

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PROPUESTA DE LA NORMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS PAS-55.

La norma PAS 55 es una especificación pública dirigida a optimizar la gestión de activos físicos e infraestructura. Publicada por primera vez en Abril de 2004, es hasta la fecha, la única propuesta de norma existente a nivel mundial para la gestión de activos empresariales (Reyes-Picknell, 2007).³

PAS 55 puede ser aplicada a cualquier sector de negocios que gestione infraestructura física y es independiente de la función o tipo de activo. Basada en el ciclo de Deming de Planificar, Hacer, Revisar y Actuar, esta norma puede ser utilizada además para diversos fines: auto-evaluaciones, benchmarking, mejoras en la planificación, auditorías independientes, certificación, selección de contratistas, demostración de competencia, etc.⁴

PAS 55 (Publicly Available Specification) o Especificación Públicamente Disponible, es una norma que provee procesos que aseguran el manejo eficaz de los recursos de una organización brindando una guía que permita asegurar el buen estado de la infraestructura física de la empresa. La norma PAS 55 permite a la organización desarrollar las prácticas y procesos adecuados para obtener una administración sustentable de los recursos, permitiendo que el producto o servicio

² Saliendo de PAS 55 éxitos, Edición 9 Mayo 2012 , disponible en: < <http://www.twpl.com/>>

³ Márquez C, Crespo A. Libro: Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos. 1ª edición. 2012. p.34.

⁴ *Ibíd.*, p. 35.

que brinda la empresa tenga la calidad buscada a un costo óptimo.

Conforme lo estipulado por el BSI, la propuesta de estándar PAS 55:2004 ha sido revisada por un panel internacional de organizaciones de diversos sectores, dando como resultado una actualización liberada en Diciembre del 2008, denominada PAS 55:2008. La versión del 2004 estuvo vigente y no cayó en la obsolescencia sino hasta el 1 de Marzo del 2010. Sin embargo el sentido general y requerimientos de la versión 2004 pueden servir como base para implementar la versión 2008. La propuesta estándar se compone de dos partes:

- ❖ PAS 55-1:2008.- especificaciones para la gestión óptima de activos físicos.
- ❖ PAS 55-2:2008.- guías para la aplicación de las especificaciones PAS 55-1:2008. ⁵

3.2 PAS 55 CONCEPTOS Y DEFINICIONES DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS

3.2.1 Gestión de Activos. “Actividades y prácticas coordinadas y sistemáticas a través de las cuales una organización administra de forma óptima y sustentablemente sus activos y sistemas de activos, su desempeño, riesgos y gastos asociados, a lo largo de sus ciclos de vida con el propósito de lograr su plan estratégico organizacional.”⁶

Esta definición de la gestión de activos representa un alcance significativo mayor que simplemente el mantenimiento o el cuidado de los activos físicos, considera y

⁵ Márquez C, Crespo A. Libro: Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos. 1ª edición. 2012. p. 35.

⁶ PAS 55-1:2008. Gestión de Activos Asset Management. Parte 1: Especificaciones para la gestión optimizada de activos físicos. P.2

optimiza las prioridades en conflicto de la utilización de activos de corto y largo plazo, oportunidades de desempeño sostenibilidad y entre las inversiones de capital y costos operativos, los riesgos y el rendimiento, “Ciclo de vida” de gestión de activos, también es más que simplemente la consideración de los costos de capital y operativos.

Realmente la optimizada vida de gestión de activos incluye la exposición al riesgo y los atributos de rendimiento, y considera la vida económica del activo, como resultado de un proceso de optimización (dependiendo del diseño, utilización, mantenimiento, obsolescencia y otros factores).

3.2.2 Objetivos de gestión de activos. Resultados o logros específicos y medibles requeridos del sistema(s) de activos para implementar la política y la estrategia de gestión de activos; y/o nivel detallado y medible del desempeño o condición requerida de los activos; y/o resultado o logro específico y medible del sistema de gestión de activos.⁷

3.2.3 Desempeño de la gestión de activos. “Resultados medibles de la gestión de activos de una organización de sus activos y/o sistemas de activos”.⁸

La gestión de rendimiento de activos puede incluir la eficiencia de los gastos, la fiabilidad, la eficiencia, la calidad, la sostenibilidad, el valor de los activos, su utilización y/o el impacto de los activos sobre el desempeño financiero de la organización, seguridad, desempeño ambiental.

⁷ PAS 55-1, 2008. Asset management. Guidelines for application of PAS 55-1. BSI: United Kingdom. P. 2.

⁸ Ibid., p. 2

3.2.4 Plan de gestión de activos. “Documento que especifica las actividades y recursos, las responsabilidades y escalas de tiempo para implementar estrategias de gestión de activos y la estrategia de los objetivos de la gestión de activos”⁹.

3.2.5 Política de gestión de activos. “Principios y requerimientos obligatorios derivados de, y en consecuencia con el plan estratégico de la organización, proporcionar un marco para el desarrollo y aplicación de la estrategia de gestión de activos y la fijación de los objetivos de gestión de activos”¹⁰.

3.2.6 Estrategias de la gestión de activos. “Enfoque a largo plazo para optimizar la gestión de activos derivados de, y en consonancia con el plan estratégico organizacional y la política de gestión de activos”¹¹.

3.2.7 Sistema de gestión de activos. “Es la política de gestión de activos, la estrategia de la gestión de activos, los objetivos de la gestión de activos y el plan o planes de la gestión de activos y las actividades, procesos y estructuras organizacionales necesarias para su desarrollo e implementación continua”¹².

3.2.8 Ciclo de vida. “Intervalo de tiempo que comienza con la identificación de la necesidad de un activo y termina con el desmantelamiento del activo asociado a cualquier pasivo”¹³.

⁹ PAS 55-1, 2008. Asset management. Guidelines for application of PAS 55-1. BSI: United Kingdom. P.2

¹⁰ *Ibid.*, p. 2.

¹¹ *Ibid.*, p. 2.

¹² *Ibid.*, p. 2.

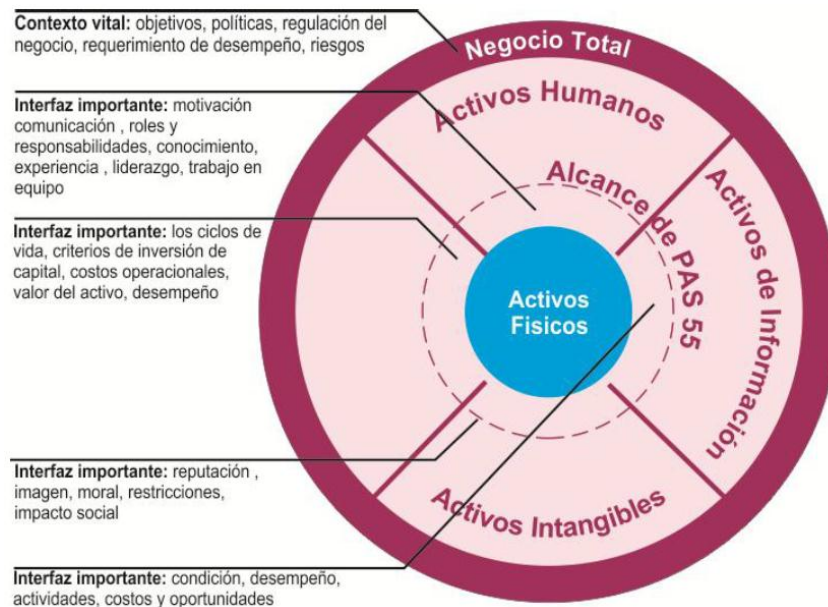
¹³ *Ibid.*, p. 3.

3.2.9 Plan estratégico organizacional. “Plan global a largo plazo para la organización, que se deriva de y cubra su visión, misión, valores, políticas del negocio, los requerimientos de las partes interesadas, los objetivos y la gestión de sus riesgos”¹⁴.

3.3 TIPOS DE ACTIVOS

El alcance de la norma PAS-55 se centra en los activos físicos, sin dejar de lado la relación con los demás activos que se manejan en la industria.

Figura 12. Enfoque y contexto del negocio de PAS-55 en relación a la categoría de activos.



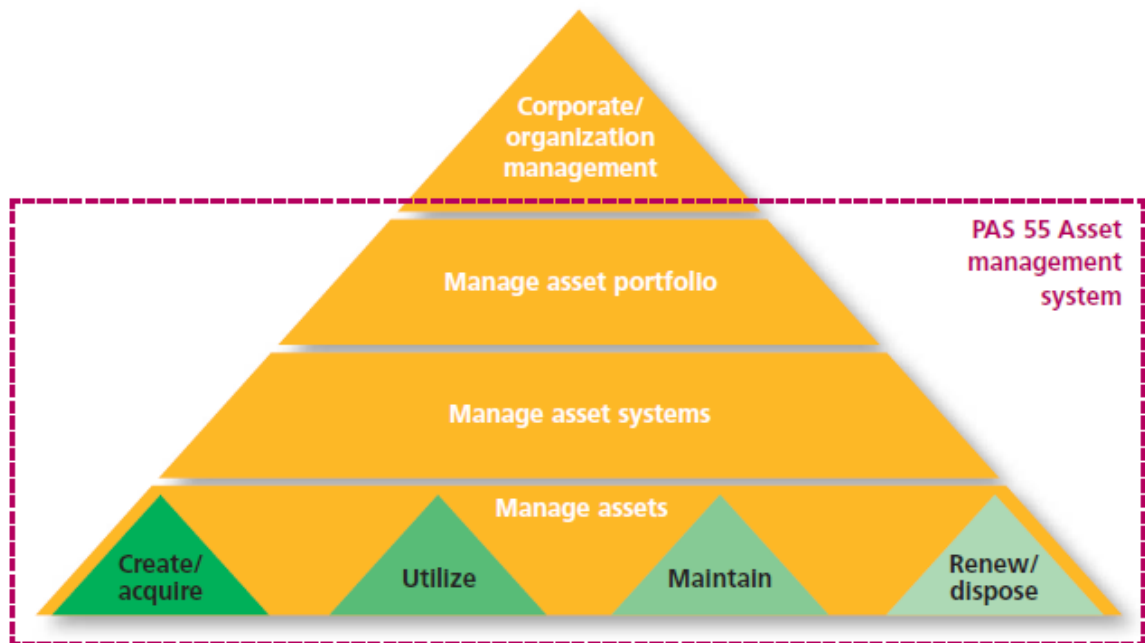
Fuente: PAS 55-1, 2008. Asset management Specification for the optimized management of physical assets BSI: United Kingdom.

¹⁴ PAS 55-1, 2008. Asset management. Guidelines for application of PAS 55-1. BSI: United Kingdom. P. 4.

3.4 NIVELES DE ACTIVOS Y SU GESTIÓN

Un sistema de gestión de activos es vital para las organizaciones que dependen de la función y el rendimiento de sus activos físicos en la prestación de servicios o productos, donde el éxito de la organización es significativamente influenciada por la administración de sus activos. Los activos se pueden gestionar por niveles dependiendo del plan estratégico de la empresa y de su complejidad.

Figura 13. Niveles de la gestión de activos

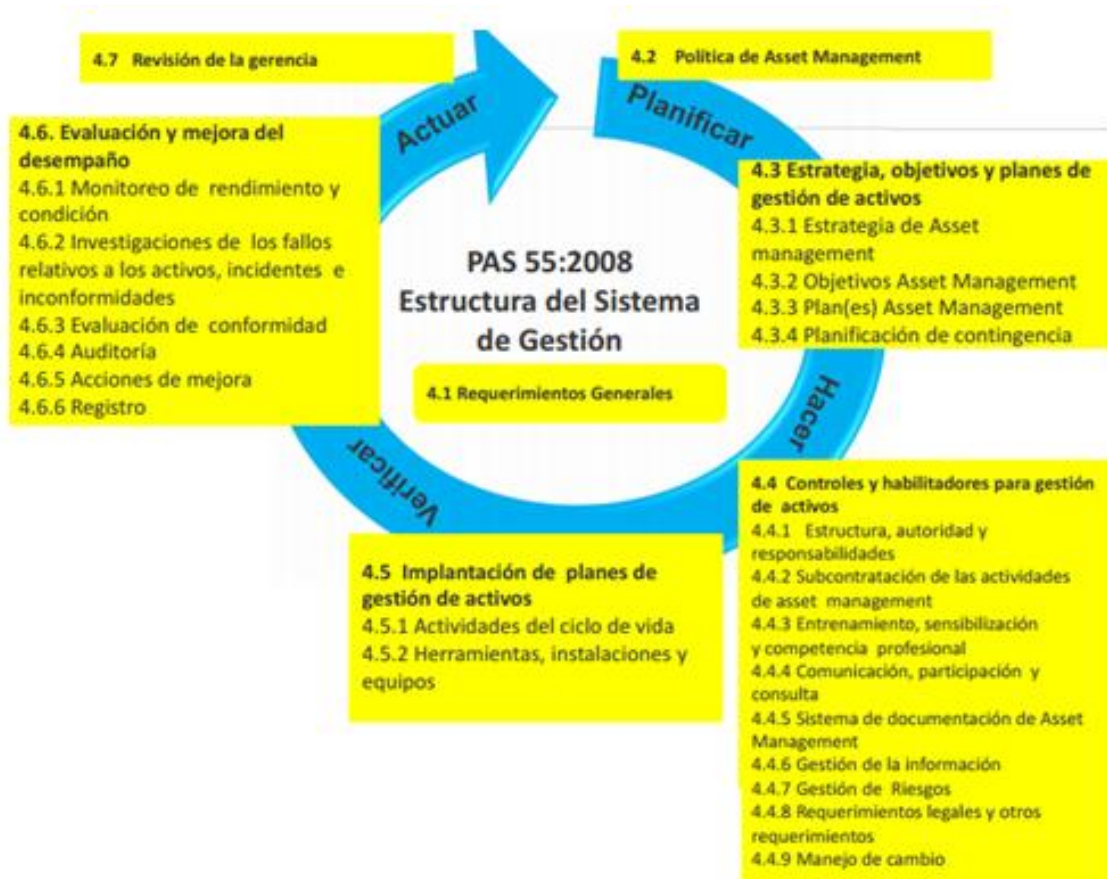


Fuente: PAS 55-1, 2008. Asset management. Specification for the optimized management of physical assets. BSI: United Kingdom.

3.5 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS

En forma general PAS-55 define lo que debe incluir un sistema de Gestión de Activos físicos para asegurar y mantener la sostenibilidad y el desempeño óptimo de los activos.

Figura 14. Estructura de PAS 55-1:2008



Fuente: PAS 55-1,2008. Asset management. Specification for the optimized management of physical assets. BSI: United Kingdom.

La norma PAS 55 se basa en el ciclo de vida y sustentabilidad de los activos fijos, logrando desarrollar planes vivos de gestión integral de los activos: Documentados, auditables, medibles, pronosticables, estrategias, políticas, objetivos y metas, alineados a la estrategia de negocios sostenible de la empresa.

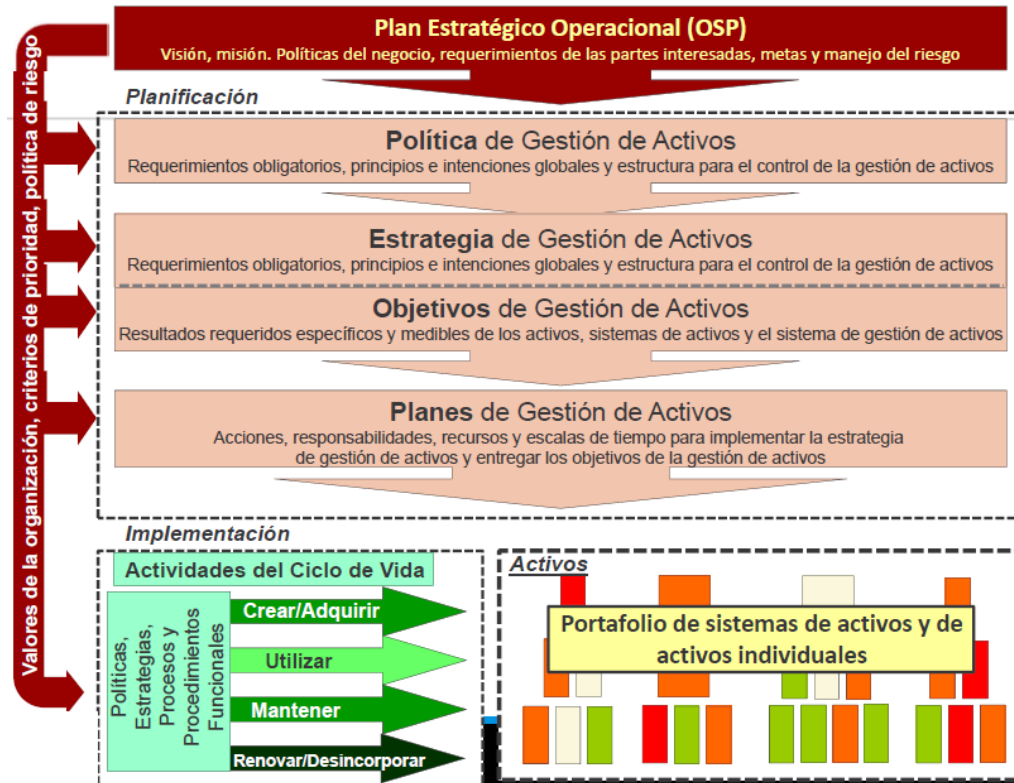
Para conocer con más detenimiento los requisitos contemplados en la estructura de PAS 55 mostrados en la figura 14, ver anexo A.

3.6 IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS

La figura 15 muestra cómo se puede implementar el sistema de gestión de activos a lo largo del ciclo de vida, partiendo del plan estratégico organizacional, planificando con una política, estrategia y objetivos de la gestión de activos, para convertirlos en planes de acción con responsabilidades y recursos asignados, los cuales serán implementados en procesos y procedimientos funcionales para:

- ❖ Crear/adquirir activos
- ❖ Utilizar: explotar/operar los activos
- ❖ Mantener los activos
- ❖ Renovar/desincorporar los activos

Figura 15. Elementos de implementación de un sistema de gestión de activos



Fuente: PAS 55-1,2008. Asset management. Specification for the optimized management of physical assets. BSI: United Kingdom.

3.7 ANÁLISIS DEL COSTO DEL CICLO DE VIDA

En este proceso, es esencial que se evalúen de forma simultánea los factores operativos y de confiabilidad que afectan el desempeño de los activos y que se asuman las responsabilidades del impacto que traen consigo estos aspectos sobre el costo total de vida. Existen tres niveles en los cuales puede manejarse un activo, que van desde un componente de una máquina, hasta toda la cartera de servicios, y en cada nivel se manejan una serie de retos y oportunidades.

Figura 16. PAS 55 Costos en las etapas del ciclo de vida



Fuente: PAS 55-2,2008. Asset management. Specification for the optimized management of physical assets. BSI: United Kingdom.

Un sistema integrado de gestión de activos es vital para las organizaciones que dependen fuertemente de los activos físicos para crear o suministrar sus servicios o productos.

3.8 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.

El hacer mantenimiento no consiste en reparar el equipo dañado tan pronto como se pueda sino en mantener al equipo en operación a los niveles especificados. Así, buen mantenimiento no consiste en hacer el trabajo equivocado en la forma más eficiente; su prioridad es prevenir fallas y así reducir los riesgos de paradas imprevistas. El mantenimiento no empieza cuando los equipos son recibidos y montados, sino en la etapa inicial de todo el proyecto y continua cuando se formaliza la compra de aquellos y su montaje correspondiente.

Existen dos tipos de mantenimiento (programado, no programado)

❖ **Programado.** “Predictivo - Preventivo - Proactivo”, acciones previamente planeadas para mantener un elemento en una condición específica de operación.

- **Mantenimiento predictivo.** Consiste en determinar en todo instante las condiciones técnicas de la máquina que se encuentran en operación, para ello se debe hacer uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico consiste en la aplicación de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico los cuales serían el referente de las condiciones del equipo, tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimiento preventivo y de esta manera bajar los costos por mantenimiento y por no producción, para aplicar este tipo de métodos es necesario invertir en los equipos, en instrumentos y en el personal calificado, las técnicas más utilizadas son:

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones)
- Endoscopia (para ver lugares ocultos)
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos, radiografías, etc.)

- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje potencia presión, etc.).
- **Mantenimiento preventivo.** Este mantenimiento también es denominado mantenimiento planificado este tiene lugar antes que se dé una falla o avería, se realiza bajo condiciones controladas, sin la existencia de algún error en el sistema, se realiza en función de la experiencia o pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento oportuno para llevar a cabo dicho procedimiento, también se puede ayudar con las estipulaciones del fabricante a través de manuales técnicos.
- **Mantenimiento proactivo.** Este tipo de mantenimiento posee los principios de solidaridad, colaboración iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de manera que todos estén involucrados en la gestión del mantenimiento, para ello deben de conocer sus problemáticas, es decir tanto técnicos, profesionales y ejecutivos, deben de estar enterados de las labores que se realizan, de esta forma cada individuo desde su campo o función actuara de acuerdo a su cargo bajo la premisa de ser parte del mantenimiento. Este implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el plan estratégico de la organización, a su vez debe brindar indicadores hacia la gerencia respecto a sus actividades, logros, aciertos y también errores.
- **No programado.** “Correctivo” Mantenimiento de emergencia con actividad correctiva, para restaurar un sistema o elemento dejándolo en condiciones de operación.
- **Mantenimiento correctivo.** Se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. Es la habitual

reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo. Muchas empresas optan por el mantenimiento correctivo, es decir, la reparación de averías cuando surgen, como base de su mantenimiento: más del 90% del tiempo y de los recursos empleados en mantenimiento se destinan a la reparación de fallos.

3.9 ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTO AMEF EN EQUIPOS.

El AMEF es una metodología de un equipo sistemáticamente dirigido que identifica los modos de falla potenciales en un sistema, producto u operación causados por insuficiencias en los procesos. También identifica características de diseño o de proceso críticas o significativas que requieren controles especiales para prevenir o detectar los modos de falla. El objetivo del AMEF es identificar los posibles problemas y evitarlos antes de que ocurran.

3.10 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS.

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, a partir de la identificación de fallas potenciales en los procesos y equipos; direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante o necesario mejorar la confiabilidad operacional, permitiendo un desarrollo más adecuado en la formulación de los programas de mantenimiento tanto preventivo como predictivo que se deseen implantar.

3.11 INDICADORES DE CLASE MUNDIAL PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Son parámetros numéricos de mejora continua en el desarrollo, aplicación de métodos y técnicas específicas de mantenimiento. La magnitud de los indicadores sirve para comparar con un valor o nivel de referencia, para adoptar acciones correctivas, modificativas, predictivas, según sea el caso; La confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad son prácticamente las únicas medidas técnicas y científicas, fundamentadas en cálculos matemáticos, estadísticos y probabilísticos, que tiene el mantenimiento para su análisis. Considerando que el primer objetivo de trabajo, del área de mantenimiento, es el de propiciar el logro de altos índices de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad a favor de la producción.

- **Disponibilidad.** Es el indicador principal en gestión de mantenimiento, pues afecta directamente el tiempo de producción. Se define como la probabilidad de que el equipo se encuentre listo para operar en un periodo de tiempo determinado.

Matemáticamente se define como:

$$D = \frac{T_o}{T_o+TP} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Dónde:

To =Tiempo total de operación.

Tp= Tiempo total de parada por fallas en la máquina.

Los tiempos de parada programados por mantenimiento preventivo no son tomados en cuenta. Esto se debe a que es imposible programar mantenimiento preventivo y esperar que el equipo opere al mismo tiempo. En otras palabras, el periodo de tiempo determinado del cual se habla en la definición de disponibilidad no puede entrar en colisión con un mantenimiento preventivo.

Una definición más práctica utiliza los tiempos medios entre fallas del equipo:

$$D = \frac{TPEF}{TPEF+TPPR} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

Dónde:

TPEF = Tiempo medio entre fallas.

TPPR = Tiempo promedio de reparación.

- **Fiabilidad o Confiabilidad.** Se define como la probabilidad de que una maquina realice sus funciones durante un periodo de tiempo determinado y bajo ciertas condiciones de operación determinadas. Para medirlo numéricamente, se utiliza el concepto de tiempo promedio entre fallas (TPEF).

$$TPEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS} \quad \text{Ecuación 3.3}$$

Dónde:

HROP = Horas de Operación.

NT FALLAS = Numero de fallas detectadas.

Este concepto mide la cantidad de horas que puede trabajar correctamente y sin interrupciones, durante un periodo de estudio determinado.

- **Mantenibilidad.** La mantenibilidad determina la probabilidad de que un equipo que acaba de experimentar una falla, pueda ser reparado hasta cierto punto dado, dentro de un lapso de tiempo determinado y con ciertos recursos. Dado que no tiene un valor numérico específico, se mide utilizando el concepto de tiempo promedio para reparación (TPPR).

$$TPPR = \frac{TF}{\sum NTFALLAS} \quad \text{Ecuación 3.4}$$

Dónde:

TTF = Tiempo total en reparación por fallas.

NT FALLAS = Número total de fallas.

Estos factores de efectividad de mantenimiento, deben ir acompañados de otros factores (índices secundarios), que permitan evaluar, analizar y pronosticar su comportamiento.

- **Mano de Obra Externa.** Este indicador auxiliar determina la cantidad proporcional de dinero gastado en mano de obra externa por contratación eventual con respecto a la mano de obra por contratación permanente tanto interna como externa.

$$CMOE = \frac{(Totalidad)CMOC}{(Totalidad)(CMOC + CMOP)} \quad \text{Ecuación 3.5}$$

Dónde:

CMOC = Costo de mano de obra contratada.

CMOP = Costo de mano de obra permanente. (Contratada y directa)

- **Costo de Mantenimiento Preventivo por Mantenimientos Totales.** Ese indicador determina el dinero gastado en técnicas de mantenimiento preventivo con respecto al mantenimiento correctivo.

$$CPTC = \frac{CT}{CTM} \quad \text{Ecuación 3.6}$$

Dónde:

CT = Costo preventivo.

CTM = Costo total de mantenimiento (Preventivo + Correctivo).

4. METODOLOGÍA EMPLEADA

Puntos importantes a remarcar:

- ❖ PAS 55 dice que debe hacerse.
- ❖ PAS 55 no dice cómo debe hacerse.
- ❖ PAS 55 define buenas prácticas y no mejores prácticas.
- ❖ PAS 55 es independiente del sector industrial, del tipo de activos y de la estructura de propiedad.
- ❖ No importa el tipo de activos, su ubicación o edad, lo que cuenta son los objetivos organizacionales y una buena alineación de objetivos sustentables de inversión, uso y mantenimiento para lograr las metas.

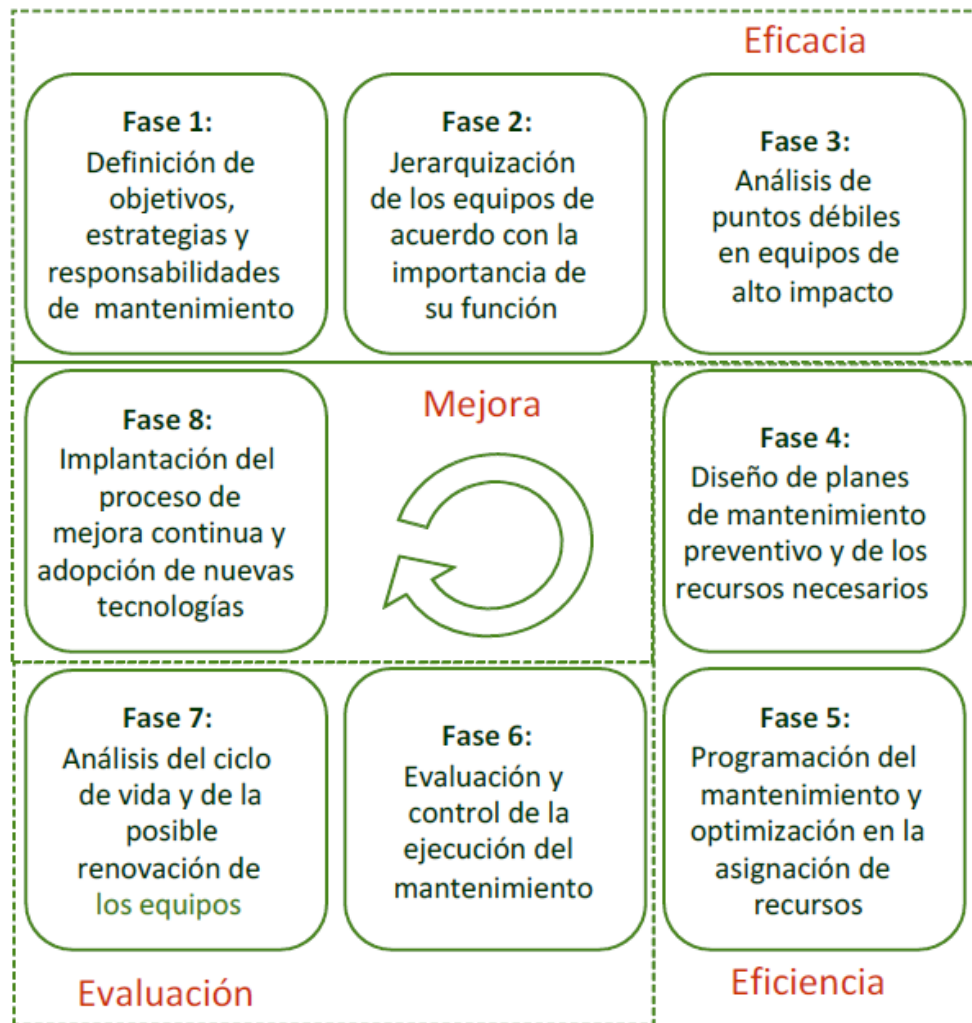
Aunque no existen fórmulas simples para implementar un modelo integral de gestión de activos, ni reglas fijas o inmutables con validez y aplicabilidad para todos los activos de producción, la mayor parte de los 28 requerimientos exigidos por la propuesta de la norma PAS 55:2008, pueden ser cubiertos con el modelo integral de gestión de mantenimiento (MGM) que se presenta más adelante en la figura 17, propuesto en el libro de ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos compuesto por ocho fases, en donde se describen acciones concretas a seguir en las diferentes fases del proceso de gestión de mantenimiento (y por lo tanto del proceso de gestión de activos).¹⁵

Para la realización del proyecto, se tomó como guía el modelo genérico de gestión del mantenimiento (MGM) (Crespo, 2007), que tiene en cuenta e integra muchos de los modelos encontrados en la literatura hasta la fecha, o de los empleados en

¹⁵ Márquez C, Crespo A. Libro: Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos. 1ª edición. 2012. p.18.

la práctica en empresas de amplia tradición y excelencia en este campo. Se trata de un modelo dinámico, secuencial y en bucle cerrado que intenta caracterizar de forma precisa el curso de acciones a llevar a cabo para asegurar la eficiencia, eficacia y mejora continua de la gestión de mantenimiento de activos.

Figura 17. Modelo del proceso de gestión del mantenimiento (MGM) (Crespo, 2007)

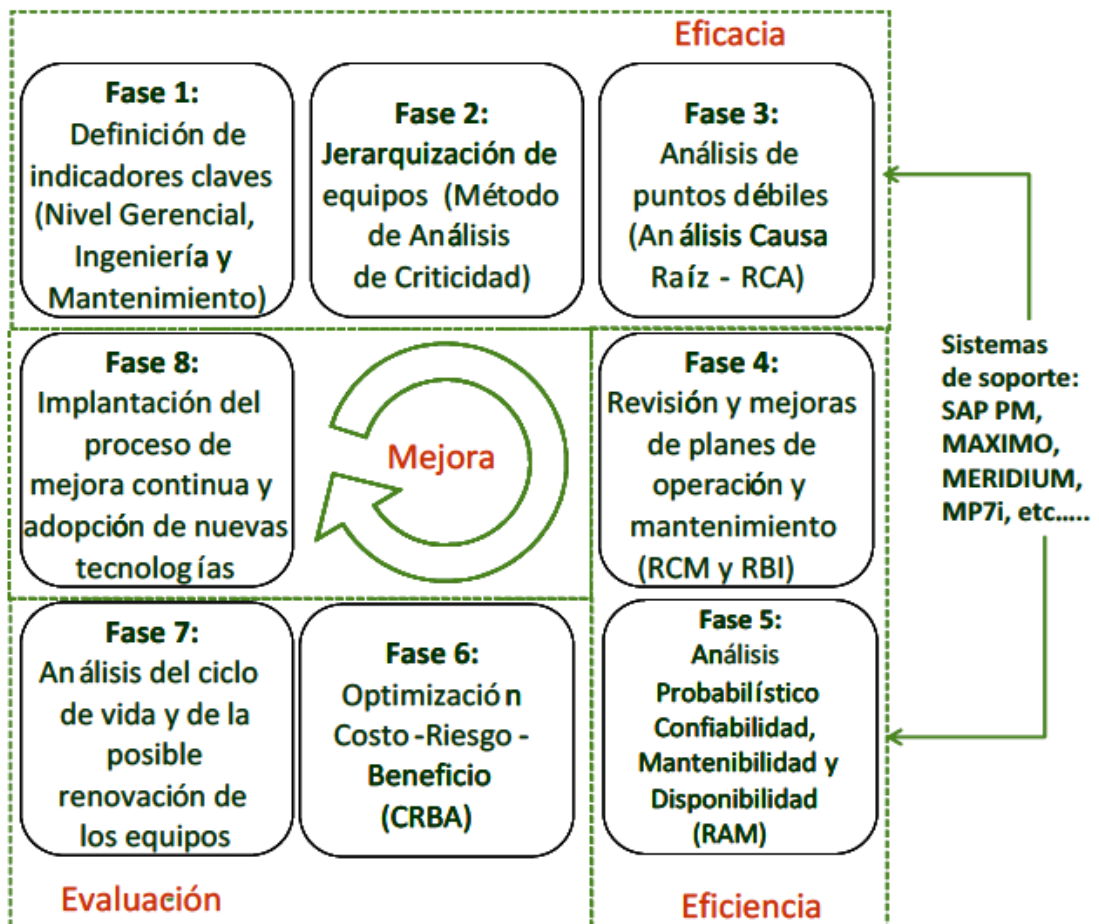


Fuente: Ingeniería de mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos.

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE AL MODELO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (MGM).

La figura 18 presenta al modelo práctico que incluye la utilización de algunas herramientas comerciales relacionadas con las áreas de ingeniería de mantenimiento y fiabilidad, herramientas que encajan dentro de cada uno de las 8 fases del MGM.

Figura 18. Ejemplo de técnicas de optimización para la toma de decisiones y sistemas de soporte para el MGM (Crespo, 2007)



Fuente: Ingeniería de mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos.

4.1.1 Fase 1. Técnicas para definir la estrategia de gestión de mantenimiento.

Para poder asegurar que los objetivos operacionales de mantenimiento y la estrategia no son inconsistentes con los objetivos generales del negocio, se pueden introducir e implementar en el área de mantenimiento técnicas como el Cuadro de Mandos Integral (The Balanced Scorecard -BSC- (Kaplan y Norton, 1992)). El BSC es específico en la organización para la cual es desarrollado y permite la creación de una serie de indicadores claves de rendimiento (KPIs) para medir el desempeño de la gestión de mantenimiento, que están alineados con los objetivos estratégicos de la organización. Estas metas se diseñan para alinear a la gente con una visión general para la organización las metas para los indicadores seleccionados se establecen siguiendo un proceso participativo que requiere de la involucración de agentes interiores y exteriores a la organización de mantenimiento, la participación de la dirección de la empresa, y de personal considerado clave en las unidades operativas de la función mantenimiento, junto con usuarios claves del servicio.¹⁶

4.1.2 Fase 2. Técnicas para jerarquizar los activos de producción. Cuando los objetivos y estrategias de mantenimiento están definidos, existe un número importante de técnicas cualitativas y cuantitativas que ofrecen una base sistemática sobre la cual basar las decisiones a la hora de clasificar los activos productivos, en base a la importancia de su función para la consecución de los objetivos del negocio. Muchas de las técnicas cuantitativas utilizan algún tipo de variación de un concepto clave, en esta fase que es la evaluación probabilística del riesgo y la obtención del número/índice probabilística de riesgo del activo.

En muchas ocasiones no existen datos históricos en base a los cuales obtener estos índices, pero la organización de mantenimiento puede necesitar algún tipo

¹⁶ Márquez C, Crespo A. Libro: Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos. 1ª edición. 2012. p. 25-26.

de evaluación sobre la cual basar la toma inicial de decisiones. En estos casos es posible utilizar técnicas de naturaleza más cualitativa para ir así garantizando niveles adecuados iniciales de efectividad en las operaciones de mantenimiento. Una vez que las prioridades de activos están establecidas, es necesario definir una estrategia clara de mantenimiento a aplicar a cada categoría de activo. Por supuesto, esta estrategia será ajustada con el paso del tiempo a partir de ese momento.¹⁷

4.1.3 Fase 3. Herramientas para eliminar los puntos débiles en equipos/sistemas de alto impacto. En activos críticos, antes de pasar a desarrollar las acciones a incluir en los planes de mantenimiento, es muy conveniente analizar posibles fallos repetitivos, crónicos, cuya frecuencia de aparición pueda incluso ser excesiva. Si se es capaz de encontrar, y eliminar si es posible, las causas de estos fallos, se puede ofrecer un alto retorno inicial a la inversión en el programa de gestión de mantenimiento. Será mucho más fácil acometer las fases sucesivas de análisis y diseño de planes de mantenimiento, que requieren de una importante inversión de tiempo y recursos. Existen diferentes métodos para realizar este análisis de puntos débiles en activos críticos, una de los más conocidos es el del análisis de causa raíz de fallos (Root Cause Failure, Análisis – RCFA). Este método consiste en una serie de acciones que son tomadas para encontrar la razón por la cual existe un determinado modo de fallo y la forma de corregirla¹⁸.

¹⁷ Márquez C, Crespo A. Libro: Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos. 1ª edición. 2012. p. 26-27.

¹⁸ *Ibíd.*, p. 27.

4.1.4 Fase 4. Soporte para la correcta definición de un plan adecuado de mantenimiento preventivo. El diseño del plan de mantenimiento preventivo para un determinado sistema requiere la identificación de sus funciones y de la forma en que estas funciones dejan de cumplirse, además del establecimiento de una serie de tareas efectivas y eficientes de mantenimiento, basadas en consideraciones que tienen que ver con la seguridad y la economía del sistema. Un método formal para la consecución de este objetivo es el Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (Reliability Centered Maintenance - RCM).¹⁹

4.1.5 Fase 5. Técnicas de optimización para la mejora de los programas de mantenimiento. La optimización de los planes y programas de mantenimiento puede ser realizados para mejorar la eficacia y eficiencia de las políticas de mantenimiento que resultan de un diseño inicial del plan y del programa de tareas. Los modelos a aplicar dependen, por lo general, del horizonte de tiempo elegido para el análisis. De esta forma, los modelos con largo horizonte temporal se preocupan de aspectos relacionados con la capacidad de mantenimiento, el diseño del almacén de repuestos, o por ejemplo, los tiempos o intervalos más idóneos para realizar las tareas de mantenimiento. Los modelos de optimización a medio plazo pueden ocuparse, por ejemplo, de optimizar la secuencia de actividades a realizar en una parada importante de una planta, mientras que los modelos de mantenimiento cuyo horizonte temporal es de un más corto plazo se centran en la mejora de la asignación de recursos y en su control.²⁰

4.1.6 Fase 6. Control y supervisión de las operaciones de mantenimiento. La ejecución de las actividades de mantenimiento una vez diseñadas, planificadas y

¹⁹ Márquez C, Crespo A. Libro: Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos. 1ª edición. 2012. p. 27-28.

²⁰ *Ibid.*, p. 27.

programadas tiene que ser evaluada y las desviaciones controladas para perseguir continuamente los objetivos de negocio y los valores estipulados para KPIs de mantenimiento seleccionados por la organización. Muchos KPIs, son contruidos o se componen a partir de otra serie de indicadores técnicos y económicos de nivel más bajo. Por lo tanto, es muy importante asegurarse que la organización captura datos convenientes y que esto los datos son correctamente agregado/desagregados según el nivel requerido de análisis de operaciones de mantenimiento.²¹

4.1.7 Fase 7. Instrumentos para análisis de costes de ciclo de vida del activo y para su control. Un análisis de costos de ciclo de vida calcula el costo de un activo durante su vida útil. El análisis de un activo típico podría incluir costos de planificación, investigación y desarrollo, producción, operación, mantenimiento y retirada del equipo. Los costos de adquisición del equipo (que incluyen investigación, diseño, prueba, producción y construcción) son por lo general obvios, pero el análisis de costos de ciclo de vida depende crucialmente de valores derivados de la fiabilidad. Un análisis de costos de ciclo de vida es importante para tomar decisiones sobre la adquisición de nuevos equipos (reemplazo o la nueva adquisición), donde proporciona tres ventajas importantes:

- ❖ Todos los costos asociados con un activo se hacen visibles.
- ❖ Permite a un análisis entre funciones del negocio. Por ejemplo, comprobar cómo bajos costos de R&D puede conducir a altos costos de mantenimiento en el futuro;
- ❖ Permiten a la gerencia desarrollar predicciones exactas.²²

²¹ Márquez C, Crespo A. Libro: Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos. 1ª edición. 2012. p. 28.

²² *Ibíd.*, p. 28.

4.1.8 Fase 8. Técnicas para la mejora continua del mantenimiento. La mejora continua de la gestión de mantenimiento será posible utilizando técnicas y tecnologías emergentes en áreas que se consideren de alto impacto como resultados de los estudios realizados en fases anteriores del proceso de gestión. Por lo que respecta a la aplicación de nuevas tecnologías de mantenimiento, el concepto “maintenance” emerge como componente del concepto “manufacturing”, el cual promueve el beneficio de las nuevas tecnologías de la información y comunicación para crear entornos corporativos y distribuidos multi-usuario. Como un soporte de mantenimiento que incluye recursos, servicios y gestión necesarios para permitir la ejecución de un proceso proactivo de toma de decisiones en mantenimiento. Además de nuevas tecnologías para el mantenimiento, la participación de la gente de mantenimiento dentro del proceso de mejora será un factor crítico para el éxito. Desde luego, requerirán los niveles más altos de conocimiento, experiencia y educación (entrenamiento), pero al mismo tiempo, las técnicas simples que permitan la involucración de operadores en la realización de tareas de mantenimiento serán sumamente importantes para alcanzar los niveles más altos de calidad de mantenimiento y la eficacia total del equipo.²³

4.2 INTEGRACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (MGM) DENTRO DE UN PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE ESTÁNDAR PAS 55. 2008

La tabla 1 que se muestra a continuación está formada por tres partes, donde se hace una relación entre las 8 fases del modelo propuesto y los puntos generales de la PAS 55, de manera que se aprecia cómo la implementación gradual del modelo genérico cubre poco a poco los requerimientos de la propuesta de estándar PAS 55.

²³ Márquez C, Crespo A. Libro: Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos. 1ª edición. 2012. p. 28-29.

Tabla 1. Relación entre las fases del modelo de gestión de mantenimiento (MGM) propuesto y los requerimientos de la PAS 55 (López et al, 2011) (1/3)

REQUERIMIENTOS DE LA NORMA PAS 55	INTEGRACIÓN DE LAS FASES DEL MGM PROPUESTO CON LA NORMA PAS 55
<p>4.1 REQUERIMIENTOS GERENCIALES DE PAS 55</p> <p>4.2 POLÍTICAS DE GESTIÓN DE ACTIVOS</p> <p>4.3 ESTRUCTURA DE GESTIÓN DE ACTIVOS, OBJETIVOS Y PLANES</p> <p>4.3.1 Estrategia de gestión de activos</p> <p>4.3.2 Objetivos de la gestión de activos</p> <p>4.3.3 Planes de gestión de activos</p> <p>4.3.4 Planificación de contingencias</p>	<p>Fase 1. Propone el uso del cuadro del mando integral (Balanced Scorecard-BSC), propuesto por Kaplan y Norton, modelo que traduce la misión de una unidad de negocio y la estrategia de un conjunto de objetivos y medidas cuantificables. Al aplicar el BSC las organizaciones consiguen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Formular las políticas y estrategias para la operación y ejecución del mantenimiento de los activos a lo largo del ciclo de vida. 2. Propone una práctica de estrategias de mantenimiento y operación, las cuales se traducen en objetivos a corto, mediano y largo plazo. 3. Desarrollar los planes de acción. Estos son los medios para conseguir a los fines estipulados en los objetivos estipulados en el paso (2). 4. Revisar y auditar periódicamente el rendimiento de las estrategias implantadas. Se realizara el seguimiento y se investigaran las relaciones causales entre las medidas, que se validaran a intervalos previamente establecidos y se definirán planes de contingencia.
<p>4.4 HABILITADORES Y CONTROLES PARA LA GESTIÓN DE ACTIVOS</p> <p>4.4.1. Estructura, autoridad y responsabilidades</p> <p>4.4.2 Subcontratación de las actividades de gestión de activos</p> <p>4.4.3 Entrenamiento, toma conciencia y competencias</p>	<p>El MGM no propone ninguna actividad específica para cumplir con los requerimientos en esta sección de la PAS 55</p>
<p>4.4.4 Consulta, participación y comunicación.</p> <p>4.4.5 Sistema de documentación para la gestión de activos.</p> <p>4.4.6 Gestión de la información</p>	<p>Fase 8. Propone la utilización de los sistemas de soporte informático (ERP, EAM, software de fiabilidad, etc.), con el fin de administrar y divulgar toda la documentación e información a ser generada por los diferentes activos en sus procesos de operación y mantenimiento. Los sistemas de información para la gestión de los activos son herramientas claves por su capacidad de dar soporte y facilitar la gestión, gracias a la transmisión y procesamiento de información en grandes velocidades y cantidades superando las propias fronteras de las empresas fortaleciendo la convergencia entre sectores. La necesidad de una correcta implantación de los sistemas de soporte para la gestión de la información, es la base, para el desarrollo de programas para mejorar la fiabilidad, el mantenimiento y las operaciones.</p>

Fuente: Ingeniería de mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos

Tabla 2. Relación entre las fases del modelo de gestión de mantenimiento (MGM) propuesto y los requerimientos de la PAS 55 (López et al, 2011) (2/3)

REQUERIMIENTOS DE LA NORMA PAS 55	INTEGRACIÓN DE LAS FASES DEL MGM PROPUESTO CON LA NORMA PAS 55
<p>4.4.7 Gestión de riesgos 4.4.7.1 Procesos de gestión de riesgos 4.4.7.2 Metodología de gestión de riesgos 4.4.7.3 Identificación y evaluación de riesgos 4.4.7.4 Uso y gestión de la información de riesgos de activos</p>	<p>Fase2. Propone al inicio de un proceso de mejora, el desarrollo y la aplicación de modelos básicos de priorización de activos basados en el análisis del factor Riesgo (ejemplo: matriz cualitativa de riesgos y técnica AHP: Analytic Hierarchy process, etc) Fase3. Propone el uso de la metodología de análisis causa raíz (RCA: root Cause Analysis) para evaluar los eventos de fallos de mayor impacto, tomando como base para la definición de soluciones, el nivel de riesgo provocado por los eventos de fallos a ser analizados. Fase 4. Propone el uso de la Metodología Mantenimiento Centrado en Fiabilidad (RCM: Reliability Centered Maintenance), para optimizar los planes de mantenimiento y operación en función del nivel de riesgo que generan los modos de fallos dentro del contexto operacional. Fase 5. Propone la utilización de modos de optimización a ser utilizados en la programación y asignación de recursos para mantenimiento y operaciones. Dentro de los métodos seleccionados se encuentran técnicas relacionadas con procesos de análisis de riesgos tales como teorías de colas, simulación de Montecarlo y técnicas probabilísticas de punto de pedido de inventarios. Fase 6. Propone un proceso integral de evaluación probabilística de los indicadores de: Fiabilidad y mantenibilidad, con decisiones de optimización en las áreas de mantenimiento y operación basadas en técnicas de análisis costo riesgo beneficio.</p>
<p>4.4.8 Requerimientos legales y otros</p>	<p>Fase1. Propone el uso del cuadro del mando integral (Balanced Scorecard-BSC) el cual tiene que ajustarse a todos los requerimientos legales del entorno operacional. Fase2. Propone el uso de modelos de priorización los cuales deben ajustarse a los requerimientos legales exigidos por el entorno del activo evaluado y a su vez ayudaran al cumplimiento de estos requisitos. Fase3 y 4. Propone la aplicación de métodos de fiabilidad como RCA y el RCM, los cuales deben ajustarse a todos los requerimientos legales exigidos por el entorno del activo evaluado y a su vez ayudaran al cumplimiento de estos requerimientos.</p>
<p>4.4.9 Gestión del cambio</p>	<p>Fase 8. Propone establecer un proceso de mejora continua el cual debe ser capaz de registrar y ajustarse a los constantes cambios relacionados con técnicas y tecnologías emergentes en áreas que se consideren de alto impacto como resultados de los estudios realizados en las 8 fases anteriores del modelo de gestión de mantenimiento propuesto.</p>
<p>4.5 IMPLEMENTACIÓN DE LOS PLANES DE GESTIÓN DE ACTIVOS 4.5.1 Actividades del ciclo de vida 4.5.2 Herramientas, instalaciones y equipo</p>	<p>Fase7. Propone un modelo de análisis de costos de ciclo de vida que permite optimizar la toma de decisiones asociadas a los procesos de diseño, selección desarrollo y sustitución de los activos que conforman un sistema de producción. El proceso de ciclo de vida comienza en la definición de las diferentes tareas de producción para el diseño preliminar. Luego se desarrollan actividades tales como: plan de producción, trazado de planta, selección de equipos, definición de proceso de manufactura y otras actividades similares. Esta fase envuelve el desarrollo del soporte necesario para el diseño y las diferentes etapas de producción</p>

Fuente: Ingeniería de mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos

Tabla 3. Relación entre las fases del modelo de gestión de mantenimiento (MGM) propuesto y los requerimientos de la PAS 55 (López et al, 2011) (3/3)

REQUERIMIENTOS DE LA NORMA PASS 55	INTEGRACIÓN DE LAS FASES DEL MGM PROPUESTO CON LA NORMA PAS 55
<p>4.6 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO Y MEJORA</p> <p>4.6.1 Desempeño y monitorización de la condición</p> <p>4.6.2 Investigación de fallos, incidentes y no conformidades</p> <p>4.6.3 Evaluación de la conformidad</p> <p>4.6.4 Auditoria</p> <p>4.6.5 Acciones de mejora</p> <p>4.6.5.1 Acciones correctivas y preventivas</p> <p>4.6.5.2 Mejora continua</p>	<p>Fase 1. Propone el uso del cuadro del mando integral (Balanced Scorecard-BSC) para medir inicialmente, indicadores de desempeño económico de la organización y posteriormente, integrarlo con indicadores técnicos de operación y mantenimiento. Adicionalmente, en la fase1., se propone el uso de auditorías de control u mejora continua entre la cuales se encuentran: MES Maintenance Effectiveness survey), MCEM (Matriz Cualitativa de Excelencia en mantenimiento), etc.</p> <p>Fase 3 y 4. Propone la aplicación de métodos de fiabilidad como el RCA y el RCM que permite evaluar los modos de fallos y determinar sus causas. Estos métodos ayudan a determinar los incidentes y no conformidades, permiten evaluar las consecuencias que pueden generar los fallos a la seguridad, el ambiente y las operaciones y adicionalmente, estas técnicas proponen procedimientos que ayudan a definir acciones de mejora y control. Correctivas, preventivas, de rediseño y por condición.</p> <p>Fase5. Propone la utilización de métodos de mejora continua a ser utilizados en la programación y asignación de recursos para mantenimiento y operaciones.</p> <p>Fase6. Propone un proceso integral de análisis de indicadores de desempeño y mejora 8 evaluación probabilística de los indicadores de. Fiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad, Costo y riesgo.</p> <p>Fase7. Propone un proceso de análisis del costo de ciclo de vida que permite optimizar la toma de decisiones asociadas a los procesos de diseño, selección, desarrollo y sustitución de los activos que conforman un sistema de producción.</p> <p>Fase 8. Propone el establecer un proceso de mejora continua el cual debe ser capaz de revisar y evaluar de forma continua el desempeño técnico y económico de la organización</p>
<p>4.6.6 Registros</p>	<p>Fase 3 y 4. Propone la aplicación de métodos de fiabilidad como RCA y el RCM que permite registrar de manera ordenada la información relacionada con los modos de fallos y las consecuencias que pueden genera los fallos a la seguridad, al ambiente y a las operaciones.</p> <p>Fase5. Propone procedimientos de registro de la información a partir de métodos de mejora continua a ser utilizados en la programación y asignación de recursos para mantenimiento y operaciones.</p> <p>Fase6. Propone un proceso integral de captura y riesgo de la información para el desarrollo de indicadores de desempeño y mejora 8 evaluación probabilística de los indicadores de. Fiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad, Costo y riesgo</p>
<p>4.6.7 Revisión de la gestión</p>	<p>Fase1. Propone el uso del cuadro del mando integral (Balanced Scorecard-BSC) para medir y revisar el desempeño económico de la organización y posteriormente, integrarlo con los indicadores técnicos de operación y mantenimiento (indicadores que se desarrollan en la fase 6). Adicionalmente en esta fase 1, se propone el uso de auditorías de control y mejora continua entre las cuales se encuentran: MES Maintenance Effectiveness survey), MCEM (Matriz Cualitativa de Excelencia en mantenimiento), etc.</p> <p>Fase 8. Propone el establecer un proceso de mejora continua el cual debe ser capaz de revisar y evaluar de forma continua el desempeño técnico y económico de la organización.</p>

Fuente: Ingeniería de mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos

Conforme a la Tabla 1, de los 28 requerimientos definidos por la propuesta de la norma PAS 55, versión 2008, el modelo de gestión de mantenimiento (MGM) propuesto puede ayudar a complementar las exigencias de forma total o parcial de al menos 25 de los 28 requerimientos exigidos por la propuesta de PAS 55, versión 2008.²⁴

²⁴ Márquez C, Crespo A. Libro: Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos, P.42

5. DESARROLLO FASE 1 MODELO DEL PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (MGM) (CRESPO, 2007)

5.1 DIAGNOSTICO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LAVCO LTDA.

5.1.1 Objetivo del Diagnóstico. Conocer y evaluar los procesos de mantenimiento que se desarrollan en la empresa y su relación con las demás dependencias, analizar las falencias que genera el mal concepto en que se encuentra como área de apoyo, y de esta manera elaborar una propuesta de mejora.

Para evaluar la gestión de mantenimiento de la empresa, se contemplaron los siguientes ítems.

- ❖ **Planeación estratégica del proceso de mantenimiento.** Especifica el procedimiento de mantenimiento, determinando objetivos, alcances, controles y responsabilidades.

- ❖ **Establecimiento del plan de mantenimiento.** Las etapas contempladas para establecer un plan de mantenimiento se resumen en: clasificación e identificación de equipos, recopilación de información relevante para el mantenimiento, selección de la política de mantenimiento, programas de mantenimiento preventivo, guía de mantenimiento correctivo, organización del mantenimiento.

- ❖ **Gestión de mantenimiento.** Permite identificar los desarrollos de las actividades de mantenimiento y su control correspondiente, la organización del almacén de repuestos, la gestión de adquisición de materiales, herramientas de trabajo e indicadores.

- ❖ **Sistema de información para el mantenimiento.** Es una herramienta importante para el manejo de toda la información referente al sistema integrado de mantenimiento, permite la consulta de fichas técnicas, hojas de vida, solicitudes de mantenimiento y trabajos realizados en los equipos.

- ❖ **Estado de operación de los equipos.** Permite identificar la condición de operación de los equipos que determinaran las acciones de mantenimiento a seguir.

- ❖ **Análisis del área de mantenimiento.** Permite definir el espacio, organización y activos físicos, para el desarrollo de las actividades de mantenimiento dentro de la organización.

5.2. RESULTADOS DIAGNOSTICO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO EN INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

5.2.1 Planeación estratégica del proceso de mantenimiento. Pese a que mantenimiento ocupa el mismo nivel que las plantas de fundición y mecanizado dentro de la estructura del organigrama de la empresa, es visto como un área relegada e ineficiente, razones por las cuales el nivel de importancia que tiene la empresa referente a la organización y ejecución del mantenimiento es muy bajo.

- ❖ El objetivo planteado por el departamento de mantenimiento es muy general, en el cual no se especifican o definen alcances o propósitos para ser cumplidos; sin embargo se tiene como fin garantizar la disponibilidad y seguridad de los equipos cuando sean requeridos.

- ❖ El alcance de mantenimiento se limita a la acción de un procedimiento establecido que no tiene una meta definida en un lapso de tiempo determinado.

- ❖ No hay un seguimiento de actividades del personal de mantenimiento que contemple criterios de prioridades en la asignación de listas de solicitud de mantenimiento.
- ❖ La base de datos que alimenta mantenimiento no está muy bien definida y organizada para la indagación o consulta de historiales de fallas o mantenimientos anteriores.
- ❖ Las operaciones y responsabilidades de las funciones de mantenimiento tanto para el coordinador, el profesional de sistemas y los operadores están definidas para cada uno en su área de interés, son socializadas con el personal de gestión y formalizadas en un manual de procedimientos.

5.2.2 Establecimiento del plan de mantenimiento. La empresa a lo largo de los años, comunica que ha manejado diversos enfoques sobre la gestión de mantenimiento. Han pasado de máximo mantenimiento preventivo, sumamente costoso, a concentrarse recientemente en mantenimiento correctivo al 100% por razones de presupuesto.

- ❖ El plan de mantenimiento es generado sin un riguroso análisis de los equipos involucrados, la prioridad y calidad del mantenimiento se hace a criterio del jefe y los operarios de mantenimiento, de acuerdo a los recursos e información de los elementos componentes de los diferentes equipos.

- **Identificación de maquinaria y equipos.** Industrias LAVCO tiene identificados cada uno de los equipos de producción (Fundición y Mecanizado), equipos de cómputo (Hardware), equipos periféricos (Compresión, etc.), y en general, todos los equipos, para los que aplica el procedimiento de mantenimiento, que intervienen directa o indirectamente en la fabricación de los productos. Se encuentran relacionados en el documento: “Inventario de Equipos”, (ver Anexo B). La coordinación de mantenimiento dispone además de planos con la ubicación

esquemática e identificación de cada equipo en las instalaciones; Copia de los planos de ubicación de la maquinaria se incluyen en este procedimiento (Ver Anexo B).

- **Mantenimiento en planta de fundición y mecanizado.** Cada operario de producción del área de mecanizado verifica el estado de su equipo al iniciar actividades diarias, a su vez realiza las inspecciones pertinentes tal como se registra en la lámina de mantenimientos primarios ubicada en cada equipo, la cual a su vez está registrada en la base de datos. Para los operarios del área de Fundición, no se tiene una ficha de mantenimientos primarios para cada equipo, sin embargo cada operario verifica, en los días de preparación, el estado de las máquinas y demás elementos, a su cargo el día de fundición.

Si el operario nota alguna anomalía la reporta inmediatamente de manera verbal al coordinador o auxiliar del subproceso del cual hace parte, quien abre una solicitud de mantenimiento (Formato OMA-P.CP-01 “Solicitud de Mantenimiento”) (Ver anexo B), que se entrega a un funcionario del equipo de mantenimiento el cual evalúa si se debe realizar una intervención inmediata para reparar dicho daño o si se realiza en fecha posterior para no afectar la programación de la producción. Toda solicitud entregada al equipo de mantenimiento se convierte automáticamente en una orden de trabajo, (Ver OT anexo B).

- **Actividades Pendientes.** Al terminar cada mes se revisan y registran las solicitudes de mantenimiento OMA-P.CP-01 “Solicitud de Mantenimiento” que no fueron ejecutadas, las cuales se clasifican en orden de prioridad en formato OMA-P.CP-11 “Solicitudes Pendientes” (Ver anexo B). El coordinador de mantenimiento o el funcionario delegado por él, hacen un seguimiento regular a la lista de actividades pendientes (Formato OMA-P.CP-11 “Solicitudes Pendientes”) con el fin de asegurar que estas órdenes de trabajo sean atendidas, aun así su revisión es deficiente.

- **Mantenimiento programado en planta de fundición y mecanizado.** El personal de mantenimiento ejecuta chequeos periódicos a los equipos o máquinas (al menos 2 veces al año para cada máquina), con el fin de diagnosticar el estado actual de las mismas, teniendo en cuenta el “Cronograma de Chequeos Maquinaria” OMA-P.CP-15 (Ver anexo B). Este diagnóstico se registra en el formato “OMA-P.CP-12 Hoja de Chequeo de Equipos” (Ver anexo B).

Posteriormente se programan los mantenimientos, con base en el inventario de equipos que afectan directamente la calidad de sus productos fabricados, el “Cronograma de Chequeos Maquinaria” OMA-P.CP-15 y la lista de las “Solicitudes Pendientes” OMA-P.CP-11 mostrados en el anexo B.

La planeación y programación de las tareas específicas de mantenimiento programado es realizada por el coordinador de mantenimiento o su delegado, con la participación del personal de mantenimiento.

Después de realizado el mantenimiento programado, (y en general cada vez que se realice un servicio), la coordinación de mantenimiento o su delegado y el personal de mantenimiento hacen la entrega oficial del equipo al coordinador de cada sección o sus delegados, adicionalmente se hacen las recomendaciones que se consideren pertinentes, verbalmente o por escrito, según se requiera y se solicita la firma respectiva en el formato OMA-P.CP-01 “Solicitud de mantenimiento”, que indica conformidad con el trabajo realizado.

- **Programación del mantenimiento.** Se definen las fechas de ejecución del mantenimiento y de su próxima intervención para algunos equipos. La programación de mantenimiento preventivo se realiza con base al cronograma anual de las intervenciones que realiza el equipo de mantenimiento, esta

programación se realiza más por experiencia del coordinador de mantenimiento, que por una dedicada labor técnica e interacción entre los jefes de mantenimiento y producción para su posterior avale.

- **Mantenimiento de equipos de cómputo.** (Hardware y sistemas de información), Industrias LAVCO cuenta con un profesional de sistemas calificado para realizar labores de mantenimiento a los equipos de hardware y sistemas de información, el cual es realizado de dos maneras: Preventivo y Correctivo.

❖ **Mantenimiento preventivo.** Como una primera forma se realiza un control tipo mantenimiento preventivo (aseo) el cual se lleva a cabo 2 a 4 veces en el año. La limpieza de posibles amenazas con el antivirus vigente y licenciado es permanente. De la misma manera cada seis (6) meses se realiza mantenimiento con el propósito de liberar espacio en los discos duros así como la realización de una copia de seguridad para cada equipo. En cuanto al manejo de copias de seguridad de la información, se realiza un Back up diario al sistema de Información operativo, que mensualmente es recopilada y almacenada en un disco de datos (CD o DVD). Se incluye también la información de las bases de datos existentes en la empresa.

❖ **Mantenimiento correctivo.** Si un equipo presenta un daño o mal funcionamiento, este se reporta al diligenciar el formato OMA-P.CP-13 “Control diario de Mantenimientos Hardware” (Ver anexo B) y se envía por correo interno. El responsable de sistemas determina si es competente para hacer la reparación o se debe hacer fuera de la empresa, ante lo cual pasa a generar una solicitud de compra siguiendo lo consignado en el procedimiento. Se deja registro de la compra o del cambio de dichas partes en el inventario de equipos si aplica e igualmente queda registrada en la base de datos.

Todos los trabajos realizados de mantenimiento a los equipos hardware (tanto preventivo como correctivo) se registran en el formato OMA-P.CP-13 “Control diario de mantenimientos hardware” el cual se maneja digitalmente.

5.2.3 Gestión del mantenimiento. El coordinador de mantenimiento o el funcionario delegado por él, hace un seguimiento periódico de las actividades del personal de mantenimiento. Este seguimiento contempla entre otros criterios las prioridades asignadas a la lista de las “Solicitudes Pendientes” OMA-P.CP-11.

La información contenida en las “Solicitud de Mantenimiento” OMA-P.CP-01 (Ver Anexo B) atendida (OT cerradas), es digitada en la base de datos y alimenta la generación de informes y revisiones de gestión del subproceso.

- **Indicadores de Gestión de mantenimiento.** El departamento de mantenimiento no maneja un grupo de indicadores adecuados para tener un buen control sobre el desempeño de las actividades del equipo de mantenimiento en la empresa.

El departamento de mantenimiento maneja los siguientes indicadores mensuales:

- ❖ Numero de órdenes de trabajo para mantenimiento correctivo
- ❖ Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo
- ❖ Pérdidas de tiempo en producción por paros de máquinas no programadas.
- ❖ Disponibilidad programada en planta
- ❖ Gestión del gasto del proceso mantenimiento

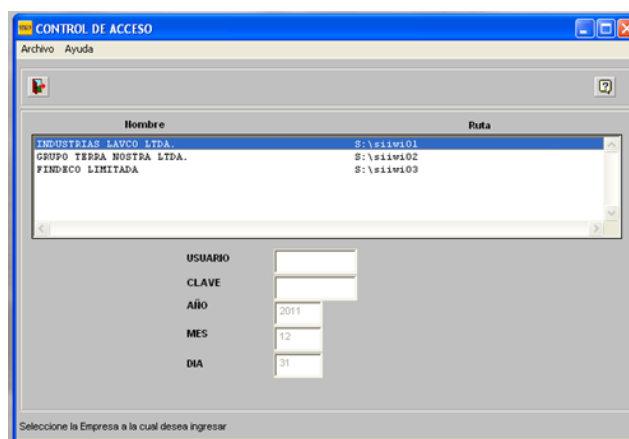
Ver anexo B, objetivos y metas de los indicadores de mantenimiento

- **Compras necesarias para cumplir con las reparaciones.** Si es necesaria la reposición de piezas, construcción de piezas, compra de repuestos, compra o actualización de licencias de software, o se requiere un servicio externo, el profesional de Sistemas responsable o su delegado, sigue los lineamientos del “Procedimiento de Abastecimiento y Logística CCS-P.CO”. Este procedimiento no fue posible conocerlo.

Con el propósito de facilitar el gerenciamiento de la información LAVCO se apoya en el software SIIGO, del cual se manejan todos los módulos centrados en la parte contable: Contabilidad, presupuestos, compras, pedidos, ventas, facturación, cartera, estadística, nomina, inventarios. Por medio de este software se verifica: Disponibilidad de insumos, inventarios actualizados, proveedores y pedidos.

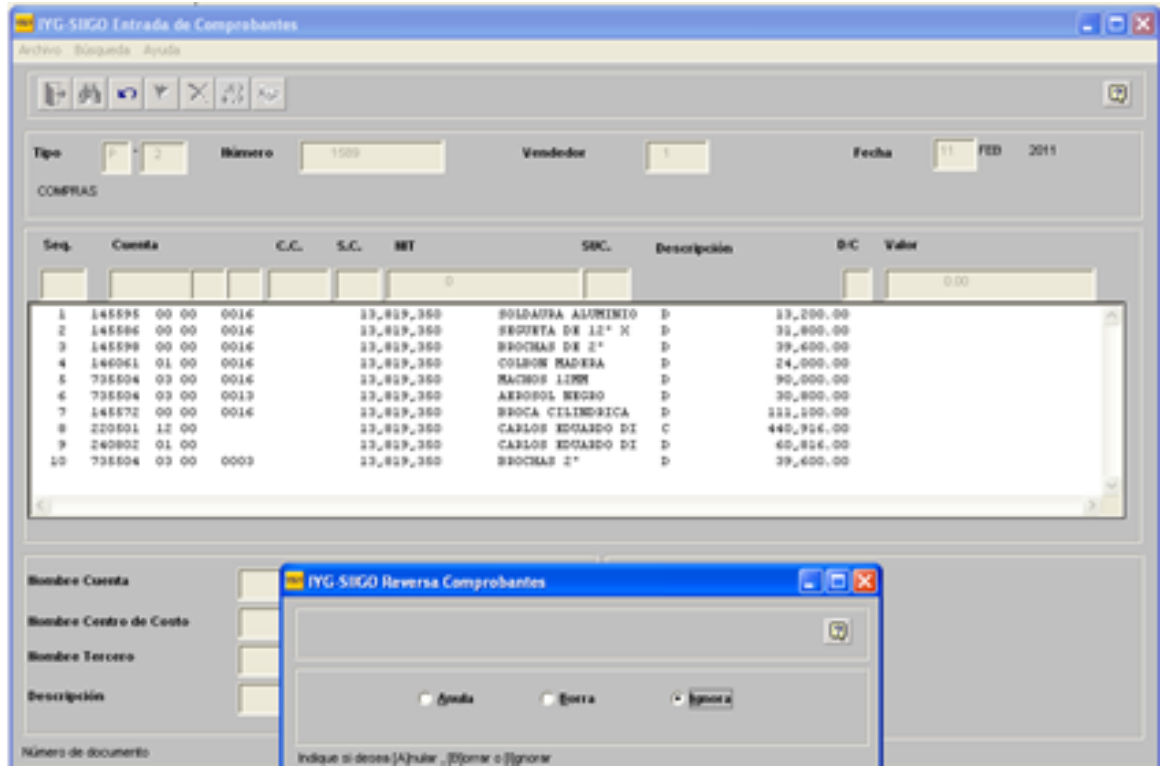
Se cuenta con un departamento de Compras denominado abastecimiento y logística, que es responsable de presupuestar, negociar, recibir, almacenar y proveer insumos apropiados para el ejercicio de todas las actividades de LAVCO. Su gestión además incluye el trabajo con inventarios y la distribución interna de insumos.

Figura 19. Interfaz gráfica de SIIGO



Fuente: Industrias Lavco

Figura 20. Interfaz gráfica de SIIGO



Fuente: Industrias Lavco

- **Almacén.** Existe un almacén de repuestos en la planta de producción de la empresa, los repuestos que se encuentran disponibles para los equipos están identificados por nombre y código. El trabajo en inventarios se ha considerado crítico al reconocer el costo de manejo de los mismos, en ese sentido se considera que abastecimiento y logística es un facilitador de todas las áreas, pero que cada uno es directamente responsable por hacer gestión de su propio inventario como dueño del mismo para garantizar que sea cada director de área quien determine los mínimos y máximos de todos sus elementos, defina las especificaciones de los mismos, evalúe la calidad al recibirlos, y cuide por atender variaciones de consumo que afecten el costo.

El stock de repuestos no es actualizado periódicamente y por tal razón se tiene en inventario piezas, repuestos, herramientas, etc., que ya no se utilizan y las que verdaderamente se necesitan no se encuentran disponibles. En el almacén existen insumos de repuestos que se utilizan con mayor frecuencia como “aceite, filtros, mangueras, anillos, etc.” El almacén tiene unos productos catalogados como urgentes: Insertos, herramientas, Aceites.

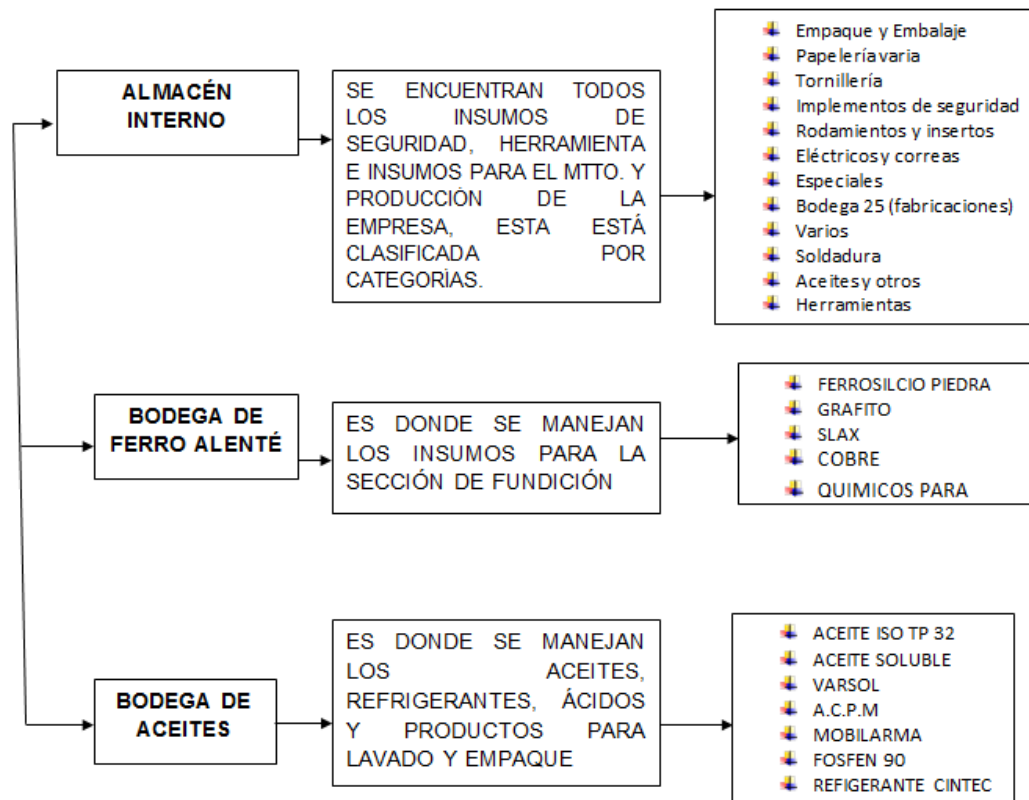
Figura 21. Almacén de repuestos



Fuente: Autor

La empresa cuenta con una distribución del almacén de la siguiente forma:

Figura 22. Distribucion del almacen de Lavco.



Fuente: Industrias Lavco

5.2.4 Sistema de información de mantenimiento. La empresa utiliza Access como soporte para el registro de las actividades de mantenimiento, y Excel para llevar los registros de los indicadores del área y las fichas técnicas de los equipos.

En la base de datos de mantenimiento se maneja el historial y toda la información relacionada con los mantenimientos realizados, la cual surge de la información diaria recolectada del formato OMA-P.CP-01 “Solicitud de Mantenimiento”.

La información contenida en la “Solicitud de Mantenimiento” OMA-P.CP-01 atendida y las órdenes de trabajo (OT cerradas), son digitadas en la base de datos de Access

La información que se registra en la base de datos de Mantenimiento contiene los siguientes datos:

- Número de solicitud u orden de trabajo con que se realizó la reparación.
- Fecha en que se concluyó el trabajo.
- Tiempo efectivo de la reparación.
- Piezas cambiadas a cada equipo.
- Tareas desarrolladas para realizar la reparación.
- Firma de quien recibe o aprueba el trabajo realizado.

De este archivo electrónico se pueden obtener los indicadores de gestión y consultas importantes para el control del proceso tales como:

- Equipos con mayor tiempo de parada y sus causas.
- Equipos con mayor número de paradas y sus causas.
- Control de piezas cambiadas.
- Listado de actividades pendientes.
- Número de solicitudes atendidas por operario de mantenimiento.

En cuanto a la información sobre mantenimientos de hardware, se lleva digitalmente a través del formato OMA-P.CP-13 “Control diario de Mantenimientos Hardware”, (ver anexo B).

- **Fichas técnicas de los equipos.** Para cada uno de los equipos de la empresa existen fichas técnicas: OMA-P.CP-02 “Ficha Técnica de Maquinaria” (Ver anexo B), y OMA-P.CP-03 “Ficha Técnica de Hardware”, Todos los equipos se encuentran codificados siguiendo los lineamientos del Instructivo OMA-I.CP-02 “Maestro para Codificación de Equipos en Industrias LAVCO LTDA.”,(Ver Anexo B). La digitalización de las fichas técnicas ha permitido agilizar la búsqueda de datos, y evitar seguir utilizando estantes para archivos manuales que ocupen espacio y que sean poco provechosos para las labores que hay que desempeñar.

Como se puede observar existen formatos para tener una buena documentación sobre cada equipo, pero que lastimosamente solo se llenan los dos primeros formatos “Características generales, sistemas eléctrico, y algunas tienen registros de piezas”, ya que no se cuenta con toda la información pertinente de cada equipo y la empresa no ha tomado acciones para tratar de conseguir esta información. Es responsabilidad de la coordinación de mantenimiento o de su delegado, mantener actualizada la información de cada equipo que influya directa e indirectamente con la calidad de los productos.

- **Manual de operación y mantenimiento.** Existe un formato estándar donde se recopila la información de la mayoría de los equipos de forma estructurada y ordenada, pero la información existente de cada equipo es muy general y en la mayoría de los casos no existen planos, manuales de operación ni mantenimiento para la mayoría de los equipos.

Este manual contempla los siguientes ítems para el equipo:

- Descripción de la maquina
- Alistamiento de la maquina

- Aseo al final de cada turno
- Aseo programado
- Observaciones de operación
- Lubricación
- Recomendaciones

5.2.5 Estado general de equipos.

- **Condición actual de operación de equipos en industrias LAVCO.** Actualmente la empresa cuenta con más de 120 máquinas para el desarrollo de sus procesos productivos. Los equipos están organizados y distribuidos dependiendo básicamente del proceso en el cual intervienen y de la función que estos desempeñan dentro del proceso productivo.

- **Planta de mecanizado.** La planta de mecanizado está dotada con tornos universales que son desarmados y adaptados de acuerdo a los procesos que se consideran óptimos para las líneas seca y bujes que son las más representativas con el 80% de toda la producción. La caracterización de estos y demás equipos pertenecientes a la planta puede verse en el anexo C.

Reconociendo que quedaba un enorme potencial de mejora en las líneas Ceja-diesel, Renault y Diesel húmeda, la empresa asumió el proyecto de implementar tecnología CNC en sus procesos de Mecanizado. La empresa adquirió en junio del 2012 tres tonos de control numérico para dicho fin, (Ver anexo C).

En la línea de mecanizado industrial se hicieron mejoras a los tornos de exterior; para julio de 2012 se estima poner en funcionamiento una nueva bruñidora industrial (Vertical), que ampliará sustancialmente la capacidad de esa línea de trabajo. Actualmente se encuentra parada por falta de repuestos.

- **Planta de fundición.** La planta de fundición, mantiene una restricción importante en tipos de producción al tener hornos de cubilote con los que se puede solo intentar producir hierro nodular, aunque con dificultades. Es previsible que el tema ambiental pueda forzar a migrar hacia tecnologías como hornos rotativos y/o hornos de inducción.

En cuanto a la producción misma en fundición: la capacidad del proceso se amplió desde Dic de 2011 al construir un nuevo cubilote de 2.100 kilos hora con el cual la producción para piezas industriales puede ser parte del proceso sin problemas. Esto permitió dar abasto a la línea diésel, en desarrollo por aumento de capacidad en mecanizado (CNC). Se cuenta con 30 centrífugas individuales de diseño propio y 6 centrífugas industriales, de las cuales se ha ido mejorando su diseño original, incorporándoles elementos de automatización. Una de ellas es totalmente nueva (PROYECTO UNAL COLCIENCIAS) y están listos los planos para una de tamaño superior a todo lo que LAVCO ha hecho hasta ahora. La caracterización de estos equipos puede verse en el anexo C.

El método de trabajo es totalmente manual, inclusive la extracción y colado con lo cual se generan restricciones de rendimiento importantes. Es una constante en esa área la excelente calidad del producto y la enorme oportunidad que existe de optimizar su funcionamiento automatizando desplazamientos y operaciones. La empresa cuenta con tres tanques alimentadores a presión que se encargan de agitar e inyectar un recubrimiento refractario en los moldes para facilitar la extracción de los tubos que pasaran a la planta de mecanizado.

En general los equipos funcionan bajo unas condiciones de diseño y unos parámetros de operación, que no son los más adecuados, presentan problemas y demoras en la atención de los imprevistos que surgen en el día a día; se analizaron

los equipos de producción y la mayoría se encuentran devaluados y tiene más de 20 años de estar operando, por lo que las exigencias en la manufactura de estos productos los hacen obsoletos y pocos confiables para el nivel de competencia requerido (ver Anexo C), por esto es necesario realizar esfuerzos para generar proyectos de innovación y mejora que pongan la compañía en condiciones de verdadero desarrollo tecnológico.

5.2.6 Análisis del área de mantenimiento.

- **Instalaciones físicas.** El espacio disponible para la distribución de las máquinas y equipos en las plantas de producción no es suficiente.

El área de mantenimiento se encuentra ubicado dentro de la planta de mecanizado, lo que le permite atender prontamente algún percance que se llegue a presentar; sin embargo el espacio destinado para el área de mantenimiento es escaso, tiene algunos equipos obsoletos que ya no prestan ninguna función y ocupan espacio que realmente se puede aprovechar para otras actividades o máquinas; además cuenta con muy pocos equipos y herramientas óptimos destinados para atender las emergencias.

El equipo vinculado al proceso de mantenimiento está formado por 7 especialistas clasificados en de acuerdo a su especialidad o disciplina en la figura se recreó el organigrama para el departamento de mantenimiento.

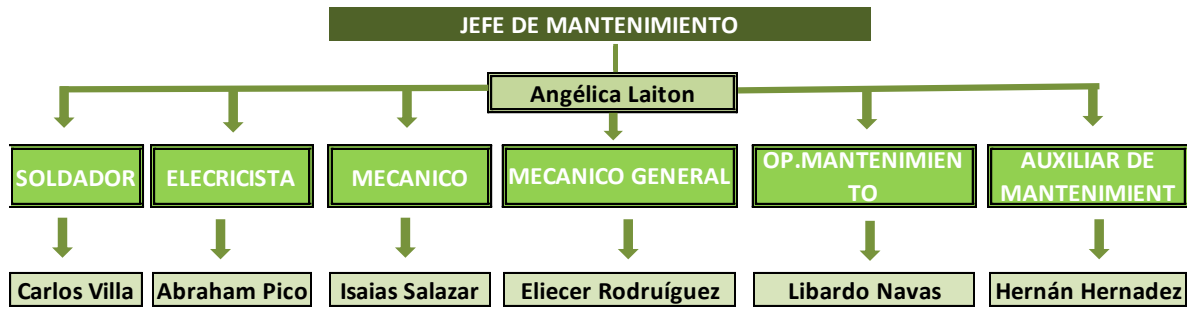
Figura 23. Área de mantenimiento



Fuente: Autor

El equipo de mantenimiento proporciona rutinas de inspección y de lubricación, no se hace un análisis individual para coordinar a nivel de conjunto un agrupamiento por familias de equipos, repuestos, etc., con el fin de optimizar la mano de obra. Incluso con la información suministrada por el fabricante, es difícil, al principio prever la carga de mantenimiento correctivo esperada. Pese a la experiencia que tiene el personal de mantenimiento a esos factores no se les presta atención en parte por el pago que reciben en la prestación de su servicio, y por el escaso presupuesto que se asigna. La ausencia de tareas para facilitar la planificación de trabajos, identificación de trabajos repetitivos que ayuden a confeccionar un procedimiento de reparación para cada uno de los casos, ocasiona que la empresa se atenga a seguir protocolos correctivos.

Figura 24. Organigrama de mantenimiento



Fuente: Autor

6. DESARROLLO FASE 2 MODELO DEL PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (MGM) (CRESPO, 2007)

6.1 JERARQUIZACIÓN DE LOS EQUIPOS SEGÚN LA IMPORTANCIA DE SU FUNCIÓN.

Para definir cuál sería el alcance de esta fase, y el manejo cuidadoso que va a tener para su posterior análisis en la Fase 7 del modelo (MGM), se optó por priorizar en equipos críticos, en el mejor de los casos fue tomar toda la planta.

6.2 EJECUCIÓN DE LA FASE DOS.

Se elaboró el análisis para conocer los equipos críticos cuyas, fallas producen detenciones e interferencias generales, cuellos de botella, daños y retrasos o paradas en las actividades de los demás centros de trabajo de la empresa.

Debido al gran número de equipos que posee Industrias LAVCO, fue importante establecer hacia que equipos se deben dirigir los esfuerzos, para que el jefe de mantenimiento pueda implementar las metodologías de mantenimiento más acordes para atender las áreas y sistemas más críticos. Para la determinación del estado de criticidad de los equipos en función de su impacto global, se utilizó el método de evaluación basado en el concepto de riesgo que se define de la siguiente manera:

*Criticidad = Frecuencia * Consecuencia de fallas.*

Ecuación 6.1

Frecuencia = Rango de falla en un tiempo determinado.

Ecuación 6.2

$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto operacional} * \text{Flexibilidad}) + \text{Costos de mantenimiento} + \text{Impacto en seguridad, Ambiente e Higiene.}$$

Ecuación 6.3

Tabla 4. Factores ponderados considerados como criterio de evaluación.

FRECUENCIA DE FALLAS	VALOR
• Pobre, mayor a 2 falla/año	4
• Promedio, 1-2 fallas/año	3
• Buena, 0.5 – 1 fallas/año	2
• Excelente, menos de 0.5 fallas/año	1
IMPACTO OPERACIONAL	VALOR
• Perdida de todo el despacho	10
• Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas	7
• Impacta en niveles de inventario calidad	4
• No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	VALOR
• No existe operación de producción y no hay función de repuesto	4
• Hay opción de repuesto compartido/almacén	2
• Función de repuesto disponible	1
COSTOS DE MANTENIMIENTO	VALOR
• Mayor o igual a 2'000.000	2
• Inferior a 2'000.000	1
IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE	VALOR
• Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
• Afecta el ambiente/instalaciones	7
• Afecta las instalaciones causando daños severos	5
• Provoca daños menores (ambiente –seguridad)	3
• No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente	1

Fuente: Clase de Mantenimiento Primer semestre 2012 (profesor Blas tapias).

Para determinar la criticidad de un equipo o sistema se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla. La matriz tiene asociado un color que

permite identificar la menor o mayor intensidad de riesgo relacionado con el valor de criticidad de la instalación.

Figura 25. Matriz de criticidad

MATRIZ ANALISIS DE CRITICIDAD

Frecuencia de Falla	MC	MC	C	C	C
	NC	MC	MC	C	C
	NC	NC	MC	MC	C
	NC	NC	NC	MC	C
	1 -- 10	11 -- 20	21 -- 30	31 -- 40	41 -- 50
Consecuencia					
	Equipo crítico				
	Equipo medianamente crítico				
	Equipo no crítico				

Fuente: Clase de Mantenimiento Primer semestre 2012 (profesor Blas tapias)

Durante esta fase de estudio, se observó que para generar el plan de mantenimiento de la empresa, este se hace con base a los equipos que se creen críticos bajo el criterio del jefe de mantenimiento, esta gestión se venía desempeñando cada año contemplando los mismos equipos, sin evaluar realmente el estado cambiante que presentan durante los distintos periodos años atrás, sin indagar el estado de los demás equipos pertenecientes a la empresa, solo hasta que se presentara un fallo correctivo.

Tabla 5. Equipos críticos bajo criterio propio de la gestión de mantenimiento

N.o	MAQUINA	CODIGO
1	BRUÑIDORA HIDRAULICA	M002
2	BRUÑIDORA NEUMATICA	M004
3	FRESADORA LATERAL RENAULT	M007
4	PUENTE GRUA ELECTRICO	M008
5	MANDRINADORA MÚLTIPLE	M011
6	RECTIFICADORA SIN CENTROS DE 12"	M017
7	RECTIFICADORA SIN CENTROS DE 5"	M018
8	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON COPA	M043
9	TORNO PARALELO UNIVERSAL	M050
10	CNC DOOSAN LYNX 300	M054
11	CENTRIFUGADORA INDEPENDIENTE (ALLEN)	F009
12	CENTRIFUGADORA INDEPENDIENTE (ESPECIALES)	F010
13	CENTRIFUGADORA INDEPENDIENTE (ESPECIALES)	F011
14	CENTRIFUGADORA ESPECIALES	F045
15	CENTRIFUGADORA NUEVA (PROYECTO UNAL)	F066
16	CENTRIFUGADORA DE TAPAS COQUILLAS	F067
17	EQUIPO DE SOLDADURA ELÉCTRICA	X002
18	FRESADORA UNIVERSAL	X004
19	SUBESTACION ELECTRICA	T001
20	PLANTA ELECTRICA	T002
21	MONTACARGAS DE UÑAS	T008

Fuente: Autor

El análisis de criticidad arrojó los resultados que se observan en la siguiente tabla 6, este análisis se hizo con base al historial de la base de datos de mantenimiento y fallos referentes a todo el año 2012; también se soportó este análisis con la ayuda de la matriz de peligros y riesgos asociados a las actividades y los equipos de empresa, elaborada por parte del personal de industrias LAVCO, con mira a la certificación OSHAS 18001.

Tabla 6. Jerarquización de equipos de acuerdo a su nivel de criticidad.

No.	Código	Equipo	Nivel de Criticidad	Nivel de Criticidad
1	T008	MONTACARGAS DE UÑAS	132	C
2	M017	RECTIFICADORA SIN CENTROS DE 12"	76	MC
3	M018	RECTIFICADORA SIN CENTROS DE 5"	76	MC
4	F010	CENTRIFUGADORA INDEPENDIENTE (ESPECIALES)	72	MC
5	F006	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	69	MC
6	F012	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	69	MC
7	F020	HORNO CUBILOTE 1	69	MC
8	F055	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	69	MC
9	F057	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	69	MC
10	F069	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	69	MC
11	F075	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	69	MC
12	T005	COMPRESOR DE PISTÓN	69	MC
13	M054	CNC DOOSAN LYNX 300	63	MC
14	F072	TURBINA HORNO GRANDE	62	MC
15	M055	CNC LEADWELL	60	MC
16	F030	TURBINA ENFRIAMIENTO COQUILLAS	57	MC
17	M004	BRUÑIDORA ELECTRO NEUMÁTICA	52	MC
18	M010	MANDRINADORA HIDRÁULICA DE 4 HUSILLOS	52	MC
19	M012	MESA DE MARCACIÓN, LAVADO, PROTECCIÓN Y IDENTIFICACIÓN	52	MC
20	M031	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	52	MC
21	M032	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	52	MC
22	M038	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	52	MC
23	F031	ELEVADOR DE MATERIAL (Malacate)	51	MC
24	X010	TORNO PARALELO CON COPA	48	MC
25	M009	MANDRINADORA HIDRÁULICA DE 2 HUSILLOS	48	MC
26	M019	RECTIFICADORA VERTICAL DE 4 HUSILLOS	48	MC
27	M020	TALADRO DE BISELADO	48	MC
28	M021	TALADRO DE BISELADO	48	MC
29	M024	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	48	MC
30	M025	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	48	MC
31	M026	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	48	MC
32	M028	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	48	MC
33	M030	TORNO PARALELO UNIVERSAL	48	MC
34	M033	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	48	MC
35	M034	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	48	MC
36	M035	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PUNTOS	48	MC
37	M039	TORNO PARALELO CON PINZA	48	MC

38	M041	TORNO PARALELO CON MANDRIL	48	MC
39	M047	TORNO PARALELO UNIVERSAL	48	MC
40	F024	TANQUE MEZCLADOR E INYECTOR GRANDE	48	MC
41	F025	TANQUE MEZCLADOR E INYECTOR DE MEDIANO	48	MC
42	F007	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	46	MC
43	F013	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	46	MC
44	F014	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	46	MC
45	F015	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	46	MC
46	F016	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	46	MC
47	F017	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	46	MC
48	F018	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	46	MC
49	F019	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	46	MC
50	F021	HORNO CUBILOTE 2	46	MC
51	F047	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	46	MC
52	F066	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL (PROYECTO UNAL)	46	MC
53	T006	COMPRESOR DE PISTÓN	44	MC
54	F048	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	44	MC
55	F050	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	44	MC
56	F051	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	44	MC
57	F053	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	44	MC
58	F056	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	44	MC
59	F068	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	44	MC
60	X002	EQUIPO DE SOLDADURA ELÉCTRICA	40	MC
61	X006	PRENSA HIDRÁULICA	40	MC
62	F002	BOMBA DE AGUA FUNDICIÓN	40	MC
63	M003	BRUÑIDORA ELECTRO NEUMÁTICA	40	MC
64	M057	BRUÑIDORA VERTICAL HIDRÁULICA	40	MC
65	M058	CNC DAEWOO PUMA 400	40	MC
66	M011	MANDRINADORA MÚLTIPLE	39	MC
67	M042	TORNO PARALELO CON MANDRIL	39	MC
68	M043	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON COPA	39	MC
69	M001	BRUÑIDORA ELECTRO NEUMÁTICA	36	MC
70	M002	BRUÑIDORA HIDRÁULICA	36	MC
71	M037	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	36	MC
72	M007	FRESADORA LATERAL RENAULT	36	MC

Fuente: Autor

En el anexo C se exponen los listados y la jerarquización del nivel de criticidad de todos los equipos evaluados.

7. DESARROLLO FASE 3 MODELO DEL PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (MGM) (CRESPO, 2007)

7.1 ANÁLISIS DE PUNTOS DÉBILES EN EQUIPOS DE ALTO IMPACTO

Para el desarrollo de esta fase se utilizó el análisis de modo y efecto de falla, (AMEF), con el propósito de identificar las causas más relevantes de los problemas de los equipos en estos procesos, para luego profundizar en su análisis y posteriormente generar las alternativas de solución más viables para su corrección. Este procedimiento se puede observar en el anexo D.

7.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS A ESTUDIAR

A partir del análisis de criticidad y por la severidad del impacto dentro de los procesos y propósitos de la empresa, se seleccionaron los siguientes equipos para profundizar en su análisis de acuerdo al propósito del plan estratégico organizacional de la empresa.

7.2.1 Planta de fundición. Para trabajar en la prioridad que más costos representa desde años atrás hasta la fecha, referente al tema de poros y dureza, que tienen por supuesto repercusión en la velocidad del proceso de mecanizado.

De acuerdo al plan de trabajo de la empresa precisamente el tema se centra en el ahorro de la materia prima, que tiene 3 elementos de trabajo:

- Especificaciones técnicas respecto a la pintura. (Estandarización, Control, Optimización, Aplicación)
- Estado de coquillería (Suficientes y en buen estado y acordes a la medida a producir con mínimo tamaño de aros).
- Trabajo con el CNC (que permite menores espesores de material).

De estos tres temas el estudio se ha enfocado en el primero de ellos, todo el tema referente a la pintura.

7.2.2 Equipos auxiliares. El segundo tema es el relacionado con el uso eficiente de la energía tema concerniente al área de mantenimiento, el cual tiene los siguientes objetivos:

- Banco de condensadores, rediseñarlo.
- Sistema de Aire comprimido
- Cultura y enfoque de respeto por el mantenimiento primario.

De estos tres temas el estudio se ha enfocado en el aire comprimido.

7.2.3 Planta de mecanizado. El último tema se centra en un sistema de banda transportadora con miras a la optimización directa de las operación de marcado y lavado de las camisas, e indirectamente la operaciones de protección y empaque, ya que se ha adquirido un equipo nuevo de marcado para dicho fin.

8. DESARROLLO FASE 4 MODELO DEL PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (MGM) (CRESPO, 2007).

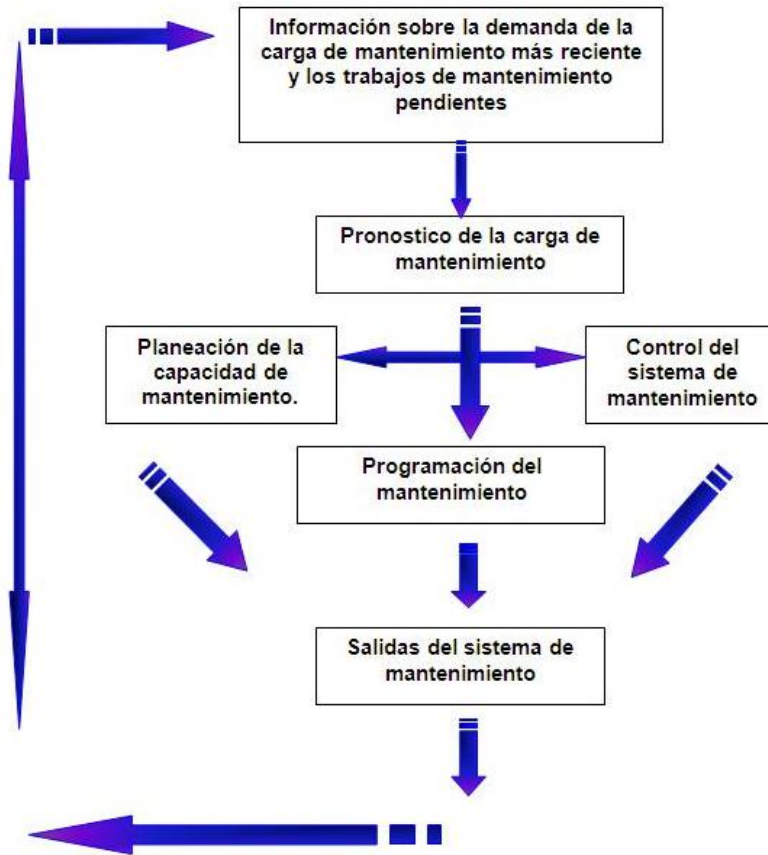
Comprende el **DISEÑO DE PLANES DE MANTENIMIENTO Y DE RECURSOS NECESARIOS**. El desarrollo de esta fase no está dentro del alcance del proyecto, sin embargo a partir de la información contenida en el desarrollo de las fases 2,3, 5 y 6 del modelo (MGM) de este proyecto, se puede realizar el mejoramiento del programa de mantenimiento y diseño del plan de mantenimiento, replanteando los objetivos, metas y acciones a desarrollar a corto, mediano o largo plazo, para ello debe tenerse en cuenta también lo siguiente:

- Planeación de la capacidad de mantenimiento
- Mano de obra
- Materiales
- Refracciones
- Equipo
- Herramientas
- Habilidades del trabajador
- Clase de equipos
- Tamaño de la industria
- Analizar las causas de debilidad.
- Listar las posibles acciones que permitan corregir o eliminar los factores que provocan la situación actual.
- Seleccionar las acciones factibles de cumplir e indicar en qué proporción.

❖ **Carga de mantenimiento.** La carga de mantenimiento varía aleatoriamente en la empresa, entre otros factores puede encontrarse en función

de la edad del equipo, el uso, la calidad del mantenimiento, factores climáticos y destrezas de los operadores de mantenimiento. “En esencia el pronóstico de carga de mantenimiento permitirá alcanzar el nivel deseado de eficiencia y utilización de los recursos”²⁵.

Figura 26. Pronostico de la carga de mantenimiento



Fuente: Elaboración plan de mantenimiento de reemplazo de equipos

²⁵ Elaboración plan de mantenimiento de reemplazo de equipos, disponible en < <http://www.monografias.com/trabajos94/elaboracion-plan-mantenimiento-reemplazo-equipos/elaboracion-plan-mantenimiento-reemplazo-equipos.shtml>>

9. DESARROLLO FASE 5 y 6 MODELO DEL PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (MGM) (CRESPO, 2007)

9.1 PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LA ASIGNACIÓN DE RECURSOS / EVALUACIÓN Y CONTROL DE LA EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO

Dados los inconvenientes de no tener un diseño específico de planeación y programación de las acciones de mantenimiento, durante el periodo de estudio, los objetivos y metas de los indicadores que maneja el departamento de mantenimiento de la empresa se analizaron, y se realizó una evaluación del desempeño del área a través de los resultados obtenidos de los años 2011 y 2012 por estos índices, estos indicadores se pueden ver en el anexo E.

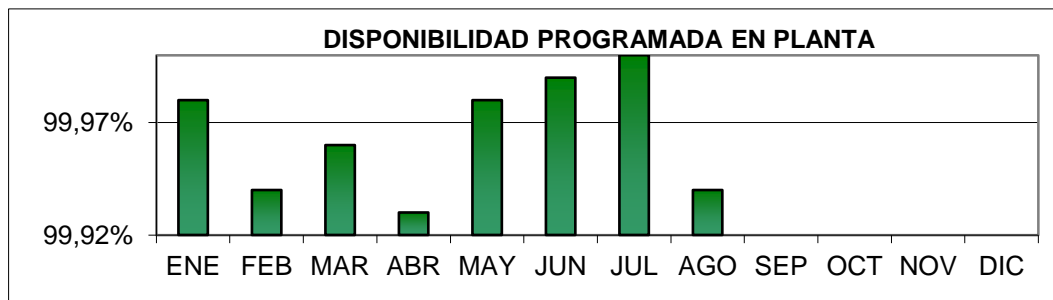
9.1.1 Análisis del desempeño del departamento de mantenimiento.

- **Gestión de costos del proceso de mantenimiento.** Estos costos son trabajados en tres partes generales:
 - **Costo de operación.** Abarca gastos como salario básico, subsidio de transporte, cesantías, vacaciones, primas y auxilios de alimentación.
 - **Máquinas.** Los cuales son repuestos para maquinaria, lubricantes, aceros y láminas para fabricaciones o metalistería, puesta en marcha, ajustes, stock.
 - **Materiales.** Insumos de soldadura, tuercas y tornillos, herramientas para corte pulido y taladrados.

Asumiendo los meses que faltaron por incluirse en los costos de mantenimiento del año 2012, y teniendo presente que se mantienen gastos aproximadamente equivalentes cada mes, tanto en el año 2011 como en el año 2012, en total se tiene un promedio de costos de mantenimiento de **\$ 202.231.107,93 millones al año**. De acuerdo al análisis de estos resultados se observa que el mantenimiento acarrea costos que han prevalecido desde años atrás, aunque la evaluación se hizo a partir del año 2011 hasta el mes de agosto del año 2012, partiendo de lo que se tenía en registros. A partir de este análisis se puede concluir que los gastos de mantenimiento no tienen una buena gestión y una evaluación completa, ya que se está dejando por fuera los costos por mantenimiento no programado como son: Costos por producto no elaborado, costo de mano de obra en paro, paro de otros sistemas, etc., el análisis de los costos reales que tiene la empresa por mantenimientos preventivos y correctivos no es posible realizarlo debidamente al no tener la información necesaria para hacerlo, ya que la empresa no separa estos gastos, más adelante se realiza un procedimiento y formulación de indicadores que deben seguirse para reducir y medir los costos reales de todo el mantenimiento en la empresa.

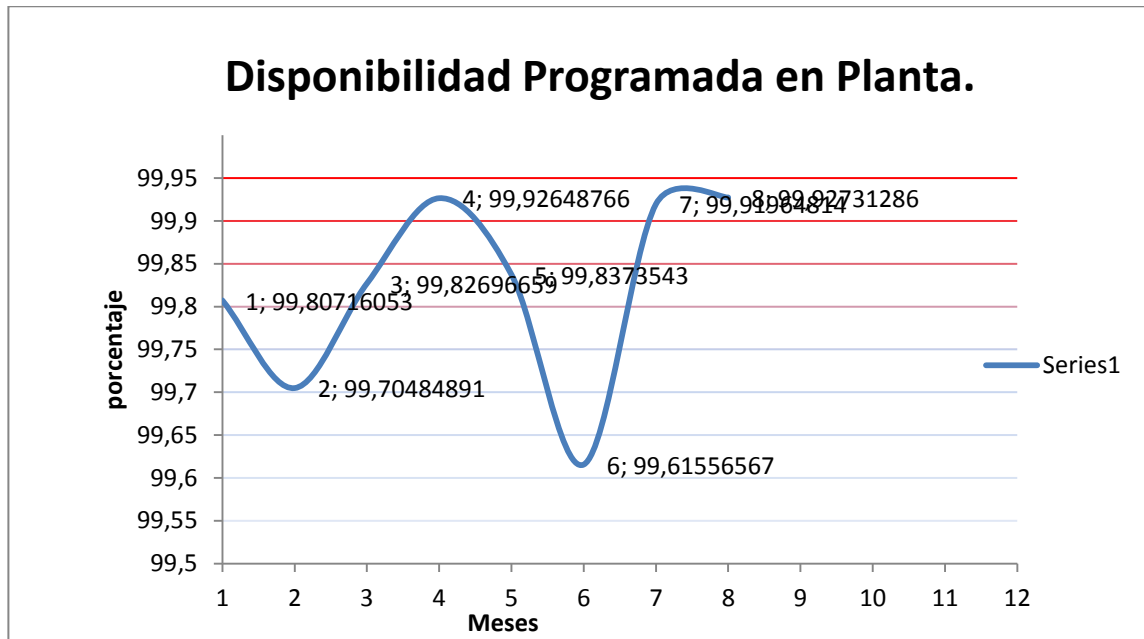
- **Análisis de la disponibilidad de equipos.** De acuerdo a estos índices la disponibilidad de equipos estuvo por encima del 99.6 % que es lo ideal.

Figura 27 . Disponibilidad de equipos año 2011



Fuente: Jefe de mantenimiento Industrias LAVCO

Figura 28. Disponibilidad de equipos año 2012



Fuente: Jefe de mantenimiento Industrias LAVCO

Sin embargo se realizó un análisis de mantenibilidad en este caso solo a los equipos de la planta de mecanizado, debido a lo dispendioso que resulta buscar la información ítem por ítem en la base de datos para los demás equipos, donde no se tiene organizados y separados los trabajos preventivos de los correctivos respectivamente. Esto para saber la capacidad de respuesta que tuvo del equipo de mantenimiento durante todo el periodo de 2012, con la información disponible en las órdenes de trabajo registradas hasta la fecha.

Este análisis fue hecho por la preocupación de la gerencia al tener una disponibilidad de planta con valores muy altos, y presentar tantos fallos y demoras en la rehabilitación de las máquinas afectadas que retrasan y aumentan los costos de producción. El análisis arrojó los siguientes resultados:

Tabla 9. Análisis de mantenibilidad a los equipos de la planta de mecanizado

CÓDIGO	TTF	# T FALLAS	MANTENIBILIDAD
M017	22.5	4	0.85
M018	9	4	0.69
M054	4.5	3	0.6
M055	14.25	3	0.83
M004	6.5	4	0.62
M010	8.5	4	0.68
M012	4	4	0.5
M031	22.5	4	0.85
M032	10	4	0.71
M038	8	4	0.67
M009	40	4	0.91
M019	15	4	0.79
M020	14.5	4	0.78
M021	13	4	0.76
M024	13	4	0.76
M025	20	4	0.83
M026	12.25	4	0.75
M028	17	4	0.81
M030	9.5	4	0.7
M033	4.5	4	0.53
M034	83	4	0.95
M035	19	4	0.83
M039	27	4	0.87
M041	41	4	0.91
M047	12.5	4	0.76
M003	14.5	1	0.94
M057	57	2	0.97
M058	5.5	2	0.73
M011	63	3	0.95
M042	73.5	1	0.99
M043	4	3	0.57
M001	16	3	0.84
M002	10.5	3	0.78
M037	110.5	3	0.97
M007	4	2	0.67

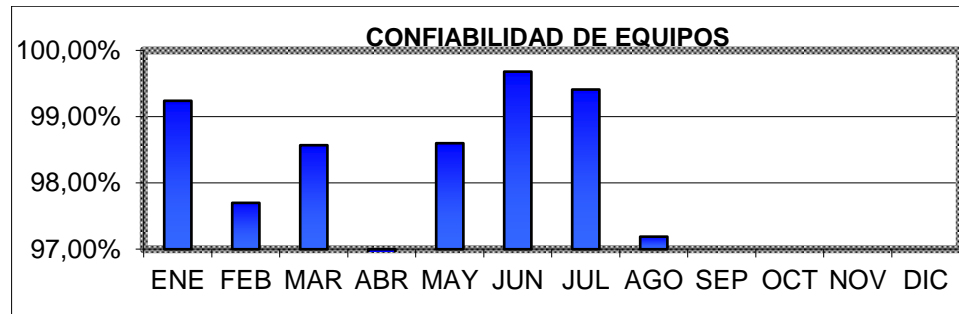
Fuente: Autor

Los porcentajes de mantenibilidad en estas máquinas fueron muy altos, lo que demuestra que el equipo de mantenimiento no está preparado para atender rápidamente estas complicaciones, y por eso el costo elevado en pérdidas de producto no elaborado por las paradas no programadas. El número de fallas presentado por cada equipo y el tiempo de reparación son considerables lo que supone una mala medición y control del índice de la disponibilidad de equipos, por lo que los resultados no son muy confiables.

El mantenimiento de los equipos e instalaciones de la empresa se lleva a cabo mediante las actividades normales diarias y las actividades ejecutadas durante los paros no programados de mantenimiento. El no contar con los repuestos e insumos claves para cada reparación impide agilizar el inicio de los trabajos de mantenimiento, o su programación en jornadas alternas. La poca comunicación del grupo de mantenimiento con el resto de áreas de la empresa hace que en la mayoría de los casos el trabajo se enfoque en mantenimiento 100% correctivo, al no tener una planeación anticipada y coordinada con el director de producción para los trabajos que deben realizarse y así no interrumpir las actividades diarias de producción.

- **Análisis de la confiabilidad de equipos.** Este indicador solo se trabajó en el año 2011 y el desempeño de confiabilidad de los equipos estuvo por encima de 99.5 % muy alto. Pero al igual que la disponibilidad de equipos, no se puede evaluar realmente si estos resultados fueron confiables, al no contar con la información disponible para hacerlo, aun así los resultados que arroja el índice de mantenibilidad efectuado confirma la preocupación de la gerencia por las demoras y fallos repetitivos de sus equipos.

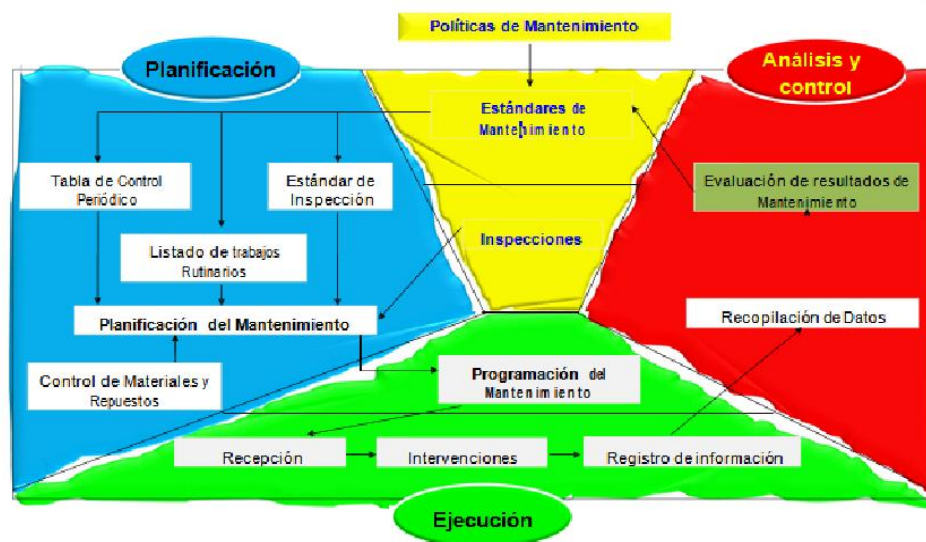
Figura 29. Confiabilidad de equipos en el año 2011



Fuente: Jefe de mantenimiento Industrias LAVCO

9.1.2 Metodología de trabajo para el año 2012. Esta metodología fue propuesta por el jefe de mantenimiento de la empresa con el propósito de optimizar el desempeño de su departamento de mantenimiento.

Figura 30. Metodología de mantenimiento



Fuente: Jefe de mantenimiento industrias LAVCO

❖ **Planificación:** Se piensan estructurar dos tablas de control, una denominada chequeos periódicos la cual permite hacer un seguimiento detallado de cada máquina en industrias LAVCO, para diagnosticar y reparar fallas con un determinado tiempo, en cada chequeo que se realiza necesariamente no es una reparación si no una revisión del estado actual de la maquina donde se entra en un dialogo constante con el operario siempre enfatizando en unas recomendaciones como lo son los mantenimientos primarios. La segunda tabla es un plan de mantenimiento preventivo más específico enfocado hacia los equipos que tienen más criticidad en la empresa. Estas tablas no se muestran ya que nunca llegaron a elaborarse.

❖ **Ejecución:** Esta es puesta en marcha por el grupo de mantenimiento luego de que se tengan los materiales y un método de trabajo viable el cual ayude a ser más eficiente durante los trabajos.

❖ **Análisis y control:** Se busca una recopilación constante de datos que ayude a replantear las estrategias de mantenimiento y por medio de la estadística se pueda predecir daños por desgaste y funcionamiento de los equipos más críticos.

9.1.3 Procedimiento para las solicitudes de mantenimiento. “Correctivo o preventivo”, la figura 31 muestra el procedimiento de mantenimiento que planea seguir el grupo de mantenimiento para el desarrollo y control de las actividades de mantenimiento.

Figura 31. Procedimiento para trabajar las solicitudes de mantenimiento



Fuente: Jefe de mantenimiento Industrias LAVCO

Para la función de mantenimiento implica una constante búsqueda de alternativas para aumentar la disponibilidad, confiabilidad y vida útil en los equipos, siempre de un control efectivo de costos.

9.2 PROPUESTA DE MEJORA

Aprovechar la información almacenada en la base de datos con los registros de las actividades de mantenimiento desarrolladas: tiempos empleados en reparaciones, tipos de fallas registradas, gravedad de las fallas, repuestos o piezas críticas empleadas (compra o fabricación), paradas no programadas, costos asumidos, etc., permiten anticipar al equipo de mantenimiento en la detección o alistamiento para atender rápidamente posibles fallas o daños que se puedan presentar en el día a día de las operaciones de producción. Sin embargo es algo que no se aplica en el departamento de mantenimiento de la empresa, por

desconocimiento de herramientas y procedimientos técnicos de evaluación planeación y programación de las tareas de mantenimiento.

Los beneficios más relevantes que se pretende obtener de este análisis son:

- Reducir la frecuencia fallas, números de fallas y los tiempos muertos en operación (Incrementar la disponibilidad de equipos)
- Incrementar la vida útil de los equipos e instalaciones.
- Mejorar la utilización de los recursos.
- Reducir los niveles de inventario.

No es oportuno registrar solo un indicador que se relacione con el resultado final, ya que este podría no alcanzarse en forma completa. Es necesario que los indicadores den cuenta del nivel de avance.

Para evaluar y controlar las desviaciones en las actividades de mantenimiento que ya han sido diseñadas, planificadas, programadas y las que estan por integrarse, se ha propuesto un complemento de los indicadores que venía manejando el departamento de mantenimiento con algunos indicadores de clase mundial. Técnicos (Disponibilidad, Mantenibilidad, Fiabilidad) y económicos (Costos de mantenimiento preventivo por mantenimientos totales, costos de mano de obra externa), ya que es muy importante asegurar que la organización capture datos convenientes y confiables.

Considerando que el primer objetivo de trabajo del área de mantenimiento es el proporcionar el logro de altos índices de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad a favor de la producción, estos factores de efectividad de mantenimiento deben ir acompañados de otros factores (índices secundarios), que permitan evaluar, analizar y pronosticar su comportamiento.

Caracterizar y clasificar la información para que sea agrupada de acuerdo a los requerimientos específicos del área de mantenimiento facilita los procesos de análisis y toma de decisiones, tan importantes en el área de costos y confiabilidad.

❖ **Manejo de costos de mantenimiento.** “El costo de mantenimiento se ubica dentro de los costos de la empresa. Como el de la materia prima, pero a diferencia de esta, el costo de mantenimiento es variable, y la empresa puede minimizar la cantidad de recursos que destina para esta acción”²⁶. Es conveniente descomponer los costos que se involucran en el mantenimiento para ver su influencia dentro del mismo.

- Costos Fijos
- Costos Variables
- Costos Financieros
- Costos de fallo

- **Los costos fijos en el mantenimiento.** Se asocian principalmente por la mano de obra y los materiales necesarios para realizar el mantenimiento preventivo, predictivo, etc., así como los gastos originados por el engrase y lubricantes de las máquinas. Estos gastos aseguran el mantenimiento en la empresa y la vida útil de la maquinaria a mediano y largo plazo, la disminución del presupuesto y recursos destinados a este gasto fijo limita la cantidad de inversiones programadas, que al inicio representan un ahorro para la empresa que después se traduce en mayor incertidumbre y gastos mayores para mantener a la empresa en su nivel óptimo²⁷.

²⁶ Capítulo 4 Costos de Mantenimiento, disponible en Internet vía anónimo:
<<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/831/5/CAPITULO%204.pdf>>

²⁷ Ibid., p. 2

- **Costos variables de mantenimiento.** Dentro de estos costos se encuentran básicamente la mano de obra y los materiales necesarios para el mantenimiento correctivo este tipo de gastos viene por la necesidad de realizar reparaciones para seguir produciendo, la manera de reducir este tipo de gasto no radica en dejar de hacer mantenimiento correctivo si no por evitar que se produzcan las averías inesperadas.²⁸

- **Costos financieros asociados al mantenimiento.** Se deben tanto al valor de los repuestos de almacén como a las amortizaciones de las maquinas duplicadas para asegurar la producción. Si los recambios son utilizados con cierta frecuencia no habría problema, dado que es una inversión que se hace para mantener la capacidad productiva de la empresa, son embargo cuando los recambios tardan mucho tiempo en ser utilizados, se está incurriendo en un gasto inicial de la empresa que al principio no genera ningún beneficio para la empresa.²⁹

- **Costos de fallo.** Podrían incluso ser mayores que los costos anteriormente nombrados estos costos se deben principalmente a:

- Descenso de la productividad del personal mientras se realizan las reparaciones
- Perdidas energéticas por malas reparaciones o por no realizarlas
- Producción perdida durante la reparación, menores ventas, menores beneficios.
- Averías medioambientales que pueden suponer desembolsos importantes.

²⁸ Capítulo 4 Costos de mantenimiento, disponible en Internet vía anónimo:
<<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/831/5/CAPITULO%204.pdf>>

²⁹ Ibid., p. 4

A los costos que pueden generar estos hechos, se debe sumar el importante de las reparaciones para volver a la normalidad.³⁰

El gasto integral es el resultante de la suma de los costos mencionados anteriormente. Estos costos dan una idea global de la gestión de mantenimiento, con este costo se pretende relacionar no solo el gasto que el mantenimiento ocasiona a la empresa, sino también los posibles beneficios que pueda generar. No existe una selección y manejo de indicadores apropiados que les permita no solo medir como estan si no que esta información les facilite la toma de acciones de acuerdo a los resultados presentados.³¹

Ya que la empresa no maneja ningún software especializado para las labores de mantenimiento, se creó una interfaz en Excel manejada por hipervínculos para poder llevar el registro con los nuevos indicadores mes a mes y poder registrar al mismo tiempo las fallas presentadas en estos equipos; además tener acceso rápido y conocimiento del tipo de fallas y el tiempo que toma la reparación, ya que buscar la información directamente de las ordenes de mantenimiento de cada equipo es bastante dispendioso, adicionalmente se han elaborados instructivos y formatos adiciones para el manejo de las existencias de repuestos y los costos de inventario, donde se deja consignado la manera en la cual se debe verificar con evidencias físicas y digitales, los avances o el cumplimiento de la meta propuesta en cada una de las acciones. El medio de verificación, será utilizado para garantizar y demostrar que efectivamente se avanzó en el cumplimiento del objetivo trazado, en un periodo de tiempo determinado o de lo contrario si no se estan efectuando adecuadamente las tareas programadas, estos formatos pueden verse en el anexo E.

³⁰ Capítulo 4 Costos de mantenimiento, disponible en Internet vía anónimo:
<<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/831/5/CAPITULO%204.pdf>>

³¹ *Ibid.*, p. 4

10. DESARROLLO FASE 7 MODELO DEL PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (MGM) (CRESPO, 2007)

10.1 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y DE LA POSIBLE RENOVACIÓN DE EQUIPOS.

Cada activo físico o conjunto funcional de activos, tiene un ciclo de vida en la organización. En el proceso de decisión debe considerarse el ciclo de vida completo del activo, elementos como: propósitos, función, estándar, justificación financiera y de diseño y su eventual disposición.

Las actividades principales que se contemplan en el ciclo de vida de los activos son:

- Crear/adquirir activos
- Utilizar: explotar/operar los activos
- Mantener los activos
- Renovar/desincorporar los activos

Como se mencionó en el desarrollo de la fase tres de este proyecto, existen tres activos principales en los que se ha profundizado este estudio.

- Especificaciones técnicas respecto a la pintura. (Estandarización, Control, Optimización, Aplicación)
- Sistema de Aire comprimido
- Sistema de banda transportadora para el marcado de las camisas en la planta de mecanizado.

10.2 PROCESO DE FABRICACIÓN Y APLICACIÓN DE LA PINTURA REFRACTARIA EN LA PLANTA DE FUNDICIÓN

10.2.1 Adquisición del activo. Parte de la tabla 10 se extrajo del anexo C, se expresa el año de fabricación, el año de instalación y los años que tiene en servicio el equipo.

Tabla 10. Condición de los tanques existentes

CÓDIGO	EQUIPO	FECHA DE COMPRA	VALOR DE COMPRA	AÑO DE FABRICACIÓN	AÑO DE INSTALACIÓN	AÑOS DE SERVICIO
F024	TANQUE MEZCLADOR E INYECTOR GRANDE	11/11/1991	1,994.404.48	1993	1993	20
F025	TANQUE MEZCLADOR E INYECTOR DE MEDIANO	05/05/1991	725,907.40	2002	2002	11

Fuente: Autor

Tabla 11. Costos de adquisición

COSTOS DE ADQUISICION DE LOS EQUIPOS			
FECHA	CODIGO	EQUIPO	VALOR [\$]
11/11/1991	F024	TANQUES AGITADOR E INYECTOR	1,994.404.48
FECHA	CODIGO	EQUIPO	VALOR
05/05/1991	F025	TANQUES AGITADOR E INYECTOR	725907.4

Fuente: Autor

10.2.2 Utilización y operación del activo

- **Generalidades proceso de fabricación y aplicación.** El recubrimiento refractario es una parte integral en la producción de camisas centrifugadas para motores y material centrifugado para el sector industrial, este proceso otorga un amplio rango de beneficios entre los cuales se tiene:
 - Mejoramiento del acabado superficial de las piezas.
 - Facilitar la extracción de piezas de los moldes metálicos “Coquillas”.
 - Crear una superficie tersa para el contacto con el metal, con el objetivo de reducir micro porosidades o micro rechupes por contracción.
 - Eliminar la erosión y proteger la vida útil del molde metálico.

Figura 32. Fabricación, aplicación y extracción de tubos centrifugados tanque F025



Fuente: Autor

Este recubrimiento contiene una variedad de ingredientes combinados, que aportan características deseadas a la fundición. La pintura contiene como agente refractario arena sílice (SiO_2), el agua es usada como solvente, incluye aglutinantes para mejorar tanto la adhesión de las partículas entre sí, e igualmente la adhesión a las paredes internas del molde metálico “Coquilla”, además incluye dextrina ($(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n \cdot \text{H}_2\text{O}$) y la bentonita una arcilla compuesta esencialmente de montmorillonita, el arylon se utiliza para promover la humectación del refractario fuera del solvente.

- **Descripción de la situación actual.** Esta mezcla es de una contextura pastosa, el proceso de aplicación en el molde se realiza por rociado usando una sola película por molde; la empresa cuenta actualmente con tres tanques para este proceso que involucra tres operaciones (Almacenamiento, Agitación e Inyección) del refractario, de los cuales dos de estos equipos F024 y F025 están provistos de un sistema mecánico para la agitación y el equipo F064 tiene un sistema manual.

- **Características de los tanques.**

Figura 33. Tanque F024



Fuente: Autor

Tabla 12. Características quipo F024 fabricado por industrias LAVCO

CARACTERÍSTICAS	
Año de fabricación	1993
Año de instalación	1993
Motor	Siemens
Potencia	1.2 Hp
Velocidad de salida	90 rpm
Moto reductor	Salida de 90 rpm, cadena doble No.50, piñón 18 N50

Fuente: Autor

Tabla 13. Características equipo F025 fabricado por industrias LAVCO

CARACTERÍSTICAS	
Año de fabricación	2002
Año de instalación	2002
Motor	Siemens
Velocidad de salida	90 rpm
Potencia	1.2 Hp

Fuente: Autor

- **Equipo F064.** Fabricado por industrias LAVCO. La operación de agitación se realiza de manera manual, por medio de un mecanismo de palanca exterior.

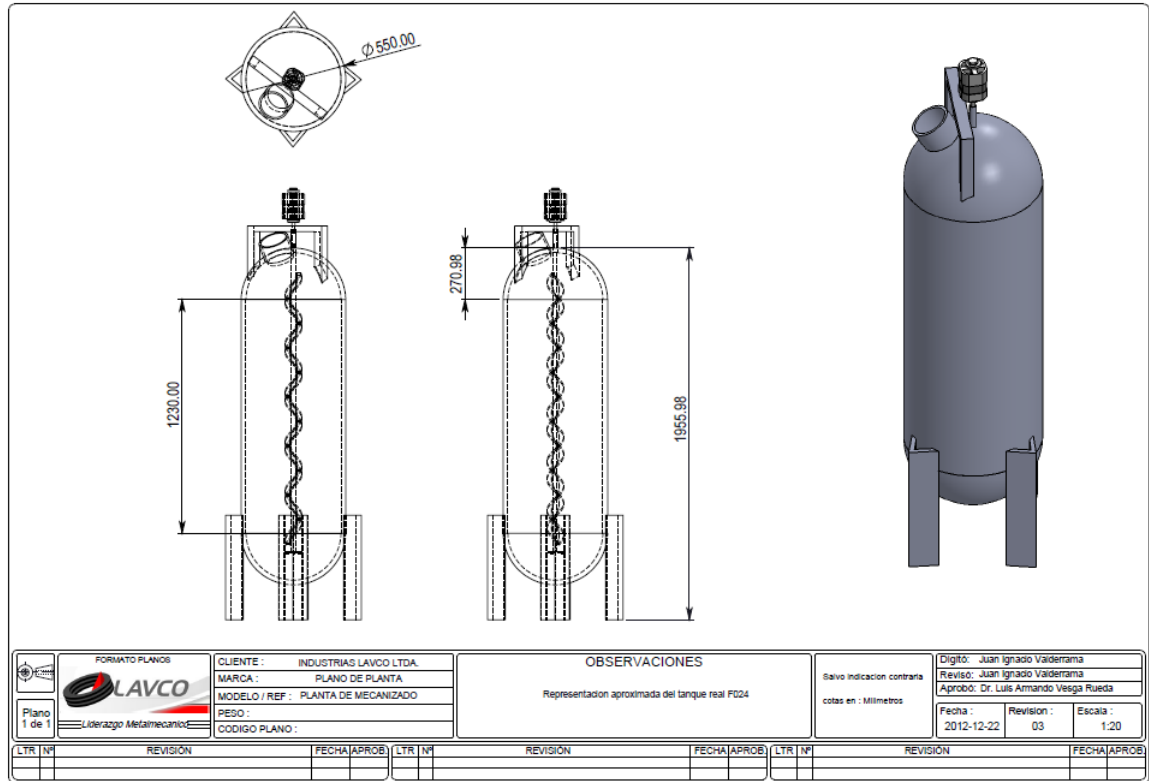
Figura 34. Tanque F064



Fuente: Autor

- **Descripción del problema.** El principal problema encontrado se centra en el desempeño de los tanques F024 y F025 en cuanto a su función de operación; los tanques no realizan la función de agitación del refractario para lo que fueron diseñados, esto se debe al diseño del conjunto como tal de los tanques; están provistos de ejes inapropiados compuestos por una turbina de disco con tres paletas cortas en su parte inferior por lo que no cubren el recorrido idóneo para realizar la operación de agitado del refractario, se realizó una recreación aproximada del tanque que se puede ver en la figura 35, ya que no se tiene información disponible sobre estos tanques (Planos, manuales, etc.).

Figura 35. Recreación aproximada del tanque F024 de la planta de fundición



Fuente: Autor

Sobre el eje se encuentran soldadas unas platinas a su alrededor y a lo largo del mismo, pero al igual estos son aún más cortas y el área que cubren es muy inferior a la de la turbina de disco. La pintura esta confinada en el tanque que se presuriza para realizar la aspersion posterior en los moldes, al tener contacto el refractario con el aire se incrementa la velocidad de perdida de humedad y como no se está agitando correctamente, este recubrimiento tiende a endurecerse, lo que dificulta su posterior aplicación.

La información suministrada por el personal operativo que labora en la planta de fundición asegura que el refractario varía su textura los días de fundición en el transcurso de toda la semana, esto quiere decir que el refractario en algunas ocasiones sale muy líquido y otras veces muy espeso, estas variaciones dificultan la extracción de los tubos fundidos presentando además defectos superficiales en un número considerable de tubos. En algunas ocasiones el refractario tiene el punto idóneo para trabajar bien en las primeras horas de la mañana, pero al avanzar la jornada de trabajo la textura del refractario empieza a cambiar originando los problemas anteriormente nombrados por pérdida de propiedades del mismo.

Figura 36 . Proceso de agitación del recubrimiento refractario



Fuente: Autor

Se consume energía eléctrica para trabajar los motores de estos tanques, podría decirse que casi en vano ya que no cumplen su función y el tanque opera continuamente durante las 9 horas que dura la jornada de trabajo. El refractario una vez fabricado se debe dejar reposar 24 horas y luego llevarlo al punto óptimo para luego cargar los tanques.

Otro problema que se identificó es en cuanto al mantenimiento y lavado de los tanques, el diseño de los tanques no permite al personal operativo realizar un buen lavado del tanque los días de puesta a punto, suele quedar un sedimento en el fondo del tanque que no se puede extraer, el ducto ubicado en su parte inferior está mal ubicado y como consecuencia este sedimento contamina el nuevo refractario fabricado.

Figura 37. Cargue del tanque F025 día de fundición



Fuente: Industrias LAVCO

El tanque no cuenta con un manómetro para indicar el valor de presión en su interior, esto suele traer inconvenientes a la hora de atomizar la pintura, ya que en ocasiones la presión no es suficiente para este fin. El tanque funciona con la presión de trabajo de los compresores, pero en la red de aire que conecta al tanque existe un reductor de presión que debe estar manipulándose constantemente por un operador de mantenimiento para tener una aspersion aceptable del refractario durante la jornada. Los compresores comparten salidas

de aire para alimentar otros equipos y por lo tanto se generan caídas de presión, suelen presentarse fugas en los acoples del eje y motor, al igual que los sellos mecánicos de los tanques.

Los tanques presentan corrosión y oxidación en su interior, esto genera una pérdida del espesor en las paredes internas lo que podría generar grietas o fisuras ya que trabaja bajo una presión entre 100 y 120 PSI. Es indispensable que el tanque trabaje con una presión mínima de 100 PSI para que funcione de manera adecuada, por debajo de esta presión el refractario sale en forma de chorro o paquetes, lo cual no permite una aplicación uniforme y adecuada en el interior del molde, en estos casos hay que esperar que los compresores carguen nuevamente y estabilicen su presión.

Figura 38. Interior del tanque F024 con ataques de corrosión y oxidación



Fuente: Autor

10.2.3 Mantenimiento del activo. Para realizar el mantenimiento de los tanques es necesario cortar la parte superior del sello mecánico y el acople del tanque para extraer el rotor y revisar el estado en que se encuentra. Toma mucho tiempo

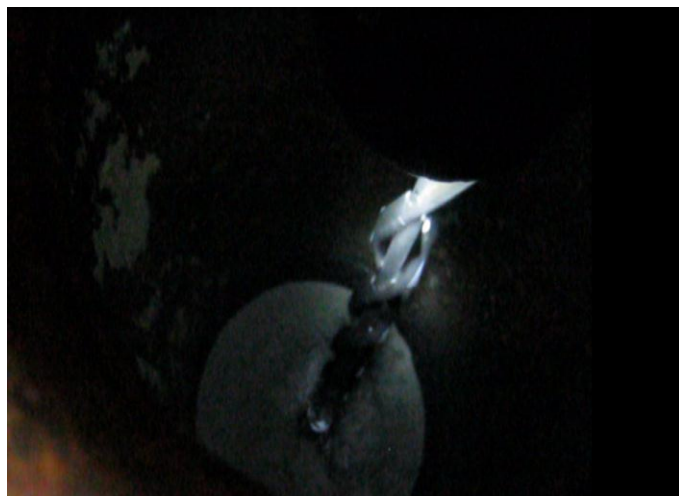
realizar esta labor. El diámetro total de las paletas en la turbina de disco es de 2 ½ “y el diámetro del tanque es de 0.55 metros. Ahí radica la poca eficiencia del sistema de aletas que poseen estos tanques.

Figura 39. Mantenimiento Tanque F024



Fuente: Autor

Figura 40. Interior del tanque F024



Fuente: Autor

Se ha elaborado un listado de los costos directos de mantenimiento que se han invertido en estos equipos, estos costos se atribuyen solo a insumos y repuestos, no se tuvo en cuenta la mano de obra, ya que estos costos son registrados de manera genérica para todos los equipos, por esta razón no se pueden contemplar en el análisis.

La tabla 14 muestra los costos invertidos en mantenimiento hasta la fecha, cabe aclarar que no se tenía documentado los gastos desde la fecha de adquisición de los equipos. La siguiente tabla 15 muestra los fallos presentados a través de parte del ciclo de vida de estos equipos puesto que no se documentaron todas las fallas presentadas.

Esto se ha hecho indagando en el historial de la base de datos de mantenimiento y la base de datos de contabilidad de la empresa, de ahí se ha extraído la información disponible para realizar la evaluación pertinente.

Tabla 14. Costos de mantenimiento a través del ciclo de vida

COSTOS DE LOS INSUMOS PARA MANTENIMIENTO A LARGO DE CICLO DE VIDA

FECHA	CODIGO	EQUIPO	VALOR	FECHA	CODIGO	EQUIPO	VALOR
ENE/01/2008 A DIC/31/2008	F024	TANQUES AGITADOR E INYECTOR	0.00	ENE/01/2008 A DIC/31/2008	F025	TANQUES AGITADOR E INYECTOR	0.00
ENE/01/2009 A DIC/31/2009	F025	TANQUES AGITADOR E INYECTOR	253,448.00	ENE/01/2009 A DIC/31/2009	F026	TANQUES AGITADOR E INYECTOR	0.00
ENE/01/2010 A DIC/31/2010	F026	TANQUES AGITADOR E INYECTOR	0.00	ENE/01/2010 A DIC/31/2010	F027	TANQUES AGITADOR E INYECTOR	0.00
ENE/01/2011 A DIC/31/2011	F027	TANQUES AGITADOR E INYECTOR	31,647.00	ENE/01/2011 A DIC/31/2011	F028	TANQUES AGITADOR E INYECTOR	0.00
ENE/01/2012 A DIC/31/2012	F028	TANQUES AGITADOR E INYECTOR	0.00	ENE/01/2012 A DIC/31/2012	F029	TANQUES AGITADOR E INYECTOR	100,500.00
			TOTAL				TOTAL
			285,095.00				100,500.00

Fuente: Autor

Tabla 15. Fallos a lo largo de su ciclo de vida

HISTORIAL DE FALLAS DE LOS TANQUES AGITADORES E INYECTORES DE MATERIAL REFRACTARIO

EQUIPO F024			EQUIPO F025		
FECHA	FALLA	HORAS DE DETECCION	FECHA	FALLA	HORAS DE DETECCION
08/09/2005	Fallo de miple	8	16/08/2005	Fallo por corto circuito	0.5
15/02/2006	Falla tensor del elevador	1	18/10/2005	Fallo miple y codo de salida de pintura	0.15
11/09/2007	Fugas de aire (conjunto piñon, plato, pricionero)	3.5	22/08/2007	Daño de T (ajuste de mangueras)	3
11/08/2007	Fuga de aire en el eje	58	13/10/2007	Daño salidas de pintura	1
11/12/2007	Daño de niple	11	12/03/2009	Se disparo la tapa de alimentacion	13
21/11/2007	Falla sello mecanico	6.5			
12/07/2007	Tuberia/daño niple y abrasadera	7.5			
18/04/2008	Daño sello mecanico	4			
24/05/2008	Daño sistema de roscas	2			
20/09/2008	Fuga/Daño sello mecanico	4			
16/10/2010	Daño uniones de Tuberías	1.5			
07/05/2011	Daño de Universar en mangueras	3			
26/07/2011	Daño rosca de niple	6			
16/09/2011	Daño eje central	1			

Fuente: Autor

10.2.4 Renovación o desincorporación del activo. Ante todo se debe empezar a identificar las variables involucradas para poder tomar las mejores decisiones al respecto. El refractario utilizado es conocido como “Bentonita Activada” el cual no tiene establecido un valor estándar de densidad

- **Identificación del valor de la densidad del refractario.** La densidad es una propiedad básica de cualquier líquido, y se define como su masa por unidad de volumen. Existen diversos métodos de determinación de la densidad de un líquido, entre los cuales el método del picnómetro ofrece cierta sencillez. Este procedimiento permite el cálculo de la densidad de cualquier líquido a través de tres determinaciones gravimétricas (a través de la determinación de tres masas con una balanza analítica).

Es importante tener en cuenta que, puesto que los líquidos varían su volumen con la temperatura, la densidad también sufre esta variación. Para establecer el valor de la densidad y la viscosidad presentes en el recubrimiento refractario utilizado en la planta de fundición se realizó el siguiente procedimiento.

Se tomaron muestras del refractario y se analizaron en el laboratorio de la Ingeniería Química de la universidad Industrial de Santander y en el laboratorio de química de la universidad en la sede de Guatiguara.

- **Fases del análisis.**

- **Fase 1.** Se tomó una muestra del refractario, mediante el uso de un recipiente geoméricamente uniforme y posteriormente se registró su peso utilizando la balanza que tiene el cuarto de preparación del recubrimiento de la planta de fundición, finalmente se registró el peso del recipiente vacío y luego con agua para poder calcular el valor de la densidad mediante el uso de una relación matemática.

La siguiente expresión permite calcular la gravedad específica o densidad relativa de una sustancia para compararla con la densidad de otra sustancia que se toma como referencia “agua”, mediante el uso de un picnómetro.

$$SG_e = \frac{\frac{(W_{recubrimiento} + W_{vaso precipitado})}{V_{recubrimiento}}}{\frac{(W_{agua} + W_{vaso precipitado})}{V_{agua}}} \quad \text{Ecuación 10.1}$$

$$SG_e = \frac{W_{recubrimiento} + W_{vaso precipitado}}{W_{agua} + W_{vaso precipitado}} \quad \text{Ecuación 10.2}$$

Dónde:

$SG_e = \text{Gravedad específica}$

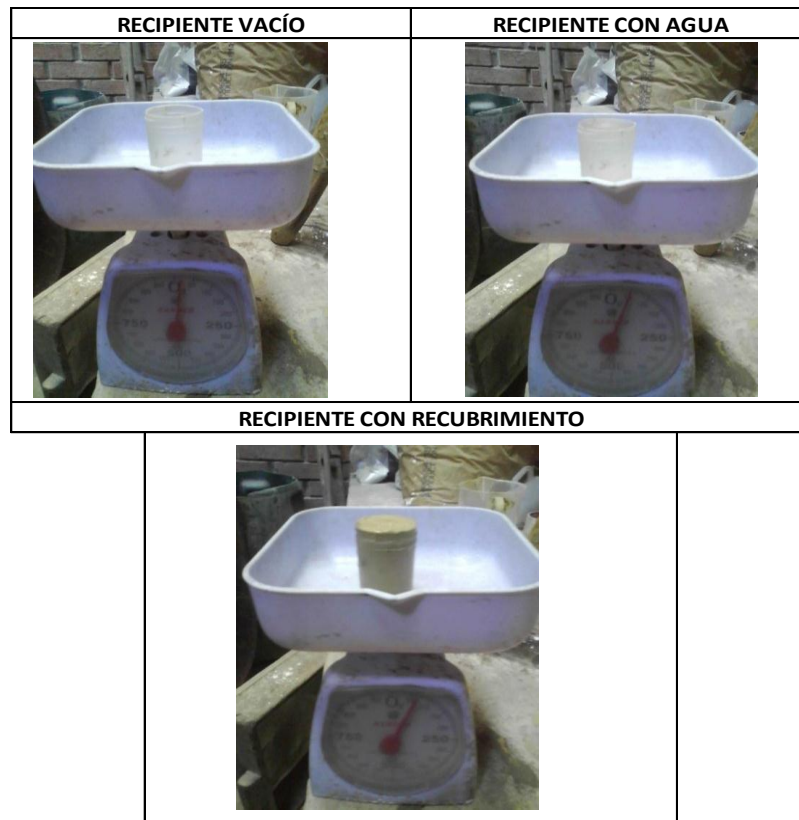
$W_i = \text{Peso}$

$V_i = \text{Volumen}$

$$\rho_{\text{recubrimiento}} = SG_e * \rho_{\text{agua}} \left[\frac{Kg}{m^3} \right] \quad \text{Ecuación 10.3}$$

$$\rho_{\text{recubrimiento}} = \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$$

Figura 41. Primera prueba para encontrar el valor de la densidad de la mezcla



Fuente: Autor

- Masa recipiente vacío: 10 gramos
- Masa recipiente con agua: 50 gramos
- Masa recipiente con pintura: 51 gramos
-

$$\rho_{agua} = 997.3 \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$$

$$W_{agua} = 50 \text{ [g]}$$

$$W_{recubrimiento} = 51 \text{ [g]}$$

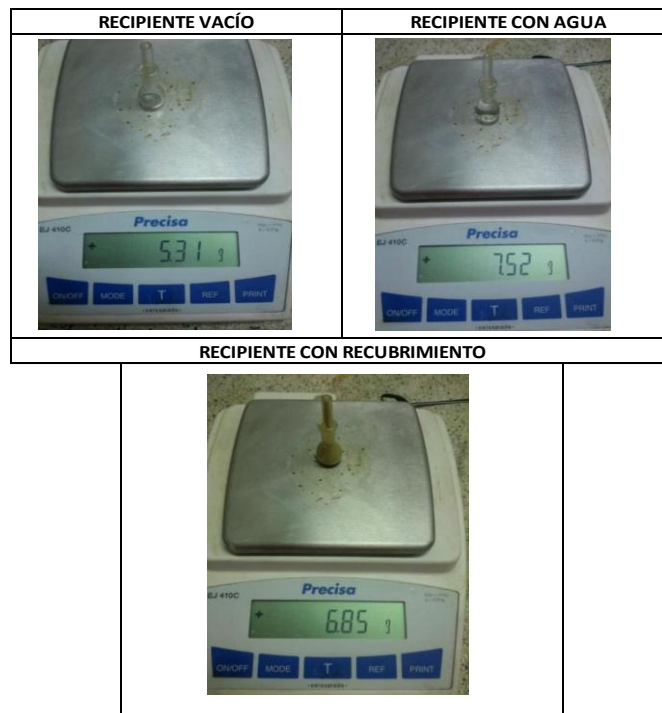
$$\rho_{recubrimiento} = \frac{W_{recubrimiento}}{W_{agua}} \cdot \rho_{agua}$$

$$\rho_{pintura} = 1016 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Los cálculos de los valores de densidad para cada fase se ven en el anexo F.

- **Fase 2.** Se llevó una muestra de pintura a los laboratorios especializados de la escuela de Ingeniería Química en Universidad Industrial de Santander, con el apoyo de un estudiante de Ingeniería Química, se repitió el mismo procedimiento hecho en la planta de fundición, se tomaron los registros del peso del recipiente vacío, posteriormente con agua y con la muestra de pintura, se utilizó un picnómetro para las cantidades exactas en las medidas y se registraron los valores en una balanza digital de mayor precisión.

Figura 42. Segunda prueba para encontrar el valor de la densidad de la mezcla



Fuente: Autor

$$SG_e = \frac{W_{recubrimiento} + W_{vaso\ precipitado}}{W_{agua} + W_{vaso\ precipitado}}$$

$$\text{Precubrimiento} = 908.4 \text{ [Kg/m}^3\text{]}$$

- Análisis de resultados.** Los resultados tuvieron una variación respecto a la medida de peso en el recubrimiento debido a dos posibles factores, la pérdida de la humedad que tuvo ya que la prueba se hizo horas más tarde a las de la preparación del recubrimiento en la planta de fundición de la empresa, el picnómetro es muy pequeño para llenarlo adecuadamente debido a las partículas de sílice.

- **Fase 3.** Se tomó nuevamente una muestra de recubrimiento, se selló y se llevó inmediatamente a los laboratorios de la sede de Guatiguara para realizar la prueba y corroborar los datos anteriormente obtenidos en la primera fase que fue hecha de manera instantánea para obtener los registros reales antes de que el recubrimiento perdiese humedad y afectara la toma de datos respectivos.
- **Primera etapa de la fase 3.** Se pesó el recipiente utilizado en la primera fase para corroborar las mediciones hechas en la planta de fundición, utilizando una balanza más precisa que las dos anteriores. Nota: para obtener el peso de la pintura en esta balanza se utilizó una relación lineal tomando como base los datos registrados.

Figura 43. Tercera prueba para encontrar el valor de la densidad de la mezcla



Fuente: Autor

$$SG_e = \frac{W_{recubrimiento} + W_{vaso precipitado}}{W_{agua} + W_{vaso precipitado}}$$

$$\rho_{pintura} = 1016 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

- **Análisis de resultados.** Se observa que el valor obtenido es igual que el de la fase 1 este valor podría ser tomado como base para establecer la densidad

que debe tener la pintura, sin embargo se realizó otra etapa para la fase tres y definir el valor real.

- **Segunda etapa de la fase 3.** Con el apoyo de un estudiante de ingeniería Química, se repitió el mismo procedimiento hecho en la planta de fundición, se tomaron los registros respectivos, pero en este caso se utilizó un balón aforado, en lugar del picnómetro y el recipiente que se utilizó en la primera fase.

Figura 44. Cuarta prueba para encontrar el valor de la densidad de la mezcla



Fuente: Autor

$$SG_e = \frac{W_{recubrimiento} + W_{vaso\ precipitado}}{W_{agua} + W_{vaso\ precipitado}}$$

$$\rho_{pintura} = 998.3 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

- **Análisis de resultados.** Se puede concluir que el valor de la densidad de la pintura se encuentra muy cercano al valor de la densidad del agua que equivale a $\rho_{\text{agua}}=997.3 \text{ Kg/m}^3$, a una temperatura de 28 °C; para que la empresa pueda trabajar con un valor estándar de densidad para la pintura, debe adoptar el valor de $\rho_{\text{recubrimiento}}=998.3 \text{ Kg/m}^3$ o tomar este valor como referencia y tener una desviación cercana a este valor. Por la textura y los elementos constituyentes de la mezcla se obviara el uso del picnómetro, y en su lugar se utilizara un vaso de precipitado de 50 ml para controlar este parámetro con mayor agilidad en el proceso.

- **Identificación del valor de la viscosidad del refractario.** Para establecer el valor de la viscosidad de este recubrimiento se contó con el apoyo del auxiliar del laboratorio de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander, el Ingeniero Guillermo quien realizo las pruebas y toma de datos utilizando el equipo especializado del laboratorio, un viscosímetro Brookfield.

La prueba consiste en someter la muestra al movimiento de una aguja para medir el esfuerzo generado, esta aguja gira a una velocidad establecida que varía para encontrar los diferentes valores de resistencia que opone la muestra al aplicar este movimiento.

Figura 45. Pruebas para encontrar el valor de la viscosidad del refractario



Fuente: Autor

Tabla 16. Resultados análisis de viscosidad

Viscosity	Speed	% Torque	Shear Stress	Shear Rate	Temperature	Time Interval	Spindle	Model	Brookfield Identification	DateTime
299264.00	0.36	16.74	299.26	0.10	21.63	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:09:44 a.m.
125440.00	0.71	13.97	250.88	0.20	21.63	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:10:14 a.m.
81834.67	1.07	13.72	245.50	0.30	21.63	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:10:44 a.m.
63616.00	1.43	14.23	254.46	0.40	21.68	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:11:15 a.m.
53401.60	1.79	14.95	267.01	0.50	21.68	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:11:45 a.m.
46293.33	2.14	15.52	277.76	0.60	21.70	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:12:15 a.m.
41472.00	2.50	16.18	290.30	0.70	21.75	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:12:45 a.m.
37184.00	2.86	16.56	297.47	0.80	21.78	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:13:16 a.m.
34247.11	3.21	17.17	308.22	0.90	21.83	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:13:46 a.m.
31718.40	3.57	17.73	317.18	1.00	21.85	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:14:16 a.m.
29649.45	3.93	18.18	326.14	1.10	21.93	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:14:46 a.m.
28074.67	4.29	18.75	336.90	1.20	21.95	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:15:17 a.m.
26466.46	4.64	19.16	344.06	1.30	22.00	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:15:47 a.m.
24832.00	5.00	19.35	347.65	1.40	22.08	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:16:17 a.m.
23176.53	5.36	19.41	347.65	1.50	22.03	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:16:47 a.m.

Viscosity	Speed	% Torque	Shear Stress	Shear Rate	Temperature	Time Interval	Spindle	Model	Brookfield Identification	DateTime
44979.20	3.57	25.11	449.79	1.00	22.28	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:33:36 a.m.
24371.20	7.14	27.19	487.42	2.00	22.28	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:34:06 a.m.
16068.27	10.71	26.89	482.05	3.00	22.20	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:34:36 a.m.
11737.60	14.29	26.20	469.50	4.00	22.18	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:35:06 a.m.
9139.20	17.86	25.54	456.96	5.00	22.10	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:35:37 a.m.
7466.67	21.43	25.02	448.00	6.00	22.10	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:36:07 a.m.
6272.00	25.00	24.46	439.04	7.00	22.03	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:36:37 a.m.
5398.40	28.57	24.08	431.87	8.00	22.00	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:37:07 a.m.
4718.93	32.14	23.69	424.70	9.00	21.98	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:37:38 a.m.
4157.44	35.71	23.24	415.74	10.00	22.00	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:38:08 a.m.
3730.62	39.29	22.89	410.37	11.00	22.03	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:38:38 a.m.
3389.87	42.86	22.69	406.78	12.00	22.05	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:39:08 a.m.
3101.54	46.43	22.50	403.20	13.00	22.15	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:39:39 a.m.
2854.40	50.00	22.26	399.62	14.00	22.15	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:40:09 a.m.
2652.16	53.57	22.23	397.82	15.00	22.23	00:30.2	SC4-34	RV	Rheocalc Data1	30/11/2012 10:40:39 a.m.

Fuente: Autor

- **Análisis de resultados.** La determinación de la viscosidad es clave para calcular el consumo de potencia requerida por el motor en la operación de agitado del recubrimiento, junto a otros parámetros de diseño. Para este caso se trabajó con el valor máximo obtenido en la segunda prueba, sugerido por el Ingeniero a cargo de la prueba para la viscosidad, como valor crítico, que el motor debe vencer la inercia hasta alcanzar la velocidad de régimen en el proceso, el equipo de laboratorio arroja las unidades de la viscosidad en cent poise. Valor máximo de viscosidad registrado: **44979.20 Cent poise.** Equivalente a **45 Pa-s.**

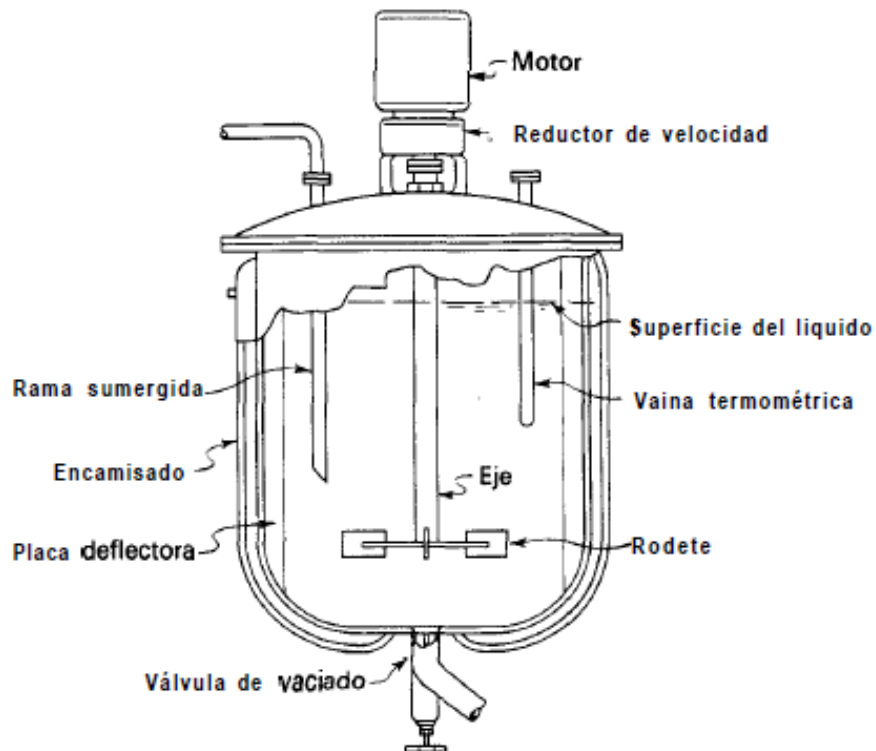
- **Proceso de agitación de recubrimiento refractario.** Generalidades. El interés requerido se focaliza en la Suspensión de partículas sólidas “Arena sílice SIO₂ u oxido de silicio”. “Los sólidos en suspensión son partículas sólidas pequeñas, inmersas en un fluido, se llama suspensión total o completa cuando en un tanque de agitación todas las partículas que intervienen en el proceso de mezclado se encuentran en suspensión por un determinado tiempo”³². Contando con este fenómeno, se asegura que todas y cada una de las partículas sólidas se encuentren en contacto con las fases líquidas del proceso de mezclado, así mismo se logra obtener un área de contacto favorable para las reacciones que se desencadenen en el proceso. Para lograr una suspensión total o completa de sólidos, es necesario contar con una velocidad mínima de agitación a la cual estará sometido el proceso de mezclado. Esta velocidad mínima será la responsable de determinar bajo qué circunstancias mínimas de velocidades de impulsor estará sujeto el proceso de agitación para lograr que todas las partículas sólidas contenidas en el tanque estén sometidas por tiempos muy cortos y así evitar que sean sedimentadas en el fondo del tanque o simplemente confinadas en las paredes internas.

³² Disponible en internet vía anónimo:
< http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/cossio_c_hj/capitulo6.pdf>

- **Equipo de agitación.** “Agitación y mezclado no son sinónimos. El proceso de agitación se refiere al movimiento inducido de un material en una forma específica, generalmente, con un modelo circulatorio dentro de algún tipo de contenedor. En cambio, la mezcla es una distribución al azar de 2 o más fases inicialmente separadas”³³.

La figura 46 representa el esquema de un tanque estandarizado de agitación, las proporciones varían bastante dependiendo de la naturaleza del proceso.

Figura 46. Tanque típico de proceso con agitación.



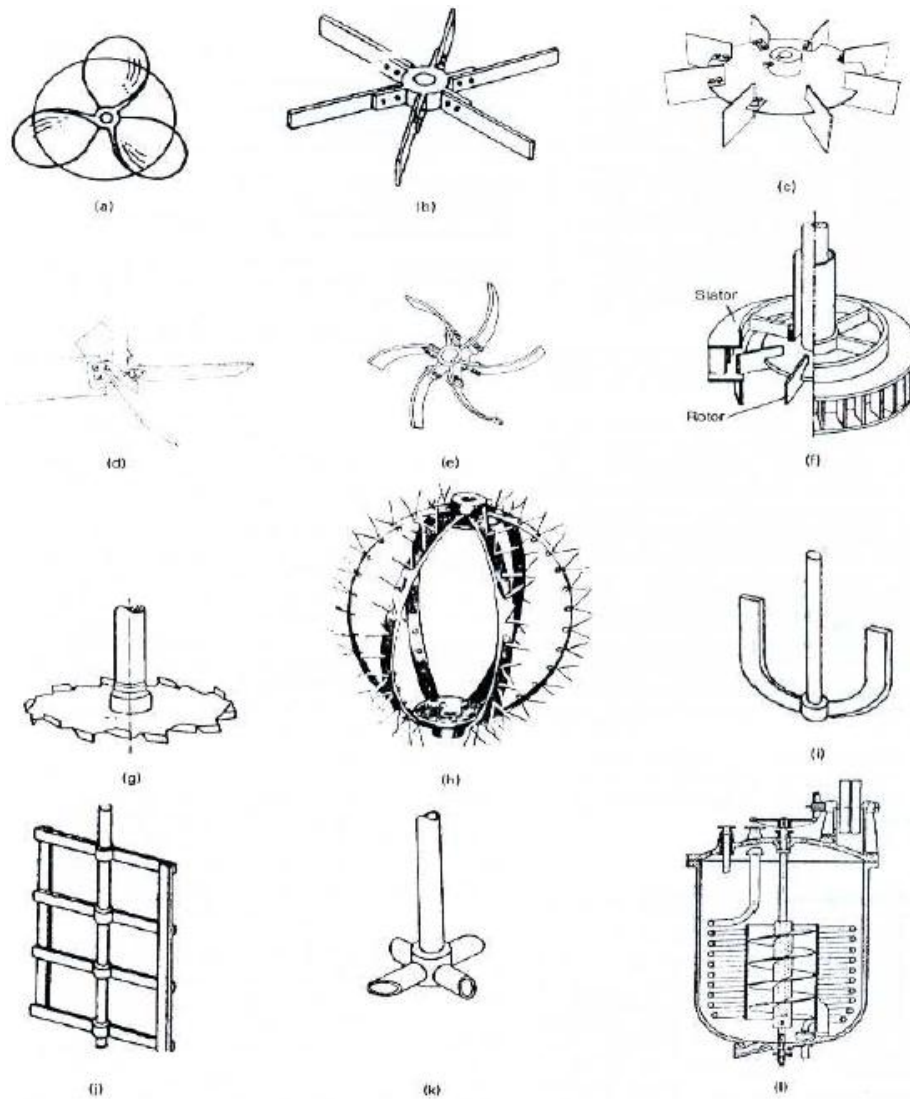
Fuente: Operaciones unitarias en Ingeniería Química, Julián C. Smith

³³ Weston Gelmi Claudio. PDF: fundamentos de Operaciones unitarias serie de clases en Ingeniería Química capítulo 4. P .82, disponible en

< http://www.systemsbiology.cl/recursos/archivos/Libro_OOUUlv2.pdf >

- **Clasificación de agitadores o impulsores.** (estanques con impulsor)

Figura 47. Tipo de impulsores más comunes



Fuente: Fundamentos de Operaciones unitarias serie de clases en Ingeniería Química, Weston Gelmí Claudio.

- a) Propulsor de tres hojas o propulsor marino
 - Flujo axial. Obtener máxima turbulencia.
 - Se emplea a altas velocidades (hasta 1800 rpm).
 - Varias versiones diferentes, para diversas aplicaciones: intercambio de calor, mezclado, dispersión, suspensión y reacción.
 - Aplicable a fluidos viscosos, hasta 4000 cp. (agua ≈ 1).
 - Raramente superan las 18 pulgadas de diámetro.

- b) Turbinas de hojas planas
 - Flujo radial. Flujo choca con la pared.
 - Versátil. Diseño simple.
 - Para fluidos hasta 105 cp.
 - Existen buenas correlaciones para lograr un diseño racional.
 - Su comportamiento es el más predecible de los impulsores.

- c) Turbina de disco y hojas
 - Corrientes radiales y axiales.
 - El disco posee un efecto estabilizante.
 - Se encuentran también con hojas curvas.
 - Cubren entre el 30-50 % del diámetro del estanque.

- d) Turbina de hojas inclinadas
 - Combina flujo radial con flujo axial
 - Especialmente útil para mejorar la transferencia de calor con las paredes o Serpentes

- e) Turbina de hojas curvas
 - Especialmente útil para dispersar materiales fibrosos.
 - Poseen un torque inicial menor que las hojas rectas.

- f) Turbina cubierta
 - Flujo radial intenso
 - Especial para emulsiones y dispersiones

- g) Impulsor de disco con dientes de sierra
 - Tipo propulsor
 - Aplicaciones en emulsiones y dispersiones
 - Produce un efecto local \Rightarrow no necesita baffles

- h) Batidora de jaula
 - Normalmente van junto con un propulsor.
 - Para cortar y batir (mermeladas).

- i) Paletas de ancla
 - Se ajustan a los contornos del estanque. Cubren entre 50-80% del estanque.
 - Malos mezcladores.
 - Previenen la adhesión de materiales pegajosos.
 - Promueven la buena transferencia de calor con las paredes.
 - ($1 \cdot 10^5 \text{ cp.} \leq \mu \leq 1 \cdot 10^6 \text{ cp.}$).

- j) Paleta de compuerta
 - Tipo paleta
 - Velocidades bajas
 - En estanques amplios y bajos
 - Para fluidos viscosos y que requieren poco esfuerzo de corte

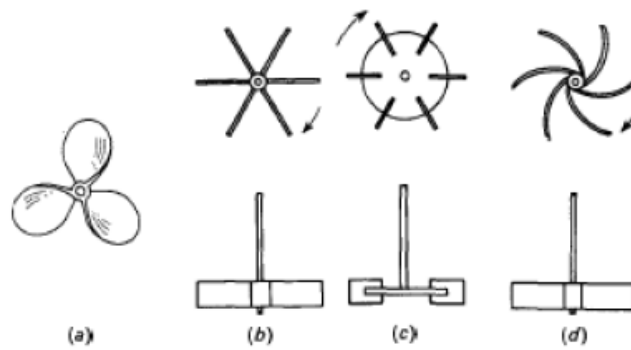
- k) De eje e impulsor huecos
 - Se utilizan a altas velocidades para disipar gases

- l) Impulsor de hélice con calefacción
 - Mueven directamente todo el fluido
 - Barren la superficie de las paredes del estanque
 - Se pueden usar efectivamente con Reynolds bajos
 - Para líquidos muy viscosos ($1 \cdot 10^5 \text{ cp.} \leq \mu \leq 1 \cdot 10^6 \text{ cp.}$)

- **Parámetros físicos importantes**
 - viscosidad (μ)
 - densidad (ρ)
 - tensión superficial (σ)
 - conductividad térmica (k)
 - capacidad calorífica (cp)

Los agitadores antes mencionados, se pueden clasificar en rodetes de flujo axial y rodetes de flujo radial. Los tres principales tipos son: turbinas, palas y hélices, los cuales cubren el 95% de todos los problemas de agitación.

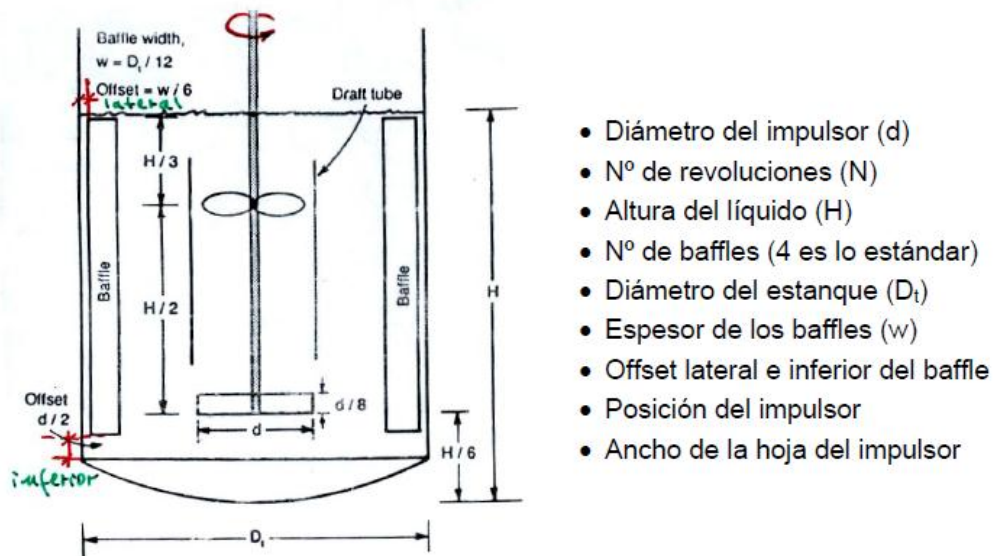
Figura 48. Impulsores y/o agitadores típicos



Fuente: Fundamentos de Operaciones unitarias serie de clases en Ingeniería Química, Weston Gelmí Claudio.

(a) Hélice marina de tres palas; (b) turbina abierta de palas rectas; (c) turbina de disco con palas; (d) turbina abierta de palas curvas.

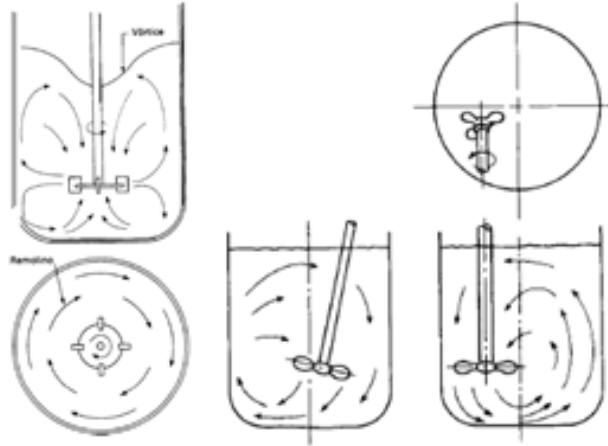
Figura 49. Agitación con dimensiones típicas



Fuente: Fundamentos de Operaciones unitarias serie de clases en Ingeniería Química, Weston Gelmí Claudio.

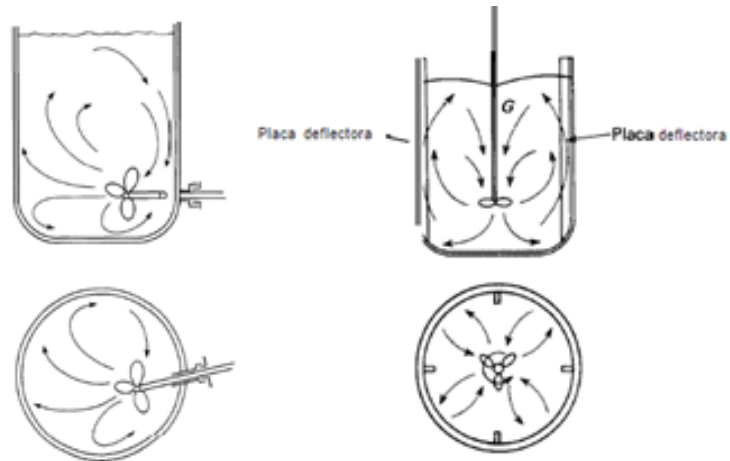
- **Problemas típicos: prevención de flujo circulatorio**

Figura 50. Flujo circulatorio y agitadores no centrados



Fuente: Fundamentos de Operaciones unitarias serie de clases en Ingeniería Química, Weston Gelmi Claudio.

Figura 51. Rodete con entrada lateral y sistema de placas deflectoras



Fuente: Fundamentos de Operaciones unitarias serie de clases en Ingeniería Química, Weston Gelmi Claudio.

- **Fundamentos de diseño.** El diseño de un estanque agitado está orientado a lograr el grado de mezcla requerido, con el menor consumo posible de energía. existen correlaciones empíricas que permiten dimensionar cierto tipo de impulsores, dada una configuración geométrica estándar del estanque.

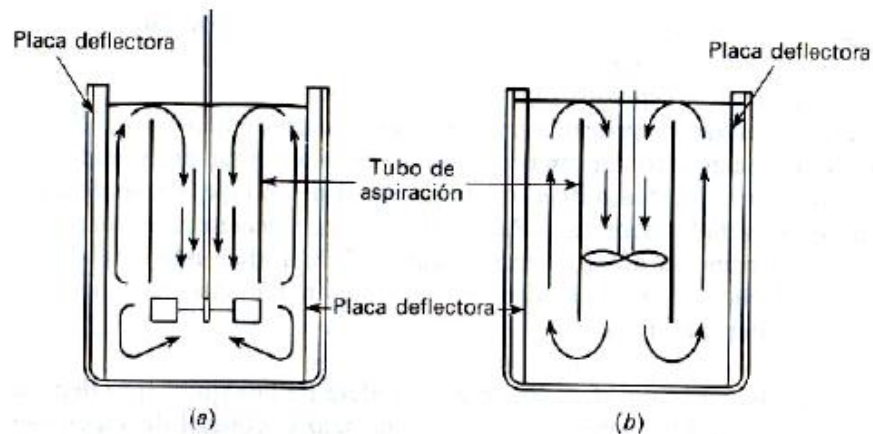
- **Baffles.**

- Salvo en el caso de utilizar Re muy grandes, los baffles son necesarios para evitar vórtices y rotación del fluido como un todo. La configuración más estándar de un baffle es: Espesor $\Rightarrow w = Dt/12$ (4 baffles equi-espaciados es lo estándar).
- Largo \Rightarrow desde $d/2$ desde la sección recta del fondo del estanque hasta cerca del nivel del líquido.
- Para el caso de líquidos con sólidos suspendidos o bien cuando se requiere transferencia de calor con las paredes, los baffles se ubican a una distancia equivalente a $1/6$ de su espesor, de la pared del estanque.

- **Tubos de tiraje o aspiración**

- Estos son tubos cilíndricos de diámetro poco mayor que el impulsor.
- El largo va desde un poco más del diámetro del impulsor, hasta la altura del líquido, dependiendo de la aplicación.
- Normalmente se utilizan con impulsores axiales (propulsores) para dirigir los flujos de succión y descarga.
- Son especialmente útiles para mantener sólidos suspendidos y dispersar gases en estanques profundos.

Figura 52. Tubos de aspiración en un tanque con placas deflectoras (a) turbina; (b) hélice)



Fuente: Fundamentos de Operaciones unitarias serie de clases en Ingeniería Química, Weston Gelmi Claudio.

- **El estanque.**

- Normalmente el fondo tiene forma de plato, pues el consumo de energía en la agitación es menor, además de evitar “espacios muertos”.
- La relación óptima H/D_t para el caso de un impulsor es 1, en que el impulsor se ubica en el centro del estanque. Si $H/D_t > 1 \Rightarrow$ zonas muertas.

- **Impulsores.**

- Tamaño: éste depende del tipo de impulsor, propiedades del fluido, objetivos de la agitación y geometría del estanque. Por ejemplo, para el impulsor de turbina:
- $0.3 \leq d/D_t \leq 0.6$

- bien: $0.2 \leq d/Dt \leq 0.5$ (turbulento) y $0.7 \leq d/Dt \leq 1$ (laminar)
- Velocidad: la velocidad de los motores y moto/reductores se encuentran sólo en ciertos valores: 37, 45, 56, 68, 84, 100, 125, 155, 190 y 320 RPM. Normalmente no se justifica sistemas de velocidad variable. Cuando el torque es muy grande, se requieren sistemas con 2 velocidades.

- **Ubicación de los impulsores.**

- Aquí se puede encontrar gran variedad de opiniones. En principio se puede ubicar a $H/6$ del fondo del estanque.
- Para el caso de suspensión de sólidos, se recomienda $d/3$ del fondo.

- **Selección del material.** La selección de materiales se refiere a la selección y empleo de materiales resistentes a la corrosión, tales como: acero inoxidable, plásticos y aleaciones especiales que alarguen la de vida útil del equipo. Los materiales a ser utilizados en recipientes a presión deben ser seleccionados a partir de las especificaciones de material aprobadas por el Código ASME.

- **Corrosión.** los recipientes o partes de los mismos que estan sujetos a corrosión, erosión o abrasión mecánica deben tener un margen de espesor para lograr la vida deseada. las normas no prescriben la magnitud del margen por corrosión excepto para recipientes con espesor mínimo requerido menor de 0.25 pulgadas, que han de utilizarse para servicio de vapor de agua, agua o aire comprimido, para los cuales se indica un margen de corrosión no menor de la sexta parte del espesor de placa calculado más el margen por corrosión exceda $\frac{1}{4}$ de pulgada. (Norma ucs-25).³⁴

³⁴ ROMERO, Bekis. Evaluación de los criterios de diseño y configuración estructural de recipientes a presión, Barcelona. 2010. trabajo de grado (Escuela de ingeniería y ciencias aplicadas departamento de Ingeniería Química Curso especiales de grado área de gas. Universidad de oriente. Disponible en

Un desgaste por corrosión de 5 milésimas de pulgada por año (1/16 pulgada en 12 años) generalmente es satisfactorio para recipientes y tuberías.³⁵ La vida deseada de un recipiente va de la mano con el factor económico, suelen diseñarse para una vida larga de (15 a 20 años).

De acuerdo con el código ASME, los recipientes sujetos a corrosión deberán tener una abertura de purga y deberían ser provistos con abertura de inspección. La selección del material adecuado es de vital importancia para brindar cierto grado de seguridad particularmente cuando puede producirse una falla debida a corrosión, que origine una situación peligrosa o se traduzca en tiempo muerto costoso³⁶.

- **Registro.** Todos los recipientes sujetos a presión que contengan aire comprimido y aquellos sometidos a corrosión interna, erosión o abrasión mecánica, deben proveerse de un registro de inspección, u otras aberturas de inspección para ser revisados y limpiados.

Los registros de inspección deben ser de preferencia circulares, elípticos u oblongos. Un registro oblongo es formado por dos lados paralelos y extremos semicirculares.

“La abertura para un tubo o una tobera circular cuyo eje no sea perpendicular a la pared o cabeza de recipiente, puede tomarse para fines de diseño como registro

<<http://es.scribd.com/doc/55316488/Diseno-Recipientes-a-Presion>>

³⁵ ROMERO, Bekis. Evaluación de los criterios de diseño y configuración estructural de recipientes a presión, Barcelona. 2010. trabajo de grado (Escuela de ingeniería y ciencias aplicadas departamento de Ingeniería Química Curso especiales de grado área de gas. Universidad de oriente. Disponible en <<http://es.scribd.com/doc/55316488/Diseno-Recipientes-a-Presion>>

³⁶ Ibid., p. 47.

elíptico”³⁷. Los registros que aparecen en la tabla 17 se han seleccionado de las opciones permitidas por el Código ASME.

Tabla 17. Registros de inspección de acuerdo al diámetro del recipiente.

Diámetro interno del recipiente	Registro de inspección requerido
Mayor de 12 in y menor de 18 in.	Dos aberturas con tubo roscado de 1½ in de diámetro.
Desde 18 in hasta 36 in.	Registro de hombre con un mínimo de 15 in de diámetro interno o dos aberturas con tubo roscado de 2 in de diámetro.
Mayor de 36 in.	Registro de hombre con un mínimo de 15 in de diámetro interno o dos boquillas con tubo de 6 in de diámetro.

Fuente: Evaluación de los criterios de diseño y configuración estructural de recipientes a presión, ROMERO, Bekis

No se requieren registros de inspección cuando:

En recipientes de 12 pulgadas de diámetro o menores, si tiene por lo menos dos conexiones removibles para tubos de pulgada, como mínimo.

En recipientes de más de 12 pulgadas d $\frac{3}{4}$ de diámetro interior que se van a instalar de manera que puedan desconectarse de un arreglo para permitir su inspección, si tienen por lo menos dos conexiones para tubo removibles no menores de 1 ½ de pulgada. En recipientes de más de 12 in de diámetro interior sujetos a presión interna de aire que también contengan otras sustancias que

³⁷ MEGYESY, E. “Pressure Vessel Handbook” Pressure Vessel Publishing Inc. Décima edición (2005), citado por Romero, Bekis. Evaluación de los criterios de diseño y configuración estructural de recipientes a presión., Barcelona. 2010. Capítulo 1 p. 48.

impidan la corrosión, siempre que el recipiente tenga aberturas adecuadas por la que se pueda hacer conveniente su inspección³⁸.

De acuerdo a la información recopilada y al estudio realizado a los recipientes a presión que maneja la empresa, no es aconsejable realizarles una fase de reingeniería a estos equipos, debido a que no cumplen con las normas mínimas de diseño establecidas por los entes internacionales y al mal estado en que se encuentran. Por lo que es necesario realizar el cambio de estos equipos considerando la importancia de su función en los procesos de la planta de fundición de la empresa.

- **Recopilación bibliográfica.** Se realizó una revisión detallada del material informativo acerca de recipientes a presión tal como: El Código ASME, Sección VIII Recipientes a Presión, División 1; tesis de grado, libros, páginas de Internet, entre otros, los cuales sirvieron de ayuda y referencia para comprender como se realizan y analizan los diseños de recipientes a presión.

Para el desarrollo del proyecto de los tanques se acudió a tres empresas ubicadas en la ciudad de Bucaramanga, de las cuales 1 de ellas FAMAG LTDA., una empresa metalmecánica ubicada en el parque industrial de Bucaramanga Manzana F Km 4 vía café Palenque – Café Madrid. Quien atendió la solicitud de apoyo para gestionar este proyecto.

Apartar de la información recopilada y contando con la empresa de apoyo para la ejecución del proyecto se procedió con las siguientes fases:

³⁸ ROMERO, Bekis. Evaluación de los criterios de diseño y configuración estructural de recipientes a presión, Barcelona. 2010. trabajo de grado (Escuela de ingeniería y ciencias aplicadas departamento de Ingeniería Química Curso especiales de grado área de gas. Universidad de oriente. Disponible en <<http://es.scribd.com/doc/55316488/Diseno-Recipientes-a-Presion>>

- **Materiales.** Los materiales deben ser especificados por PDVSA y su diseño indicado en la Data Sheet. Los materiales no deben ser sustituidos por otros sin previa aprobación por escrito de PDVSA. Materiales de Construcción de partes de recipientes sujetos a presión interna o externa deben ser conforme a las especificaciones dadas por el Código ASME, División VIII.

- **Diseño de recipientes a presión.** En el diseño de recipientes a presión se abarcan diferentes etapas, entre las cuales se encuentran el desarrollo del diseño conceptual, del diseño básico y del diseño de ingeniería detalles.

El diseño conceptual consistió en definir datos iniciales de un diseño preliminar, mediante la evaluación de las distintas alternativas de solución, en base a ciertos criterios elegidos para demostrar su facilidad técnica y económica, además de su rentabilidad.

En el desarrollo del diseño conceptual para el recipiente sometido a presión se construyó un esquema de la información que se tiene para el diseño.

El diseño básico para esta parte se trabajó con la empresa FAMAG para proceder a dimensionar el recipiente y especificar los materiales, basados en los datos obtenidos en el diseño conceptual. En esta etapa del diseño la empresa FAMAG LTDA., especifican los cálculos a realizar y el procedimiento que se debe seguir para realizarlos, para luego proseguir con la etapa del diseño de detalles.

En el diseño de detalles se especifica toda la información obtenida del diseño básico, no obstante, al iniciarse esta etapa, se hicieron revisiones a fin de adecuar el diseño a nuevos problemas encontrados y exigencias del proceso se tuvo que hacer un rediseño. De esta manera se presentó toda la información necesaria para llevar a cabo la procura de los materiales y la construcción del diseño para finalmente realizar el montaje, las pruebas y puesta en operación del recipiente a presión.

- **Ingeniería conceptual.** En esta etapa se determinó las condiciones de operación, y se obtuvo la información relacionada con los flujos a manejar. Adicionalmente se estimaron algunas dimensiones preliminares del recipiente. Entre los aspectos a tratar en esta etapa del proyecto se tienen:

- Presión de operación.
- Temperatura de operación.
- Características de los fluidos a ser manejados.
- Flujos de entrada y salida de las diferentes fases. Capacidad estimada del recipiente. Dimensiones estimadas del tanque.
- Especificación de los elementos internos necesarios.
- Ubicación preliminar de las boquillas de proceso.(lo trabajo la empresa LAVCO)
- Datos referentes a la ubicación de la instalación, con el objeto de determinar espacio para las operaciones de lavado y mantenimiento.
- Determinar el diámetro de las líneas de proceso a las cuales está integrado el recipiente.
- Especificar el rango de operación del recipiente.
- Determinar la necesidad del control del proceso mediante instrumentos e indicadores.
- Determinar la ubicación del recipiente relativa a otros equipos.

- **Ingeniería básica.** En esta etapa se realiza el dimensionamiento de cada uno de los componentes internos y equipos que constituyen el recipiente. Para ello se contó con el apoyo de la empresa FAMAG LTDA. En base a los resultados de la etapa conceptual, se contemplaron las siguientes actividades:

- Selección de configuración del recipiente.
- Calculo del diámetro y la longitud (o altura) del recipiente.

- Determinar las dimensiones y soportes de los dispositivos internos.
- Estimación de los efectos de corrosión del fluido sobre el recipiente para determinar tolerancias por corrosión.
- Selección de materiales en función del fluido a ser manejado y de la resistencia de materiales.
- Diseño de soldaduras.
- Calculo de espesores de pared de cuerpo y cabezales en base a todas las cargas que afecten al recipiente.
- Determinar la ubicación y diámetro de las boquillas de instrumentación.
- Selección de boquillas de inspección.
- Calculo de soportes.
- Elaboración de hoja de datos del recipiente. Este documento debe contener al menos la siguiente información:
- Esquema del recipiente. Acotando dimensiones principales y ubicando boquillas y accesorios importantes.
- Datos de las condiciones de operación y diseño
- Materiales seleccionados.
- Especificaciones de preparación de superficies.
- Elaboración de especificaciones generales y particulares de construcción.

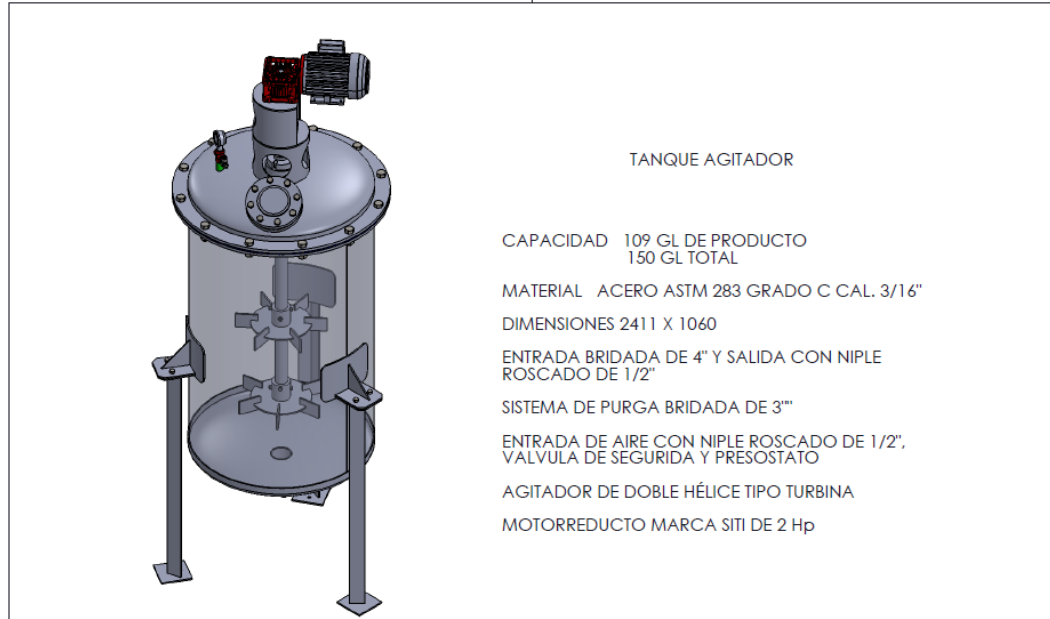
- **Ingeniería de detalle.** Esta fase fue coordinada por la empresa FAMAG LTDA., en lo concerniente a la elaboración de los planos de detalle y la ubicación de los componentes y equipos, son las tareas que caracterizan esta fase. En ellos se especifican la ubicación exacta de las boquillas del recipiente. Además se elaboran los planos de las instalaciones eléctricas, para determinar la fuente de alimentación de los equipos, así como, los planos de las instalaciones mecánicas, para especificar las conexiones con los mismos. En los planos y la oferta se detallaron los siguientes Ítems:

- Datos de diseño y condiciones de operación.
 - Dibujo a escala del recipiente con todos sus detalles: espesores de pared, recubrimientos internos y externos, ubicación de internos, tipos de soldaduras, ubicación exacta de las boquillas, etc.
 - Detalles de soportes.
- **Procura.** En esta etapa se contemplaron las siguientes actividades:
- Solicitud de cotizaciones a la empresa FAMAG LTDA. La base para esta solicitud la conforman la hoja de datos y las especificaciones generales y particulares de construcción.
 - Análisis técnico de cotizaciones.
 - Emisión de orden de compra a la empresa seleccionada con todos los documentos generados en la ingeniería. Construcción y planos de diseño.
- **Fabricación.** El código ASME indica el suministro de los materiales más utilizados, la cual va implícita en su especificación. Propiedades que se tuvieron en cuenta y requisitos del material para satisfacer las condiciones de servicio.
- Propiedades mecánicas
 - Propiedades físicas
 - Propiedades químicas
 - Sobre diseño de las dimensiones
 - Mantenimiento preventivo
 - Paros debidos a la corrosión de los equipos
 - Contaminación del producto
 - Duración estimada del material
 - Confiabilidad del material
 - Costo del material y fabricación

- **Selección del material (ACERO al carbón SA- 283 C).** Para la ejecución de este proyecto se propuso el Acero al carbón SA-283 C, esta selección se debe a las exigencias del fluido a trabajar, las propiedades que lo componen para la función de almacenamiento, la presión a la que va a estar sometido, pero el mayor factor a tener en cuenta fue el costo. Este es uno de los aceros más usados y económicos apropiados para los propósitos generales en la construcción de recipientes a presión.

- **Estudio de alternativas.** De las alternativa presentadas por la empresa FAMAG que se pueden ver más adelante en las figuras 53, 54 y 55 , fueron estudiadas con sus respectivas ofertas y se llegó a seleccionar la tercera, que hace referencia al tanque horizontal, ya que esta propuesta representaba el mejor diseño en cuanto a funcionalidad para la operación de la planta de fundición, facilidad de cargue y descargue con reducción de operadores para esta tarea, reducción de operadores en mantenimiento, limpieza y puesta a punto, así como para el mantenimiento del mismo. Pero tras analizar con detenimiento el sistema de sellos mecánicos que se deberían instalar, el costo de inversión en el tanque se incrementaría, además esto representaría para la empresa elevados costos para el mantenimiento de los sellos mecánicos; este elemento indispensable para el correcto funcionamiento del tanque va estar sometido a condiciones extremas de desgaste, ataque corrosivo y abrasivo; por su alto costo se convierte en una complicación para el mantenimiento del mismo. Por lo cual no es factible su manufactura y construcción.

Figura 53. Primera propuesta del tanque agitador e inyector para el reubrimiento



TANQUE AGITADOR

CAPACIDAD 109 GL DE PRODUCTO
150 GL TOTAL

MATERIAL ACERO ASTM 283 GRADO C CAL. 3/16"

DIMENSIONES 2411 X 1060

ENTRADA BRIDADA DE 4" Y SALIDA CON NIPLE
ROSCADO DE 1/2"

SISTEMA DE PURGA BRIDADA DE 3"

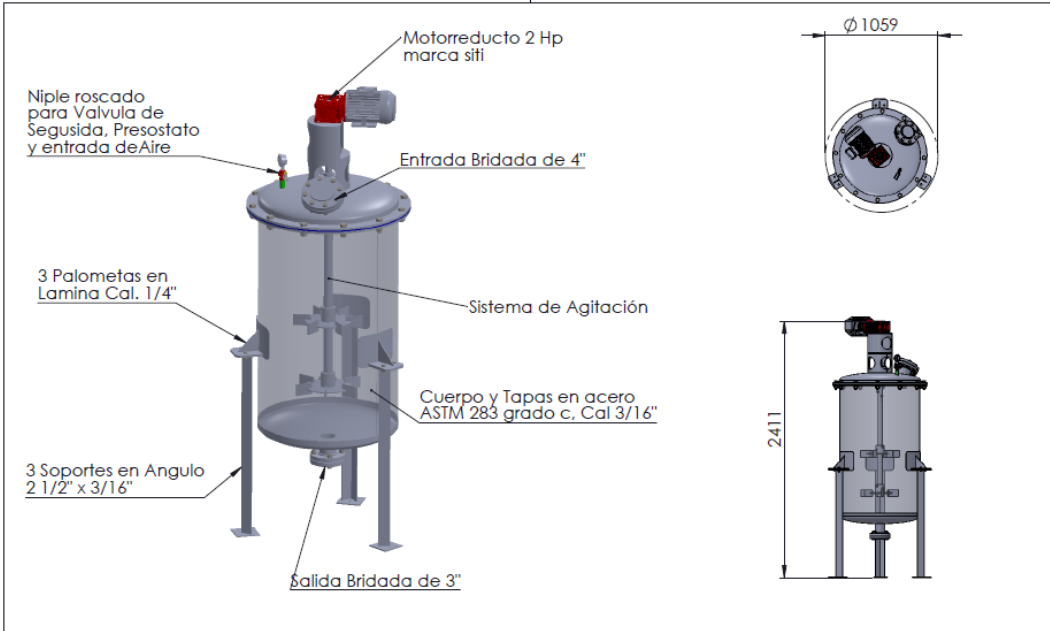
ENTRADA DE AIRE CON NIPLE ROSCADO DE 1/2",
VALVULA DE SEGURIDA Y PRESOSTATO

AGITADOR DE DOBLE HÉLICE TIPO TURBINA

MOTORREDUCTO MARCA SITI DE 2 Hp

DATOS DE ENTRADA		AUTORIZADO PARA:		VERSIÓN	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO Y/O MODIFICACIÓN	AUTORIZO	FECHA	TOLERANCIAS DISTANCIAS GENERALES	
<input checked="" type="checkbox"/> PLANO EXTERNO	<input type="checkbox"/> BOGUEÑO	<input type="checkbox"/> PRODUCCION	<input type="checkbox"/> COTIZACION	03		-	24/07/2013	<input type="checkbox"/> RELEVANTE	<input type="checkbox"/> NO RELEVANTE
<input type="checkbox"/> PLANTILLA	<input type="checkbox"/> DISEÑO	<input type="checkbox"/> COMPRAS	<input type="checkbox"/> FUNDICION	-	-	-	-	DE 2 a 20 mm = 0.1mm	DE 2 a 20 mm = 0.1mm
<input type="checkbox"/> PLANO INTERNO	<input type="checkbox"/> RESPONSABLE	<input type="checkbox"/> INFORMACION	<input type="checkbox"/> HOMOLOGACION	-	-	-	-	DE 20 a 100 mm = 0.2mm	DE 20 a 100 mm = 0.2mm
CODIGO: RD-81-26	FECHA: 24/07/2013	RESPONSABLE: Rensso V.	PROTOTIPO:	-	-	-	-	MATERIAL: IND.	ESCALA: IND.
CLIENTE: LAVO	DISEÑO: Jefferson V.	REVISÓ: Rensso V.	APROBÓ: Rensso V.	LÍNEA: -	SECCIÓN: -	MÁQUINA: TANQUE AGITADOR	CONJUNTO: -	SUBCONJUNTO: -	PIEZA: Ensamble General
							CANTIDAD: -	FORMATO: A4	CODIGO DE PLANO: Hoja1

ESTE PLANO ES DE PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. PROHIBIDA SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACION DE FAMAG LTDA.



DATOS DE ENTRADA		AUTORIZADO PARA:		VERSIÓN	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO Y/O MODIFICACIÓN	AUTORIZO	FECHA	TOLERANCIAS DISTANCIAS GENERALES	
<input checked="" type="checkbox"/> PLANO EXTERNO	<input type="checkbox"/> BOGUEÑO	<input type="checkbox"/> PRODUCCION	<input type="checkbox"/> COTIZACION	03		-	24/07/2013	<input type="checkbox"/> RELEVANTE	<input type="checkbox"/> NO RELEVANTE
<input type="checkbox"/> PLANTILLA	<input type="checkbox"/> DISEÑO	<input type="checkbox"/> COMPRAS	<input type="checkbox"/> FUNDICION	-	-	-	-	DE 2 a 20 mm = 0.1mm	DE 2 a 20 mm = 0.1mm
<input type="checkbox"/> PLANO INTERNO	<input type="checkbox"/> RESPONSABLE	<input type="checkbox"/> INFORMACION	<input type="checkbox"/> HOMOLOGACION	-	-	-	-	DE 20 a 100 mm = 0.2mm	DE 20 a 100 mm = 0.2mm
CODIGO: RD-81-26	FECHA: 24/07/2013	RESPONSABLE: Rensso V.	PROTOTIPO:	-	-	-	-	MATERIAL: IND.	ESCALA: IND.
CLIENTE: LAVO	DISEÑO: Jefferson V.	REVISÓ: Rensso V.	APROBÓ: Rensso V.	LÍNEA: -	SECCIÓN: -	MÁQUINA: TANQUE AGITADOR	CONJUNTO: -	SUBCONJUNTO: -	PIEZA: brida
							CANTIDAD: -	FORMATO: A4	CODIGO DE PLANO: Hoja2

ESTE PLANO ES DE PROPIEDAD EXCLUSIVA DE FAMAG LTDA. PROHIBIDA SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACION DE FAMAG LTDA.

Fuente: FAMAG LTDA.

Oferta tanque mezclador vertical con sistema de agitación por turbina de disco con palas

VALOR UNITARIO: \$7.900.000 Más IVA

CANTIDAD: 2 VALOR TOTAL: 15.800.000 Más IVA

Capacidad 150 galones

Medidas: Altura Total 12.41 mts. Diámetro de 760 mm.

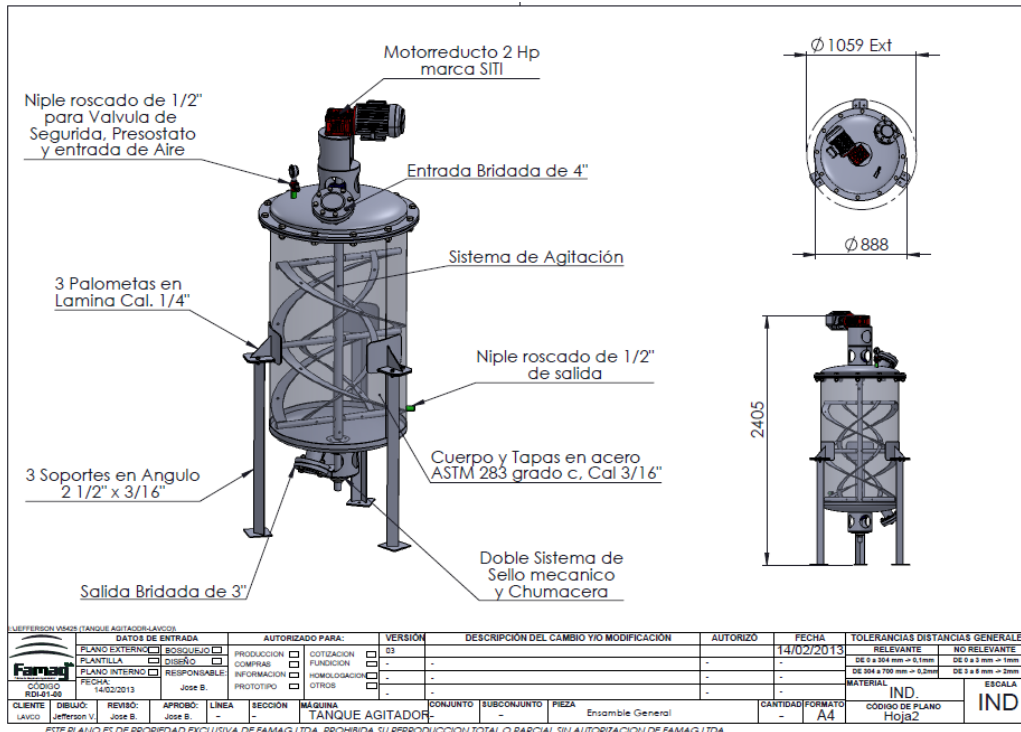
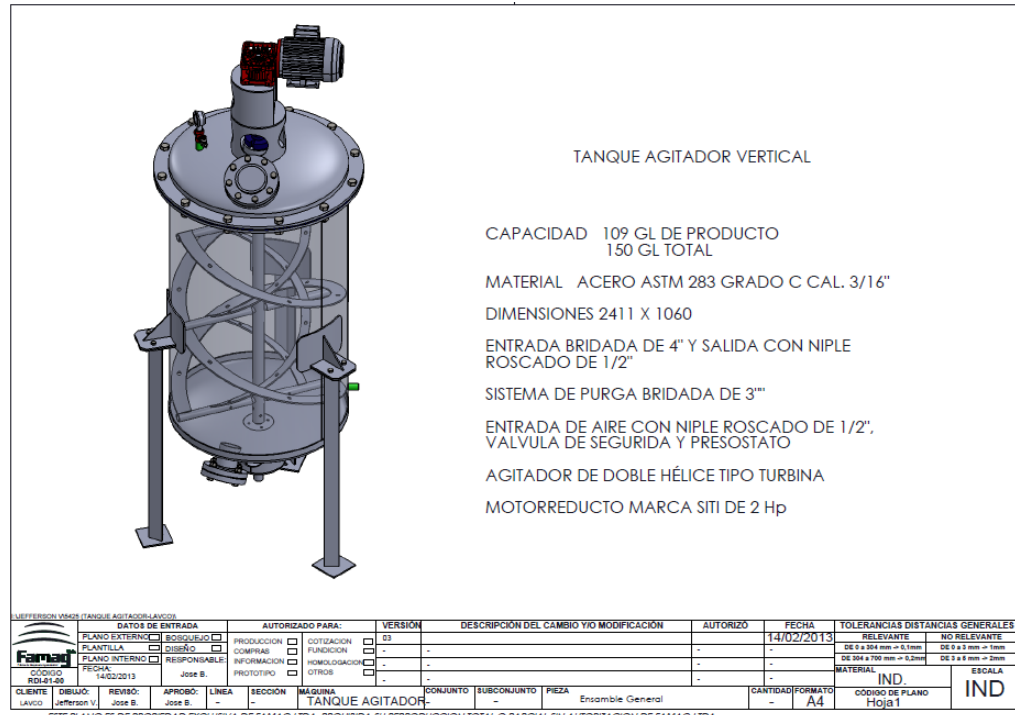
CARACTERÍSTICAS:

- Cuerpo y tapas fabricadas en lámina ASTM-283 calibre 3/16.
- Soportación al piso en ángulo de 2 ½ x 3/16, y cartelas en lámina calibre ¼
- Tapa superior y tapa inferior abombadas
- Sistema de agitación fabricado en tubo de 1 ½" SCH 40 con eje de 1 ¾ SAE 1045.
- Aletas del agitador en lámina calibre ¼
- Muñón de eje agitador en 3 ¼.
- En la parte superior del tanque agitador va el soporte del sello mecánico en eje 5 ¼ más el sello.

El tanque contiene los siguientes accesorios:

- Presostato de entrada de aire
- Brida slip on de 4" de diámetro en la parte superior del tanque y, de 3" de diámetro en la parte inferior del tanque (descargue).
- Para mover el agitador se utiliza un motor reductor de 2 HP a 86 R.P.M. marca Siti.

Figura 54. Segunda propuesta del tanque agitador e inyector para el recubrimiento



Fuente: FAMAG LTDA.

.Oferta tanque mezclador vertical con sistema de agitación tipo mezclador

VALOR UNITARIO: \$7.400.000 Más IVA

CANTIDAD: 2 VALOR TOTAL: 14.800.000 Más IVA

Capacidad 150 galones

Medidas: Longitud total 2.10 mts Altura 1.113 mm. Diámetro de 760 mm.

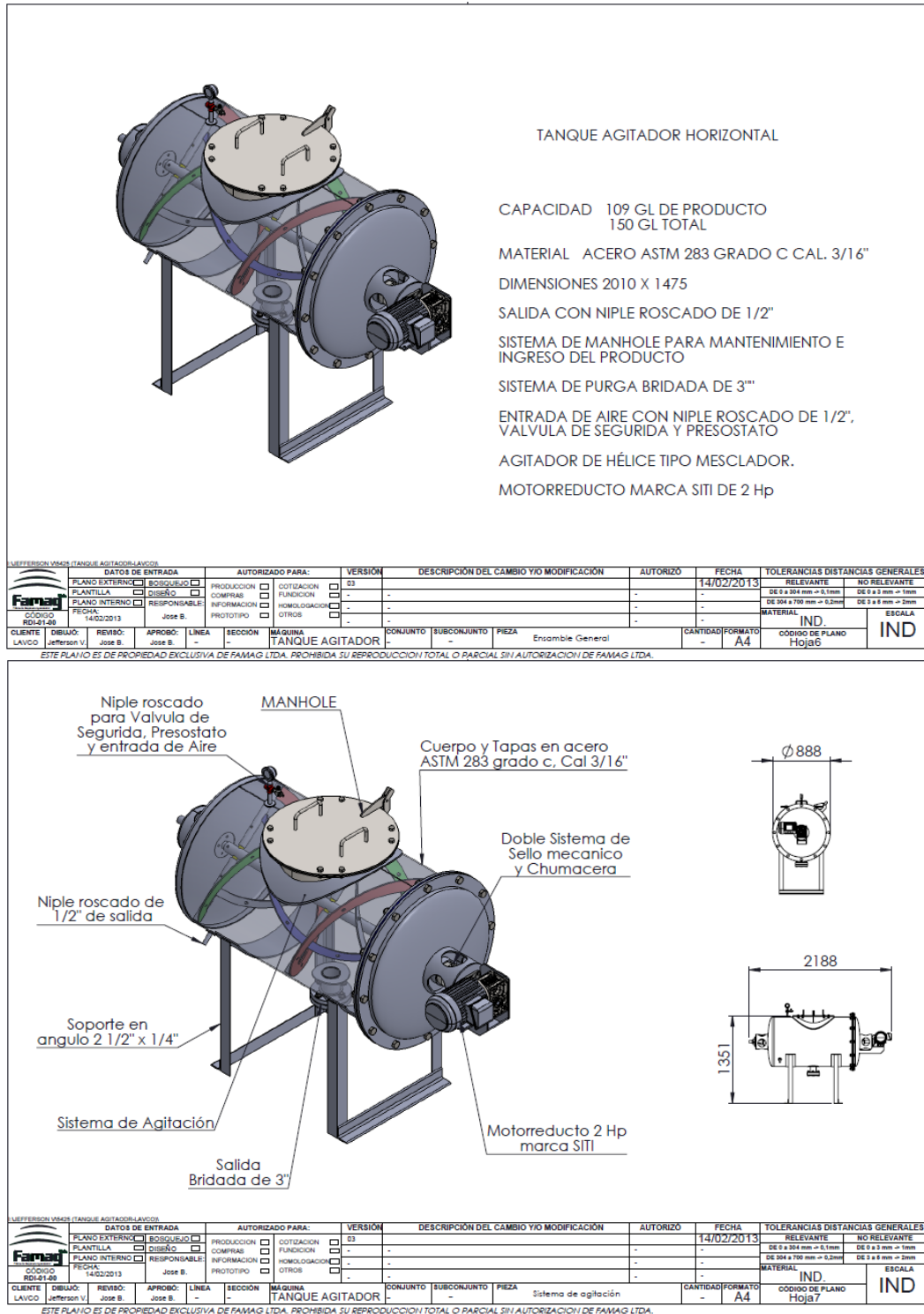
CARACTERÍSTICAS:

- Cuerpo y tapas fabricadas en lámina ASTM-283 calibre 3/16
- Soportación al piso en ángulo de $2 \frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$, y cartelas en lámina calibre $\frac{1}{4}$
- Tapas abombadas, una de las cuales va con brida en lámina de $\frac{1}{2}$ " SCH 80 con eje de $1 \frac{1}{2}$ SAE 1045. Ese sistema de agitación en su eje principal lleva ejes para la soportación de la cinta exterior del rotor mezclador.
- Fabricado así: Tubería SCH 40 de 1", y eje de 1" SAE 1045, las cinta exterior en platina de $2 \frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$, y la interior de $1 \frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$.
- Soportación del rotor mezclador en los extremos va de la siguiente manera:
- Dos sellos mecánicos Ref.150 Chesterton de $1 \frac{1}{2}$ y dos chumaceras de parche SKF de $1 \frac{1}{2}$. Los sellos mecánicos van contenidos en una caja en eje de 5
- $1/4$ SAE 1045.

El tanque contiene los siguientes accesorios:

- Presostato de entrada de aire
- Brida slip on de 4" de diámetro en la parte superior del tanque y, de 3" de diámetro en la parte inferior del tanque (descargue).
- Para mover el agitador se utiliza un motor reductor de 2 HP a 86 R.P.M. marca Siti

Figura 55. Tercera propuesta del tanque agitador e inyector para el recubrimiento



Fuente: FAMAG LTDA.

**Oferta tanque mezclador horizontal con sistema de agitación tipo
mezclador**

VALOR UNITARIO: \$7.800.000 Más IVA

CANTIDAD: 2 VALOR TOTAL: 16.600.000 Más IVA

Medidas: Longitud total 2.10 mts Altura 1.113 mm. Diámetro de 760 mm.

CARACTERÍSTICAS: Capacidad 150 galones

- Cuerpo y tapas fabricadas en lámina ASTM-283 calibre 3/16
- Manhole de acceso y de inspección, con su respectiva tapa atornillada y sello diámetro 500 mm.
- Soportación al piso en ángulo de $2 \frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$ con cartelas en lámina calibre $\frac{1}{4}$
- Tapas abombadas, una de las cuales va con brida en lámina de $\frac{1}{2}$ con tornillos.
- Sistema e agitación fabricado con tubo de $1 \frac{1}{2}$ SCH 80 con eje de $1 \frac{1}{2}$ SAE 1045. Este sistema de agitación en su eje principal lleva ejes para la soportación de la cinta del rotor mezclador.
- Fabricado así: Tubería SCH 40 de 1", y eje de 1" SAE 1045, la cinta exterior en platina de $2 \frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$, y la interior de $1 \frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$
- Soportación del rotor mezclador en los extremos va de la siguiente manera: Dos sellos mecánicos Ref.150 de 1 1/2 y dos chumaceras de parche SKF de $1 \frac{1}{2}$. Los sellos mecánicos van contenidos en una caja en eje de $5 \frac{1}{4}$ SAE 1045.

El tanque contiene los siguientes accesorios:

- Presostato de entrada de aire
- Brida slip on de 4" de 0 en la parte superior del tanque y, de 3" de 0 en la parte inferior del tanque (descargue).
- Para mover el agitador se utiliza un motor reductor de 2 HP a 86 R.P.M. marca Siti.

Pese a todos estos percances esta información sirvió para abordar otra alternativa, que consistió en realizar el tanque nuevamente vertical, para ello se recurrió al apoyo de la empresa EQUIM S.A.S, tal y como se hizo con la empresa FAMAG LTDA., EQUIM S.A.S es una empresa certificada en el diseño, fabricación y Montajes de maquinaria agroindustrial, ubicada en la ciudad de Bucaramanga en la calle 16 # 10 -37 B. Gaitán. Teniendo en cuenta las variables nombradas anteriormente, se ha trabajado con la empresa generando una propuesta muy similar, pero con grandes modificaciones para hacerlo eficiente y rentable en términos operativos y de mantenimiento. Se trabajó con el mismo material ASTM A- 283 pero con un espesor de 15 mm y una tapa hermética para la entrada del producto, en la tapa inferior se priorizo en colocar el ducto en parte central para extraer totalmente el material sobrante del día posterior a la fundición para que estos residuos no contaminen la nueva pintura, las salidas de las mangueras quedaran hacia un costado del tanque en la tapa inferior, las dimensiones del tanque se han modificado para facilitar el cargue y lavado del tanque, el sistema de doble hélice y eje serán de acero inoxidable, por el contacto abrasivo y corrosivo del recubrimiento, se incorporaran placas deflectoras para evitar el fenómeno del vórtice y mantener la suspensión de las partículas de sílice. La oferta y el esquema mostrado más adelante en la en la figura 56 son una propuesta inicial que se generó, la empresa está trabajando actualmente para realizar los cambios mencionados pero el valor de fabricación si se mantiene con un costo total de **\$ 7880000 millones de pesos.**

- **Oferta del equipo.** Tanque vertical para agitar pintura aislante de fundición. \$ 6.200.000

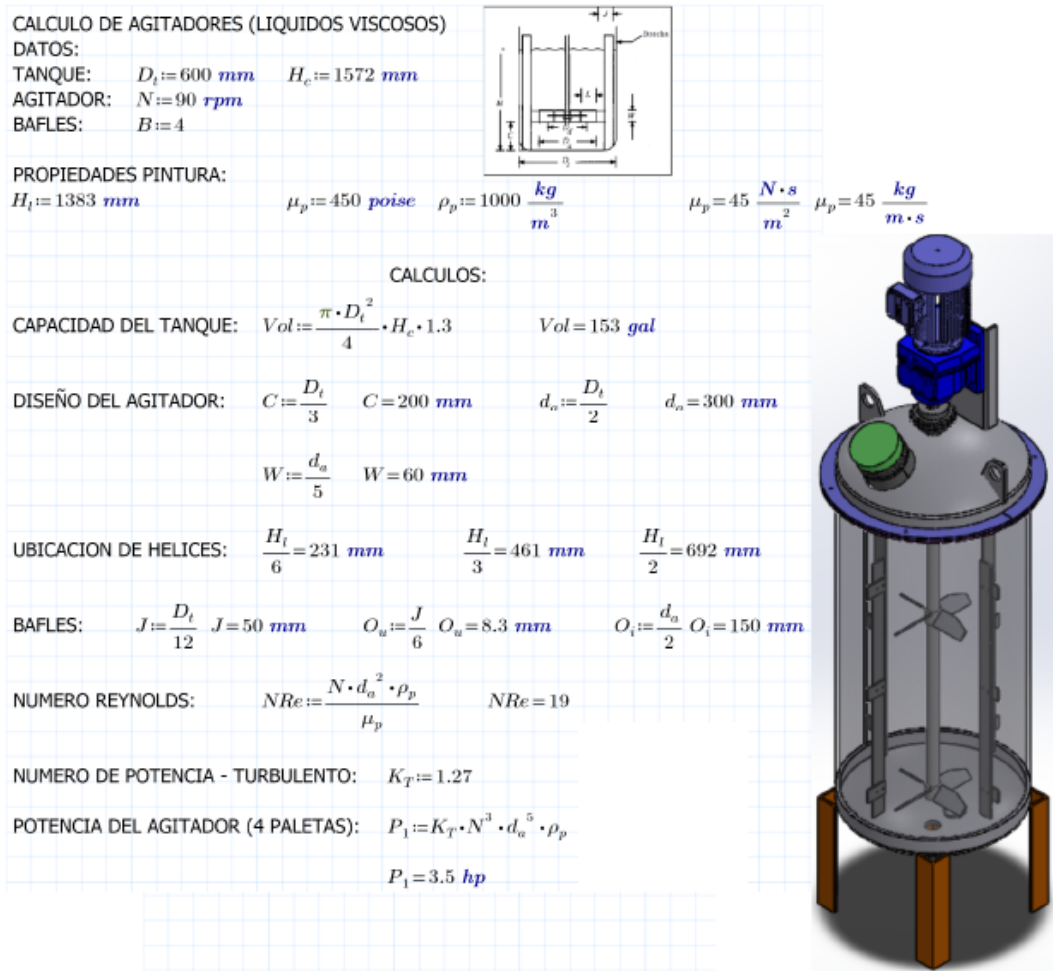
Dimensiones: Diámetro 0.6 metros Ø – Altura total: 2 metros.

Fabricado en lámina ASTM A-283 DE 15mm de espesor y acondicionado con lo siguiente:

- Brida entre el cuerpo cilíndrico y tapa abombada para fácil mantenimiento.
- 1 Tapa hermética para entrada de producto.

- 1 Válvula de alivio y válvula de suministro de aire de ½"Ø; manómetro.
- Conectores rápidos para manguera. Tapa para conexión de paleta con sellos.
- 1 Motoreductor de 3.5 HP – 90RPM – base para motoreductor y acople de cadena / tablero.
- Paleta y eje para tanque agitador vertical. Fabricada en acero inoxidable 304 con un valor de \$1.680.000.

Figura 56. Tanque propuesto para agitar el recubrimiento aislante de la planta de fundición.



Fuente: EQUIN S.A.S

Esta opción es menos versátil que la propuesta del tanque horizontal, pero es más económica en cuanto al mantenimiento en el transcurso de su ciclo de vida, ya que utiliza un solo sello mecánico mucho más económico que no estará expuesto al contacto con el fluido, además de esto se logra el objetivo de agitar correctamente el recubrimiento que es la objetivo primordial.

La empresa EQUIN S.A.S radicará el proceso de mantenimiento para el conjunto tanque-sistema mecánico una vez se haya probado y verificado el correcto funcionamiento del equipo.

- **Factores a considerar para el control del recubrimiento refractario.**

Con el propósito de estandarizar el proceso de fabricación, control de la densidad de este recubrimiento e identificar problemas en la fase de operación de los tanques, se han elaborado dos procedimientos, el primero para la fase preparación y puesta a punto de la mezcla refractaria en el proceso de fabricación, y segundo para llevar un control de su comportamiento durante la fase de operación, estos procedimientos van soportados con formatos en hojas de Excel para el registro de los datos y posterior evaluación, ver anexo F.

- **Evaluación del recipiente para la fabricación del recubrimiento.** Los problemas que se encontraron además de la agitación de este recubrimiento, es el mal estado y la selección del recipiente inadecuado para la preparación, debido a que este recipiente tiene contacto con agua en la operación de lavado o en la fase de preparación, suele oxidarse con facilidad.

Estudiar este recipiente fue clave ya que a partir de ello se encontró otro problema adicional que interviene e influye directamente en la operación de aplicación del refractario en los moldes metálicos. El recipiente utilizado para la fabricación consiste en una caneca con capacidad para 50 galones; estos recipientes

proceden de la compra de aceite para la fabricación del refrigerante “taladran” que es usado en las herramientas del proceso de mecanizado de las camisas en la planta de mecanizado. Este recipiente es inapropiado para esta operación ya que se corroe con facilidad y las costras de óxido caen en la mezcla durante la preparación, de esta manera se contamina la pintura, estas costras llegan al tanque y luego son transportadas hacia las boquillas de aplicación de la mezcla que suelen taparse con estas costras, este problema detiene el proceso de centrifugado de tubos disminuyendo así la producción.

Figura 57. Recipiente para la preparación del recubrimiento refractario.



Fuente: Autor.

Después de evaluar las diferentes posibilidades considerando el estudio realizado para elegir el material adecuado para la fabricación del tanque presurizado, el acero inoxidable se ha descartado por su alto costo, ya que se requieren cuatro de estos recipientes con capacidad de 50 galones, en consideración a esto se ha sugerido la utilización de materiales plásticos para evitar la oxidación y posteriormente la corrosión y evitar así la formación de costras de óxido, no se aconseja recubrir las canecas existentes con recubrimientos epóxicos, ya que el impacto de los chorros de los ductos en la operación de mezclado, caerían

formando costras de esta pintura, y se presentaría el mismo problema con las costras de óxido. Como las canecas que se muestran en la figura 58.

Figura 58. Propuesta para reemplazar los recipientes existentes.



Fuente: Internet

- **Observaciones.** Se recomienda comprar o adquirir una de estas canecas con capacidad para 50 galones y observar su comportamiento en el proceso de preparación de pintura, es aconsejable marcar las canecas con el nombre de recipiente 1, recipiente 2, recipiente 3, recipiente 4, etc., para facilitar el control de los pesos y el registro en los formatos de excel para seguir el comportamiento de la pintura desde su fase de preparación, almacenamiento e inyección en los moldes.

- **Costo de ciclo de vida del sistema tanque agitador e inyector.** Para estos sistemas de la empresa es muy complicado cuantificar los gastos directos e indirectos, fijos y variables a lo largo de su vida útil ya que existen dificultades para la caracterización real de los costos de este sistema de activos.

- ✓ Costos operacionales poco visibles

- ✓ Procedimientos contables mal aplicados
- ✓ No tener registros de producción individual de los equipos años atrás.
- ✓ Tener costos de mantenimiento a nivel general de la empresa.

Pese a esto se identificaron las actividades en las que interviene este sistema de activos y se caracterizaron a manera de ser consecuentes con el objetivo del plan estratégico de la empresa.

Aunque no se pueda establecer los costos reales durante la vida útil de estos activos, con base a lo estipulado en el estándar PAS-55 las decisiones que se hacen con enfoques en la vida total del activo además de considerar costos de mantenimiento, costos de capital y de operación también sigue el desempeño y las restricciones de producción como cuellos de botellas, a partir de esta premisa y a partir del estudio realizado se observó que los cambios realizados y los sugeridos permiten que la empresa tome una decisión acertada acerca de la inversión en los cambios sugeridos.

10.3 SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

Puesto que la empresa no cuenta con la información y documentación pertinente del sistema de aire comprimido que posee, y ante el propósito de establecer los criterios óptimos de funcionamiento de los equipos y elementos dependientes de la red, se ha definido los siguientes propósitos:

- Realizar estudios sobre dimensionamientos, caídas de presión y fugas que puedan restar eficiencia a la red y que supongan costos no admisibles para la empresa.

- Construir una base de datos de toda la red y sus componentes que contengan toda la información posible y susceptible de ser actualizada.
- Proponer con base a esos estudios, medidas de mejora de la red en lo referente a modificaciones del mallado, control de compresores, reparación de fugas, medidas de seguridad, etc. para reducir costos a corto/mediano o largo plazo.

El informe busca hacer una caracterización energética del uso del aire comprimido en Industrias LAVCO, planteando opciones de mejora dentro de los principios de conservar la calidad del producto, el impacto ambiental y la seguridad industrial.

La caracterización energética puede entenderse como los procedimientos y procesos relacionados con la planeación, compra, almacenamiento, transformación, distribución, control y uso final de la energía. La eficiencia en el uso de la energía, elemento indispensable para la reducción de costos de producción de la mayor parte de la empresa puede ser lograda por dos vías:

- La vía cara y fácil de implementación de tecnologías productivas de bajo consumo.
- La vía económica y difícil de lograr, cambios de hábitos en el uso final de la energía con la tecnología existente.

Teniendo en cuenta estas dos posibilidades, la mejor opción para el aire comprimido es buscar los puntos de mejora y generar planes de acción tanto a mediano como a corto plazo que permita optimizarlos, y basados en un estudio real de las necesidades actuales y futuras de la empresa, generar un plan a largo plazo que permita mejorar la tecnología existente, si es necesario.

10.3.1 ETAPAS Y DESARROLLO DEL PROYECTO DE AIRE COMPRIMIDO. El trabajo ha consistido en la revisión y actualización de la red de aire comprimido, la generación de una base de datos sobre la misma ante los continuos cambios que se puedan generar en ella, y la extracción de conclusiones y mejoras con base a estas, para un desarrollo eficiente y optimo de la red.

Las etapas comprendidas por este proyecto cronologicamente han sido las siguientes:

1. Actualización de planos de la red de aire comprimido en los formatos que maneja la empresa; esta labor consistió en hacer un recorrido por donde se extiende la red para observar: su trazado, ramales principales, colectores, ramales secundarios y líneas de servicio. Esta etapa admitió semanas de recopilación de datos debido a las derivaciones instaladas, entre otros factores como la visibilidad y/o inaccesibilidad de algunas zonas.

En el transcurso del desarrollo de esta etapa, además de modificar y actualizar los planos del trazado y las dimensiones de los conductos componentes de la red, los depósitos, salas de compresores, etc. Se identificaron las máquinas, equipos y elementos conectados a esta. Se trato de recopilar los datos impresos en las placas características de todos los equipos y elementos de la red para el tratamiento del aire (compresores, depositos, filtros, trampas de agua) para empezar a formar la base de datos.

2. A la par del desarrollo de la primera etapa, se empezo a crear la base de datos en Microsoft Office Excel . Se asignaron números y letras a los ramales para su identificación dentro de los planos, así como un manejo de contenido en la

base de datos con los nombres de identificación de cada uno de los archivos para realizar fácilmente la búsqueda, modificaciones y actualizaciones pertinentes.

3. Posteriormente, se recopiló información sobre los consumos en las distintas máquinas, partiendo de los manuales de operación de algunas de ellas almacenadas en la división de mantenimiento, pero no se encontraron registros de los consumos de estos equipos. Era imposible de conocer a simple vista, lo que en la mayoría de los casos suponía un grave inconveniente. Lo relacionado con pistolas de soplado, se consultó en diversas páginas web, y en otros casos por falta de información, se procedió a medir y calcular los consumos a partir de equipos como anemómetros y termigrómetros que fueron conseguidos por medio de la División de Mantenimiento Tecnológico de la universidad Industrial de Santander. En la planta de fundición y mecanizado fue necesario recopilar datos acerca de las cantidades de producción que se manejaban allí.

El análisis y estudio de tiempos de consumo y tiempos de ciclo, se realizó para cada uno de los equipos y máquinas contando con la colaboración de los operarios para la recolección de la información. Debido a la diversidad de máquinas y lotes de producción, se tomó la información de los niveles y tiempos promedio de producción de estas máquinas; estos datos permitieron averiguar su factor de utilización, y de simultaneidad.

4. Con los valores de consumo agregados en la base de datos, se realizaron los cálculos para comprobar si la red estaba convenientemente dimensionada, así como los cálculos para determinar como deberían dimensionarse los tramos de forma correcta. Se comprobó si los compresores instalados eran capaces de sostener la demanda requerida de aire, estos valores aportados por la base de datos previamente elaborada se corroboraban con los datos encontrados en las características de algunas máquinas encontradas por páginas web, ya que la empresa actualmente no contaba con ninguna información al respecto de la red o equipos consumidores.

Se comprobó igualmente si el conjunto de depositos conectados en toda la redsoportaban los picos de demanda en función del caudal proporcionado por los compresores.

5. Posteriormente se realizó el estudio de los casos mas desfavorables en cuanto a caídas de presión sobre los ramales que atraviesan cada uno de los equipos de la fábrica. Se tuvo en cuenta el conjunto de accesorios a lo largo de los ramales que generan caídas de presión y que implican igualmente una gran cantidad de datos a considerar.

6. Se hizo un recorrido por cada una de las zonas que cubría la red de aire y los elementos para realizar una estimación aproximada del caudal perdido por fugas. Se requiere hacer un estudio más detallado y profesional para localizarlas y clasificarlas; pero en ausencia de ello, se llevó a cabo esta tarea con el fin de partir de una base de datos para realizar los cálculos de pérdidas asociados a fugas.

7. Con base a los resultados obtenidos se desarrollaron los cálculos de los costos por gasto energético en los compresores, los asociados a caída de presión, fugas y los referentes a mantenimiento. Asi mismo se estimaron posibles ahorros considerando reparaciones de fugas, rendimiento de la red y control adecuado de la presión de funcionamiento de los compresores (presión de trabajo de la red).

8. A partir de lo anterior se han propuesto mejoras de cara al mantenimiento y desarrollo de la red en el futuro, algunas de ellas requeririan análisis más detallados y mayor tiempo de estudio del que se han llevado a cabo. A pesar de ello este diagnóstico cumple de forma razonable el cometido de reflejar algunos puntos susceptibles de mejora y plantea soluciones relativamente factibles. Las propuestas estudiadas se esplicarán posteriormente.

a. Medidas de ahorro energético.

- Minimización de caídas de presión

- Reconexión y utilización de compresores

- b. Acciones ante fugas en la red.
 - Localización y estimación de fugas en la red
 - Medidas para evitar posibles fugas

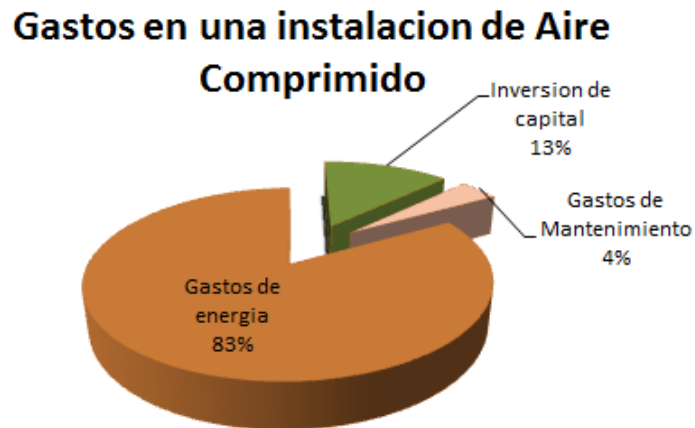
- c. Posibles modificaciones en la estructura de la red.
 - Rendimiento de la red
 - Eliminación o adición de válvulas
 - Consideración del mallado de ciertos equipos
 - Adición de depósitos

- d. Otras medidas
 - Reforma de la sala de compresores
 - Cambios de tuberías
 - Reforma de la red

10.3.2 Antecedentes. Típicamente un sistema de aire comprimido, con una vida promedio de 10 a 15 años, divide sus gastos en un 83% de electricidad, 13% en inversiones de capital y 4% en mantenimiento.

Como se puede ver más adelante en la figura 59 la electricidad juega un papel tan importante que siempre se justificará la realización de un diagnóstico energético en búsqueda de reducir este gasto. Así pues, el entender y poner especial atención a la forma en que operan estos sistemas, se llega a identificar y aprovechar una serie de áreas de oportunidad, que permiten incrementar su desempeño, evitar un uso ineficiente de la energía, aumentar la calidad y productividad, y por ende, la competitividad de la empresa.

Figura 59. Gastos en una instalación de aire comprimido



Fuente: Autor

Para determinar la capacidad de los compresores necesaria para alimentar una herramienta, máquina o un grupo de accionamientos neumáticos, es necesario tener en cuenta los siguientes datos:

- **CONSUMO ESPECIFICO:** se refiere al consumo de aire requerido por una herramienta, para el servicio continuo a la presión de trabajo dada por el fabricante.
- **COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN:** margen de operación intermitente o factor de servicio, el cual indica el tiempo en el que el componente está parado.
- **COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD:** promedio de los coeficientes de utilización de cada herramienta neumática utilizada en la empresa. Este coeficiente se multiplica por el consumo de aire total de las máquinas, entregando así el consumo de aire real según el tiempo de cada máquina que se está utilizando.

Por consiguiente, para determinar la capacidad de los compresores, se partirá del consumo total de la planta al cual habrá que añadirle un porcentaje por pérdidas de aire admisible por fugas, así como sumarle otro porcentaje adicional para prever posibles ampliaciones. En el proceso de compresión la temperatura del aire se eleva, lo que supone un aumento del trabajo de la compresión.

10.3.3 Adquisición del activo. Como se puede apreciar a continuación en la tabla 18 y parte de la tabla 19 que se extrajo del anexo C se muestran a continuación, ahí se puede observar la condición de los diferentes equipos, se expresa el año de fabricación, el año de instalación y los años de servicio que tiene en servicio el equipo.

Tabla 18. Condición de los compresores existentes.

CÓDIGO	EQUIPO	FECHA DE COMPRA	VIDA ÚTIL [AÑOS]	VALOR DE COMPRA	DEPRECIACIÓN	AÑO DE FABRICACIÓN	AÑO DE INSTALACIÓN	AÑOS DE SERVICIO
M046	COMPRESOR DE PISTÓN	01/10/2003	10	1228567.16	0			
T005	COMPRESOR DE PISTÓN	06/06/1995	10	3853885.91	0	1995	1995	18
T006	COMPRESOR DE PISTÓN	12/12/1997	10	0	0	1997	1997	16
T007	COMPRESOR DE PISTÓN	11/11/1997	10	6935505.68	0	1997	2000	13



ESTE COLOR INDICA QUE NO SE CONOCEN DATOS DEL EQUIPO

Fuente: Autor

Tabla 19. Costos de adquisición de los equipos compresores

COSTO DEL CICLO DE VIDAD DE LOS COMPRESORES			
COSTO DE ADQUISICION DE LOS EQUIPOS			
FECHA	CODIGO	EQUIPO	VALOR
01/10/2003	M046	COMPRESOR DE PISTON	1,228,567.16
FECHA	CODIGO	EQUIPO	VALOR
12/12/1997	T006	COMPRESOR DE PISTON	0
FECHA	CODIGO	EQUIPO	VALOR
06/06/1995	T005	COMPRESOR DE PISTON	3,853,885.91
FECHA	CODIGO	EQUIPO	VALOR
11/11/1997	T007	COMPRESOR DE PISTON	6,935,505.68

Fuente: Autor

10.3.4 Utilización y operación del activo.

- **Situación actual de la red.** La red de aire comprimido de Industrias LAVCO, trata de una red antigua de más de 17 años cuyos ramales no se han modificado, apenas hasta el año 2012 se hizo una derivación para una máquina nueva. La red consta de una tubería principal de ½ “en función del tramo y que atraviesa cada una de las plantas desde la sala de compresores hasta finalizar en el extremo más alejado. Algunas partes de la tubería instalada ya presentan focos de ataque corrosivo y daño.

El trazado de la red conforma un anillo abierto generando una caída de presión, el nivel de pérdidas de aire por fugas es elevado como suele corresponder a este tipo de industria con cierta antigüedad. Por otra parte, y puesto que se trata de una

industria que fabrica varios tipos de cilindros automotrices necesita de máquinas especiales que consumen aire y necesitan un sistema de suministro continuo para garantizar un correcto funcionamiento. La base de datos de la red puede consultarse en el anexo G.

El tipo de tubería utilizado es de acero galvanizado con rosca; la distribución y longitudes de la gran mayoría de tuberías que componen la red se recrearon en SolidWorks ya que es el software que maneja la empresa esto se muestran en el plano adjunto en el anexo G.

En la figura 60 se presentan unas imágenes que muestran el estado actual de algunas zonas que conforman la red de aire comprimido de la empresa.

Figura 60. Estado de la red de aire comprimido industrias LAVCO



Fuente: Autor

- **Configuración local y consumo del sistema analizado.**

- **Generación actual de aire comprimido.** Todos los datos recopilados de los compresores que forman parte de los sistemas de generación de aire se muestran en el anexo G.

- **Compresores.** La fábrica dispone de una sala de cuatro compresores. Esta sala se encuentra ubicada de tras de la planta de fundición. Los compresores son de tipo pistón.

Nota: La potencia que aparece en estas fichas de Excel es la potencia del catálogo, pero los motores de los compresores se modificaron y la potencia actual de los compresores es la siguiente:

Tabla 20. Potencia de los compresores instalados en LAVCO

COMPRESOR	MODELO	POTENCIA ACTUAL [HP]
ATLASCOPCO	VA-80	5
IHM	TA-120	12
IHM	HTA-120	10
QUINCY	325 PNG	6

Fuente: Autor

Del estudio efectuado en octubre del 2012 se extrajeron los siguientes datos del perfil del consumo de aire comprimido de la planta. La información fue tomada directamente en un lapso de dos semanas con equipos facilitados por la división de mantenimiento tecnológico de la Universidad Industrial de Santander. En las tablas 21 y 22 que se muestran a continuación exponen el caudal de aire teórico que consume cada equipo y la presión de trabajo.

- **Resultados teóricos de consumo de aire.**
- Demanda de consumo en los equipos instalados en la Planta de Fundición
Consumo Total = **938.8 CFM**
- Demanda de consumo en los equipos instalados en la Planta de Mecanizado Consumo Total = **341.3 CFM**
- Demanda total de equipos en la empresa = **1280.1 CFM**
- Capacidad Entregada por los compresores = **133.93 CFM**

Tabla 21. Consumo en equipos de la planta de Fundición

HERRAMIENTAS O EQUIPO	CÓDIGO	CANTIDAD	PRESIÓN DE AIRE (PSI)	CONSUMO DE AIRE UNITARIO (CFM)	CONSUMO DE AIRE TOTAL (CFM)
Tanque agitador e inyector de pintura [Llaves para pintar (Centrifugas Especiales)]	F064	1	100 -145	10.73	10.73
Tanque agitador e inyector de pintura [Llaves para pintar (Centrifugas Individuales)]	F024	1	100 -145	10.56	10.56
Tanque agitador e inyector [Llaves para pintar (Centrifugas Individuales)]	F025	1	100 -145	12.4	12.4
Tanque agitador e inyector pequeño mientras adquiere el equilibrio de presión	F064	1	100 -145	2.37	2.37
Tanque agitador e inyector grande mientras adquiere el equilibrio de presión	F024	1	100 - 145	0.4	0.4
Tanque inyector pequeño mientras adquiere el equilibrio de presión	F025	1	100-145	0.04	0.04
Llaves de aire (Centrifugas. Individuales) limpieza	-----	6	90 -120	128.9	773.4
Llaves de aire (Centrifugas. Especiales) Limpieza	-----	1	90-120	128.9	128.9

Fuente: Autor

Tabla 22. Consumo en equipos de la planta de Mecanizado

HERRAMIENTAS O EQUIPOS	CÓDIGO	CANTIDAD	PRESIÓN (PSI)	CONSUMO DE AIRE (CFM)
Bruñidora neumática	M001	1	70	4
Bruñidora electro neumática	M003	1	70	4
Bruñidora neumática	M004	1	70	4
Pistola de aire	X010	1	75- 110	51.77
Pistola de aire	M019	1	70	14.69
Manguera de limpieza	M022	1	100	28.03
Manguera de limpieza	M041	1	100	54.73
Manguera de limpieza	M002	1	100	45.83
Manguera de limpieza	M050	1	100	48.8
Manguera de limpieza	M043	1	100	54.73
Pistola de aire CNC	M054	1	100	10.24
Pistola de aire CNC	M055	1	100	10.24
Pistola de aire CNC	M058	1	100	10.24

Fuente: Autor

- **Determinación del caudal real de consumo.** Para conocer cuál es el caudal que consume la planta, es necesario sumar las cantidades de aire en cada punto. Luego para obtener la carga real, se multiplica la cantidad de carga teórica por un factor de uso y de simultaneidad, dichos factores se establecen tomando en cuenta que se tengan tiempos muertos en algunas máquinas que en ese momento no se están utilizando, y un compresor de menor capacidad tendría tiempo para cargar a presión el depósito o la red de aire comprimido.

El tiempo en el que la máquina está consumiendo aire, se denomina factor de uso, que es propio de cada tipo de máquina y está determinado por la forma en que esta trabaja. De manera general, estos coeficientes están relativamente bien determinados teóricamente, según cronometrajes. Otro factor que hay que tener en cuenta para calcular el consumo es el factor de simultaneidad, el cual depende del número de unidades que en cada momento consumen aire. Si todas las

máquinas funcionan simultáneamente la cantidad de aire a suministrar sería igual a la suma de los consumos de todos. Ello es prácticamente imposible que suceda, pues siempre hay un desfase entre los periodos en que trabaja cada una dichos factores se muestran en la tabla 23.

Tabla 23. Factor de simultaneidad

Cantidad de unidades consumidoras	Factor de simultaneidad	Cantidad de unidades Consumidoras	Factor de Simultaneidad
1	1	8	0.75
2	0.94	9	0.73
3	0.89	10	0.71
4	0.86	11	0.69
5	0.83	12	0.73
6	0.8	13	0.71
7	0.77	100	0.2

Fuente: Autor

- **Determinación del factor de utilización.** Determinar las necesidades de aire comprimido de una red es algo más complicado que sumar individualmente las necesidades de cada uno de los consumidores de aire comprimido y en esta determinación entra en juego otros factores. Muchos de los consumidores de aire comprimido (herramientas, pistolas, pistolas de soplado, etc.) no tienen un consumo continuo, sino que se conectan y desconectan según las necesidades y esto hace necesario determinar el Factor de Utilización de los mismos.

El factor de utilización (%) puede calcularse mediante la siguiente formula:

$$UR = \frac{T_u}{T_r} \cdot 100 \quad [\%]$$

Ecuación 10.4

Dónde:

Tu es el tiempo de utilización de la herramienta (min, s)

Tr es el tiempo de referencia (min, s)

UR es el factor de utilización (%).

Para los factores de utilización (UR), se ha utilizado un tiempo por turno de horas efectivas de trabajo. En los turnos de 8 horas, de 9 horas y de 12 horas.

De esta manera se obtienen los resultados para la planta de Mecanizado y posteriormente la planta de Fundición que pueden apreciarse en el anexo G.

Por lo tanto el caudal real se puede obtener por medio de la siguiente expresión:





$$Q_{\text{real}} = Q_{\text{teprico}} \cdot \text{Factor}_{\text{de,uso}} \cdot \text{Facto}_{\text{de,simultaneidad}} \quad \text{Ecuación 10.5}$$

Los cálculos para el caudal real que consumen los equipos se muestran en el anexo G.

- **Perdida de carga máxima admisible en la instalación.** Dada la configuración de la red, abierta de geometría sencilla, las canalizaciones de servicio parten directamente de la canalización principal, es decir, la canalización principal y secundaria se fusionan en una sola que alimentan las distintas derivaciones.

Las válvulas, accesorios, codos y similares ofrecen una resistencia mayor al caudal. Para tener en cuenta estos componentes, se calcula con una longitud equivalente de la tubería y el resultado se suma a la longitud real de los tubos antes de calcular o determinar.

Tabla 24. Longitudes equivalentes para accesorios en m

Denominación	Accesorio	Longitudes equivalentes en metros									
		Diámetro interior del tubo en mm.									
		9	12	14	18	23	40	50	80	100	
Válvula esférica		0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,6	1	1,3	
Codo		0,6	0,7	1	1,3	1,5	2,5	3,5	4,5	6,5	
Pieza en T		0,7	0,85	1	1,5	2	3	4	7	10	
Reductor de 2d a d		0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,9	1	2	2,5	

Fuente: Manual sobre aire comprimido y su aplicación en la industria

La longitud definitiva de los tubos que debe incluirse en el cálculo es la siguiente:

$$L_{total} = L_l + \sum_{i=1}^n L_{equivalente} \quad , \quad n \text{ accesorios de tener en cuenta.} \quad \text{Ecuación 10.6}$$

Los elementos neumáticos deben trabajar con una presión (normalizada) de 6 bares. Los compresores utilizados dan una presión de utilización de 7 bares, para tratar de compensar las pérdidas de carga en la instalación. Es práctica habitual permitir que el 10% de la presión a la cual trabaje el sistema se emplee en hacer frente a las pérdidas totales (el resto es la energía que se descargara en los orificios de trabajo). Así para el sistema que trabaja a 7 bares, es normal fijar un valor de pérdidas máximo de 0.7 bares a lo largo de las conducciones.

Como se comento con anterioridad, la caída máxima de presión en las tuberías debe ser menor de un 2 % de la presión del compresor es decir, 0.14 bar, para el caso de interés (7 bares de presión de alimentación en los compresores).

Haciendo uso de un modelo matematico basado en la Formula de Renouard se calcularan las perdidas de carga en las tuberias del sistemas de aire comprimido:

$$P_a - P_b = \frac{C_{RC} \cdot \rho \cdot L_{equi} \cdot Q^{1.82}}{2 \cdot P_n \cdot D^{4.82}}$$

Ecuacion 10.7

Pa y Pb: son las presiones absolutas en el origen y en el extremo (bar)

CRc: es el coeficiente de Renouard cuadrático (igual a 48,60)

ρ :es la densidad relativa del gas

Q: es el caudal en Nm³/h

D: es el diámetro interior de la conducción en m/s

Pn: es la presión nominal en bar

Con las longitudes equivalentes y con los diámetros se calcula la caída de presión en los diferentes puntos de la red de aire.

$$\delta_P = \frac{C_{RC} \cdot \rho \cdot L_{equ} \cdot Q^{1.82}}{2 \cdot P_n \cdot D^{4.82}}$$

Ecuación 10.8

Particularizando valores y despejando la perdida de presión se tiene.

$$\delta_P = 3.47 \cdot \frac{L_{equ} \cdot Q^{1.82}}{D^{4.82}}$$

Ecuación 10.9

La máxima caída de presión admitida en las conducciones es el 10% de la presión nominal, es decir, $0.10 * P_n = 0.7$ bares. Esta caída de presión es la suma de la caída de presión en la canalización principal y de todas las canalizaciones.

Las pérdidas de carga producidas en los diferentes elementos de conexión y accesorios se contabilizaron en forma de longitud equivalente se muestran en el anexo G.

- **Equipos afectados**

- **Planta de fundición.** La falta de presión necesaria en los tanques de agitado e inyección de pintura en ocasiones genera que el recubrimiento refractario aplicado en la coquillas no salga en forma de aspersion, y de lo contrario sale en forma de chorro que no es lo adecuado, esto se debe a la perdida de presión en la línea principal y al sistema de boquilla que se maneja en las mangueras de aspersion, al igual esta línea esta provista de un regulador de presión para mantener la presión constante en los tanques presurizados, aun así este problema se presenta incluso en ramales secundario de la red, ya que estos cuentan con cambios de sección bruscos en el transporte del aire y por sus accesorios generan pérdidas de carga en la red, se debe esperar hasta que el compresor cargue a la presión de trabajo del tanque. Cabe la pena mencionar que estos problemas se deben también al endurecimiento de la pintura por la pérdida de humedad y la falta de agitación correcta del recubrimiento como se ha mencionado en fases anteriores, problema que en estos momentos ya está en proceso de solución.

Figura 61. Sistema de coquillas de la planta de fundición



Fuente: Industrias LAVCO

- **Planta de mecanizado.** Equipos como la bruñidora PETERSON tiene los siguientes requerimientos para trabajar adecuadamente:

Figura 62. Características técnicas de la bruñidora PETERSON



Especificaciones	HC1D	HC1DP
Dimensiones interiores del gabinete	30 "x 50"	30 "x 50"
Altura total	55 "	55 "
Espacio necesario	45 "x 60"	65 "x 58"
Fricción RSS	Estándar	Estándar
Hone Motor, Hp:		
Estándar	1/2, 1Ø	2, 3Ø
Opcional	N / A	2, 1Ø
Velocidad del eje	135 RPM	160 RPM
Speed Stroke	Estándar	Variable
Bomba de caudal	1,7 GPM	1,7 GPM
Max. Capacidad de carga	500 lbs.	500 lbs.
Longitud de la carrera	13.5 "	13.5 "
Hone Capacidad de aceite	25 Gal.	25 Gal.
Filtración	8 Micron	8 Micron
Electrónica	8A @ 120V, 1Ø	9A 240V, 3Ø
Requerimientos de aire	4 CFM @ 45 PSI	4 CFM @ 90 PSI
Peso de envío	950 libras.	1.100 libras.

Fuente: Autor

Por causas de la caída de presión que existe en la línea que alimenta esta celda de bruñidoras no se tiene la presión necesaria para que la celda trabaje simultáneamente y por lo tanto se debe parar un equipo “en este caso la Bruñidora M001”, para que el otro equipo trabaje bien, y la bruñidora M003 no se puede utilizar, esto acarrea pérdidas de producción en la operación de bruñido. Hay que tener en cuenta que las dos bruñidoras MATRA fueron modificadas de su sistema mecánico de trabajo a un sistema neumático tal como opera la bruñidora PETERSON. Estas bruñidoras MATRA tienen el pistón y la carrera de trabajo con dimensiones mayores a la PETERSON, lo cual podría indicar que sus requerimientos de presión y consumo de aire sean algo superiores a los mostrados en la figura de la Bruñidora PETERSON.

10.3.5 Mantenimiento del activo. La empresa no cuenta con un procedimiento para el mantenimiento del sistema de aire comprimido. El mantenimiento es una inversión en la continuación de la operación económica del compresor. El segundo beneficio más importante, la continuidad de la operación y un mínimo de interrupción no programada de la operación y reparaciones de emergencia. Cabe anotar en este instante que el reemplazo de piezas rotas conduce al manejo de crisis.

De los planteamientos hechos anteriormente puede surgir la pregunta ¿cómo puede entonces un ingeniero de planta o un jefe de mantenimiento enfocar el problema de la programación y ejecución del mantenimiento de los compresores? En el anexo G se han determinado los aspectos a tener en cuenta para el mantenimiento de los equipos compresores de la empresa y se ha establecido un procedimiento de mantenimiento para los equipos existentes.

- **Fugas de aire identificadas en el estudio.** Se han determinado algunos puntos con fugas que se han corregido, pero aun así persisten otros puntos y se identifican a continuación para su posterior reparación:

- Manguera de suministro de aire Tanque F064 para limpieza esta partida y presenta fugas de aire.
- Manguera de servicio de aire torno M050.
- Entre otras fugas estan las conexiones en los acoples de las líneas de servicio a las pistolas de aire.

Figura 63. Tanque F064 fuga de aire en el perno de la tapa.



Fuente: Autor

Figura 64. Manguera de limpieza torno CNC LEADWELL Fuga en acople



Fuente: Autor

En las tablas 25 y 26 que se ven a continuación se muestran los costos de mantenimiento y los fallos de los cuatro compresores utilizados para suplir la demanda de aire de la empresa a través de su ciclo de vida. sin embargo aquí no estan contemplados los costos totales invertidos en mantenimiento, y la totalidad de fallos, ya que se indago en la base de datos de mantenimiento y la contabilidad de los gastos en los activos de la empresa, pero esta información no fue posible conseguirla debido al sistema de manejo de costos que lleva la empresa, y los pocos registros de mantenimiento.

Tabla 25. Costos de mantenimiento a través del ciclo de vida

COSTOS DE LOS INSUMOS PARA MANTENIMIENTO A LARGO DE CICLO DE VIDA

FECHA	CÓDIGO	EQUIPO	VALOR
ENE/01/2002 A DIC/31/2008	M046	COMPRESOR DE PISTÓN	-----
ENE/01/2003 A DIC/31/2009	M046	COMPRESOR DE PISTÓN	94,339.61
ENE/01/2004 A DIC/31/2010	M046	COMPRESOR DE PISTÓN	276,962.94
ENE/01/2005 A DIC/31/2011	M046	COMPRESOR DE PISTÓN	74,563.71
ENE/01/2006 A DIC/31/2012	M046	COMPRESOR DE PISTÓN	923,186.78
ENE/01/2007 A DIC/31/2012	M046	COMPRESOR DE PISTÓN	80,358.89
ENE/01/2008 A DIC/31/2008	M046	COMPRESOR DE PISTÓN	29,259.02
ENE/01/2009 A DIC/31/2009	M046	COMPRESOR DE PISTÓN	0.00
ENE/01/2010 A DIC/31/2010	M046	COMPRESOR DE PISTÓN	473,795.90
ENE/01/2011 A DIC/31/2011	M046	COMPRESOR DE PISTÓN	304,903.11
ENE/01/2012 A DIC/31/2012	M046	COMPRESOR DE PISTÓN	26,338.00

TOTAL 2,283,707.96

FECHA	CÓDIGO	EQUIPO	VALOR
ENE/01/2002 A DIC/31/2008	T005	COMPRESOR DE PISTÓN	18,026.01
ENE/01/2003 A DIC/31/2009	T005	COMPRESOR DE PISTÓN	680,797.78
ENE/01/2004 A DIC/31/2010	T005	COMPRESOR DE PISTÓN	1,378,068.36
ENE/01/2005 A DIC/31/2011	T005	COMPRESOR DE PISTÓN	218,337.82
ENE/01/2006 A DIC/31/2012	T005	COMPRESOR DE PISTÓN	36,552.00
ENE/01/2007 A DIC/31/2012	T005	COMPRESOR DE PISTÓN	0.00
ENE/01/2008 A DIC/31/2008	T005	COMPRESOR DE PISTÓN	24,500.00
ENE/01/2009 A DIC/31/2009	T005	COMPRESOR DE PISTÓN	565,931.47
ENE/01/2010 A DIC/31/2010	T005	COMPRESOR DE PISTÓN	0.00
ENE/01/2011 A DIC/31/2011	T005	COMPRESOR DE PISTÓN	17,737.74
ENE/01/2012 A DIC/31/2012	T005	COMPRESOR DE PISTÓN	460,107.45

TOTAL 2,834,127.16

FECHA	CÓDIGO	EQUIPO	VALOR
ENE/01/2002 A DIC/31/2008	T006	COMPRESOR DE PISTÓN	0.00
ENE/01/2003 A DIC/31/2009	T006	COMPRESOR DE PISTÓN	199,955.78
ENE/01/2004 A DIC/31/2010	T006	COMPRESOR DE PISTÓN	86,427.34
ENE/01/2005 A DIC/31/2011	T006	COMPRESOR DE PISTÓN	107,500.00
ENE/01/2006 A DIC/31/2012	T006	COMPRESOR DE PISTÓN	522,433.49
ENE/01/2007 A DIC/31/2012	T006	COMPRESOR DE PISTÓN	0.00
ENE/01/2008 A DIC/31/2008	T006	COMPRESOR DE PISTÓN	0.00
ENE/01/2009 A DIC/31/2009	T006	COMPRESOR DE PISTÓN	8,603.73
ENE/01/2010 A DIC/31/2010	T006	COMPRESOR DE PISTÓN	13,017.96
ENE/01/2011 A DIC/31/2011	T006	COMPRESOR DE PISTÓN	0.00
ENE/01/2012 A DIC/31/2012	T006	COMPRESOR DE PISTÓN	393,841.00

TOTAL 1,331,779.30

FECHA	CÓDIGO	EQUIPO	VALOR
ENE/01/2002 A DIC/31/2008	T007	COMPRESOR DE PISTÓN	0.00
ENE/01/2003 A DIC/31/2009	T007	COMPRESOR DE PISTÓN	1,789,904.49
ENE/01/2004 A DIC/31/2010	T007	COMPRESOR DE PISTÓN	112,600.95
ENE/01/2005 A DIC/31/2011	T007	COMPRESOR DE PISTÓN	221,042.15
ENE/01/2006 A DIC/31/2012	T007	COMPRESOR DE PISTÓN	1,000.00
ENE/01/2007 A DIC/31/2012	T007	COMPRESOR DE PISTÓN	0.00
ENE/01/2008 A DIC/31/2008	T007	COMPRESOR DE PISTÓN	15,650.78
ENE/01/2009 A DIC/31/2009	T007	COMPRESOR DE PISTÓN	0.00
ENE/01/2010 A DIC/31/2010	T007	COMPRESOR DE PISTÓN	0.00
ENE/01/2011 A DIC/31/2011	T007	COMPRESOR DE PISTÓN	0.00
ENE/01/2012 A DIC/31/2012	T007	COMPRESOR DE PISTÓN	291,450.92

TOTAL 2,431,649.29

Fuente: Autor

Tabla 26. Fallas encontradas en los equipos compresores en todo su ciclo de servicio

HISTORIAL DE FALLAS DE LOS COMPRESORES

EQUIPO T007

FECHA	FALLA	HORAS DE DETENCION
02/12/2003	Arreglar/Cambiar valvula de alivio por fugas	0.5
24/07/2004	Fallo de arranque sonodos fuertes	4
04/10/2004	Falla sistema electrico del compresor	1
12/10/2004	Fuerte ruido en la culata hubo que parar	7
27/05/2005	Reconstruccion punta del cigüeñal	8
27/10/2007	No arraca salto de tacos por bajones de luz	1

EQUIPO T006

FECHA	FALLA	HORAS DE DETENCION
28/10/2003	Daño de empaques perdida de aire	12
28/02/2004	Fallo sistema electrico(contactor)	2.5
27/05/2005	Fallo del cheque de retencion de aire	2
04/10/2006	Fuga valvula de retencion	1
27/03/2007	Daño tubo de descraga	1
27/10/2007	Fallo de arranque	1
26/10/2012	Daño en los anillos y empaques	28
16/11/2012	Arreglar longitus de bulon de compresor	1

EQUIPO T005

FECHA	FALLA	HORAS DE DETENCION
05/11/2003	Rectificado de cigüeñal	0.5
15/01/2004	disparo del control electrico	12
30/08/2005	Fugas de aire	4
08/09/2006	Daño/cambio ventilador del motor	1
26/09/2006	Daño de flaper a valvula	1
08/08/2008	No hay arranque fallos en reconeccion de tuberia	8
17/04/2009	Compresor no carga ruido anormal piezas defectuosas	60

EQUIPO M046

FECHA	FALLA	HORAS DE DETENCION
02/12/2003	Acometida eslectrica para el compresor	5
26/07/2004	Nivel de ruido elevado/mal funcionamiento	24
04/03/2005	La linea de limpieza se dispara cada rato	2
11/04/2005	Fallo de encendido se queda apagado.	1
25/04/2005	Corto circuito quema de cables	4.5
13/06/2005	Arreglo toma de corriente	2.15
23/01/2006	Fallo/cambio del presostato	6
16/07/2008	compresor no para, reparacion tuberia junto a tuberia	3
25/05/2010	reparacion compresor sistema flaper	6
30/08/2010	compresor averiado, se partio un flaper	6

Fuente: Autor

10.3.6 Renovación o desincorporación del activo.

- **Criterios de diseño de la instalación de aire comprimido.** El diseño de cualquier instalación de aire comprimido puede seguir de manera general los siguientes pasos:

- Localizar e identificar cada proceso, estación de trabajo, máquina o equipamiento que utiliza aire comprimido dentro de la nave o recinto industrial sobre el que se proyecta la ejecución de una red de suministro de aire comprimido. Esta es la carga total que va a soportar la instalación a diseñar. Es recomendable situarlos en un plano y hacer un listado detallado de los mismos.
- Determinar el consumo de aire que se necesita en cada uno de esos elementos.
- Determinar el valor de presión necesaria en cada uno de esos puntos de consumo.
- Determinar los requisitos de cada elemento con respecto al máximo nivel de humedad, de partículas y de contenido en aceite que pueden admitir.
- Establecer el porcentaje de tiempo que estará operativo cada uno de esos elementos en un periodo de tiempo específico. Esto se conoce como el tiempo de funcionamiento.
- Establecer el máximo número de puntos de consumo que pueden ser empleados de forma simultánea en cada línea de suministro, en la principal y en todo el proyecto. Esto se conoce como factor de carga.
- Estimar un valor permisible de fugas.
- Incorporar un margen en caso de una ampliación futura de la instalación.
- Realizar una distribución en planta preliminar y asignar caídas de presión y pérdidas.
- Seleccione el tipo de compresor, equipos de acondicionamiento, etc., asegurándose de que se utilizan unidades consistentes.

- **Conceptos y datos generales en la instalación.** Los elementos neumáticos deben trabajar con una presión (normalizada) de 6 bares. Los compresores utilizados para sistemas neumáticos dan una presión de utilización de 7 bares, para compensar las pérdidas de carga en la instalación.

Como norma en instalaciones normales, en donde el diámetro de la tubería calculada no exceda de los 200 a 250 mm, y la longitud de la instalación no exceda de los 1500 m, se debe considerar que la caída de presión máxima, desde el compresor, hasta el punto de trabajo sea de 0,6 bar (sin incluir unidad triple de tratamiento: filtro, regulador y lubricador) (un 8,5 % de la presión de descarga del compresor).

- Los puntos de drenaje se colocan con la ayuda de T's, ya que el cambio brusco en la dirección del flujo facilita la separación de las gotas de agua de la corriente de aire.
- Las tuberías deben ir descendiendo levemente en la dirección del flujo. La Pendiente puede fijarse aproximadamente en un 1%.
- Las conexiones de las diversas ramificaciones se hacen desde arriba (para obstaculizar al máximo posibles entradas de agua).
- En todos los puntos bajos es recomendable colocar puntos de drenaje. Así mismo, en la línea principal se pueden colocar cada 30 – 40 metros, saliendo siempre desde el punto inferior de la tubería
- El número de juntas y codos debe reducirse al máximo posible. De esta forma las pérdidas serán las menores posibles.

- **Trazado de la instalación.** En los planos de la instalación de aire comprimido (ver Anexo G), se expone gráficamente las distintas canalizaciones, puntos de suministro, localización de los compresores, trayectorias de la tubería, etc. Los valores alcanzados en apartados posteriores han sido calculados de acuerdo a la tipología y geometría de la red ilustrada en dichos planos.

- **Dimensionado de las canalizaciones.** En la red de aire comprimido se pueden considerar tres tipos de tuberías:

- Tubería principal, o colector general
- Tuberías secundarias
- Tuberías de servicio

La tubería principal es la que sale desde el compresor y canaliza la totalidad del caudal de aire. Debería tener el mayor diámetro posible. Se deben dimensionar de tal manera que permita una ampliación de 300% del caudal de aire nominal. La velocidad máxima del aire que pasa por ella, no debe sobrepasar los 8 m/s.

Las tuberías secundarias toman el aire de la tubería principal ramificándose por las zonas de trabajo, de ellas salen las tuberías de servicio. El caudal que pasa por estas es igual a la suma del caudal de todos los puntos de consumo que alimentan. La velocidad máxima del aire que pasa por dichas tuberías no debe sobrepasar los 8 m/s.

Las tuberías de servicio son las que alimentan los equipos neumáticos. Llevan acoplamientos de cierre rápido e incluyen las mangueras de aire y los grupos filtros- regulador- lubricador en cada punto de consumo. La velocidad máxima del aire que pasa por ella, no debe sobrepasar los 15 m/s.

- **Análisis de los resultados obtenidos del estudio del sistema de aire comprimido.** Una vez obtenida la carga real, hay que considerar dos puntos importantes:

1. **Capacidad requerida.** 73.1 CFM

- Previsión por fugas: $(0.1) * (73.1) = 7.31$ CFM
- Capacidad del compresor para satisfacer la demanda actual: 80.41 CFM
- Previsión por expansiones: $(0.39)*(73.1) = 21.93$ CFM
- Capacidad del compresor pensando en futuras expansiones: 102.34 CFM

2. **Que calidad de aire.** La red actual cuenta con trampas para la separación de condensados de agua, en cada salida. La sala de compresores tiene filtros de aire en cada uno de los equipos con el propósito de retención de impurezas solidas provenientes del ambiente. Al usar compresores de pistón deberían tenerse filtros para el aceite, ya que estos equipos son lubricados y parte del aceite es transportado por toda la red hacia los diferentes puntos de servicio. La calidad del aire es vital para maximizar la vida útil de los componentes en los equipos y herramientas neumáticos.

- **Requerimientos de la red según los resultados obtenidos**

- Presión nominal de trabajo: 7 bares
- Máxima caída de presión admitida en la instalación 0.7 bares
- Caudal de aire generado de 80.31 CFM
- Caudal de aire generado con posibles extensiones: 102.34 CFM
- Localización con ventilación suficiente para la captación de aire

Con la configuración actual de los compresores se tienen los siguientes valores para la red de aire comprimido.

- **Situación actual de la red:**

- Presión nominal de trabajo: 7 bares
- Máxima caída de presión en la instalación 1.38 bares
- Caudal de aire generado de 51.2 CFM
- Localización con ventilación insuficiente para la captación de aire

De los resultados obtenidos se puede apreciar que el valor de pérdidas de presión en la red es casi el doble de lo recomendado, debido a este fenómeno los problemas evidenciados en las plantas de fundición y mecanizado que se describirán levemente más adelante.

Las causas de la pérdida de presión en la red tiene como consecuencia el funcionamiento inadecuado de algunos equipos de la planta, los equipos que presentan estos problemas actualmente coinciden con las áreas de estudio que arrojaron las mayores caídas de presión. Las causas son los diámetros inadecuados de las tuberías en la línea principal y algunos ramales secundarios. Otro factor que genera esta pérdida de presión y disminución del flujo de aire en los conductos es la acumulación de carbón en las paredes internas de la tubería producidas por el trabajo de los pistones en los compresores. Además de otras partículas que se aculan producto de la aspiración misma del aire que no son retenidas en los filtros. El envejecimiento de la tubería es otro factor influyente, ya que es sometida a ataques de corrosión por efecto de la humedad del aire que circula en su interior.

Las fugas de aire comprimido y el uso inadecuado de accesorios de línea, como filtros, trampas, llaves, mangueras y acoples, originan grandes caídas de presión, tal como lo corroboran los cálculos anteriormente mostrados. El principal problema de la caída de presión es la pérdida de potencia en las herramientas y equipos.

Los resultados coinciden y se corroboran con las secciones que presentan problemas en lo referente al tema del aire comprimido. La red principal y los ramales secundarios deberían ser de un diámetro mayor a ½” para minimizar las pérdidas de presión. La vida útil de la tubería ha expirado y por eso presenta los problemas anteriormente mencionados.

- **Consumo eléctrico de los compresores actuales.** Con el fin de apoyar a la empresa en la reducción de costos de energía se determinó con base a la demanda de aire actual, que podía reconectarse en serie los depósitos de los compresores para generar una mayor acumulación de aire y de esta manera los compresores trabajaran menos tiempo en carga por hora de funcionamiento. Fue necesario tomar los tiempos de operación de cada compresor en funcionamiento antes y después de la reconexión esto puede verse en el anexo G.

El estudio del consumo de energía eléctrica actual de los compresores se realizó teniendo en cuenta la disposición y conexión de los mismos.

En la tabla 28 que se ve más adelante, muestra el consumo de energía eléctrica de los compresores en las fechas de estudio, en primera instancia se observa el consumo de los equipos a partir de la fecha del 01 de Noviembre 2012 hasta el 29 de diciembre de 2012. En esta fase se realizó una reconexión de los depósitos de aire en los equipos compresores T007 y T005, con el propósito de trabajar con el compresor de mayor capacidad, utilizando los dos depósitos de aire, para trabajar los días de mayor demanda de aire de los equipos durante las semanas de trabajo.

La conexión consiste en dejar que trabaje solo el compresor T007 llenando tanto su depósito, como el del equipo T005 para tener una mayor reserva de aire y de esta forma disminuir el número de veces que el compresor carga por hora durante la jornada de trabajo. Para los días de preparación y puesta a punto de la planta

de fundición se trabajara con el compresor T005 solamente para llenar los dos depósitos y así abastecer la demanda de aire que disminuye considerablemente.

El compresor M046 si trabaja los 6 días de la semana en el tiempo estipulado, ya que es utilizado exclusivamente para la parte de limpieza de piezas y dispositivos en la planta de mecanizado. En la tabla 28 también se muestra el consumo de energía eléctrica de estos equipos con la conexión antigua en la fecha que comprende del 01 de Septiembre de 2012 hasta el 01 de Noviembre del 2012. En estas fechas se tenían trabajando tres compresores todos los días de la semana, el equipo T006 en este tiempo se encontraba en mantenimiento. La tabla 28 muestra el consumo de energía de la antigua y la nueva conexión con la que se está trabajando actualmente. El plano de la sala de compresores que tiene la empresa y las respectivas líneas de distribución de la red en las dos plantas de mecanizado y fundición respectivamente, se han actualizado ver anexo G.

Estudios recientes muestran que la generación de aire comprimido puede ser responsable de 10 al 30 % o más de la energía eléctrica consumida³⁹.

El aire comprimido es una de las fuentes más caras de energía en la empresa, para realizar la estimación del cálculo de costo de aire comprimido en la empresa se tomaron valores promedios de tiempo de producción ya que la empresa varia su producción mes a mes, se pidió a la empresa prestadora del servicio los valores del KW/h para ese año, pero solo se suministraron los datos para el año 2013, para facilitar los cálculos se tomaron valores promedio de todos los datos de interés.

³⁹ ACTKON S. A. Investigación + Ingeniería, Análisis de aire comprimido y su costo, disponible en <http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=an%C3%A1lisis%20de%20aire%20comprimido%20actkon&source=web&cd=1&ved=0CDYQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.actkoncorp.com%2Fdescargas-folletos%2Fdoc%2F7%2Fraw&ei=ZNRtUbW-GrOn4AOIzYGgDw&usg=AFQjCNEW9fu-6Rbx7kgETh5UtuuVpWGN0Q&bvm=bv.45218183,d.eWU> >

Tabla 27. Tarifas de energía eléctrica de LAVCO para el año 2013

TARIFAS DE ENERGIA MES A MES KWH AÑOS 2013	
VALOR	\$
ene-13	328.63
feb-13	334.68
mar-13	333.33
abr-13	335.3
may-13	333.56
jun-13	334.08
jul-13	332.03
ago-13	331.68
sep-13	339.81
oct-13	340.95
nov-13	343.51
dic-13	338.62

Fuente: Empresa Públicas de Medellín

Para esto se utilizó la siguiente fórmula matemática:

$$\text{Costo} = \text{bhp} \cdot 0.746 \cdot \frac{h_{\text{operacion}}}{\eta_{\text{motor}}}$$

Ecuación 10.10

Bip: Caballos de fuerza del motor

0.746: Conversión entre hp y KW.

h_operación: Porcentaje tiempo operado real por el equipo.

η : Eficiencia del motor operando a ese nivel.

El tiempo de operación y las curvas de funcionamiento de los compresores se muestran en el anexo G.

Tabla 28. Costos de energía en operación de compresores

CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN COMPRESORES AÑO 2012

Consumo de energía producto de la nueva renonexion de equipos compresores en funcionamiento apartir de Noviembre 01/2012 hasta la fecha

TABLA 1.								
EQUIPO	Potencia Kw	días laborados a la semana	horas de trabajo en carga	horas de trabajo en descarga	horas de trabajo al día	valor del KW/h	Costo de energía mensual [\$]	Costo de energía anual [\$]
T007	8.95	3	6.15	3.85	10	335	325398.3088	3904779.706
T005	7.45	3	1.9	8.5	10	335	270862.2794	3250347.353
T006	4.47							
M046	3.6	7	11	12.46	24	335	732964.2353	8795570.824
TOTAL							1329224.82	15950697.9

Consumo de energía producto de la conexion antigua de equipo compresores en funcionamiento apartir de Septiembre 01/2012 hasta Noviembre 01/

TABLA 2.								
TRABAJO COMPARTIDO COMPRESORES A MÁXIMO RITMO MECANIZADO/FUNDICIÓN								
EQUIPO	Potencia KW	días laborados a la semana	horas de trabajo en carga	horas de trabajo en descarga	Horas de trabajo al día	valor del KW/h	Costo de energía mensual [\$]	Costo de energía anual [\$]
T007	8.95	3	6.5	3.3	10	335	343916.9118	4127002.941
T005	7.45							
T006	4.47	3	4.5	5.5	10	335	171766.3235	2061195.882
M046	3.6	7	11	12.46	24	335	774677.6471	9296131.765
TOTAL							1290360.88	15484330.6

TRABAJO COMPRESORES MECANIZADO Y PUESTA A PUNTO EQUIPOS DE FUNDICIÓN								
EQUIPO	Potencia KW	días laborados año	horas de trabajo en carga	horas de trabajo en descarga	Horas de trabajo al día	valor del KW/h	Costo de energía mensual [\$]	Costo de energía anual \$
T007	8.95	3	4.1	4.7	10	335	238096.3235	2857155.882
T006	4.47	3	4.05	3.5	10	335	118915.1471	1426981.765
TOTAL							357011.471	4284137.65

EQUIPO EN MANTENIMIENTO

EQUIPO EN RESERVA PARA MANTENIMIENTO O FALLOS DE LOS OTROS COMPRESORES

TOTAL **1647372.353** **19768468.24**

AHORRO CON LA NUEVA CONEXIÓN **318147.5294** **3817770.353**

Fuente: Autor

Tabla 29. Costos por fugas

PERDIDAS POR FUGAS

Diametro efectivo del orificio	perdidas de aire a 6 bares	Potencia consumida en KW	Dividiendo las perdidas en los tres compresores	
			Perdidas de aire a 6 bares	Poencia KW
1	1.17	0.3		
3	10	3.1		
4.3	21.02	8.2		
5	27.5	11.2		
10	109.17	44		

EQUIPO	Potencia Kw	días laborados a la semana	horas de trabajo en carga	horas de trabajo en descarga	Horas de trabajo al día	valor del KW/h	Costo de energia mensual [€]	Costo de energia anual [€]
T007	1.17	3	6.15	3.85	10	335	42538.10294	510457.2353
T005	1.17	3	1.9	8.5	10	335	42538.10294	510457.2353
T006								
M046	1.17	7	11	12.46	24	335	238213.3765	2858560.518
TOTAL							323289.5824	3879474.988

Fuente. Autor

La tabla 30 permite ver una reducción en el consumo de energía a partir del tiempo en que se hicieron las reconexiones mencionadas de los compresores.

Tabla 30. Costos de consumo total de energía en la empresa

CONSUMO DE ENERGIA AÑO 2012		
MES	VALOR EN \$	PROMEDIO 10 PRIMEROS MESES
ENERO	7642492	8532083.2
FEBRERO	8876048	
MARZO	9485536	
ABRIL	8195725	
MAYO	9836641	
JUNIO	8700528	
JULIO	8018475	
AGOSTO	8339335	
SEPTIEMBRE	8241745	
OCTUBRE	7984307	
NOVIEMBRE	6957961	PROMEDIO 2 ULTIMOS MESES
DICIEMBRE	6308275	6633118

Fuente: Industrias LAVCO

- **Observaciones.** El ahorro de energía que se muestra en las casillas sombreadas de color verde para el consumo del año 2012, se debe en parte a la las reconexiones entre los compresores T007 y T005 para trabajar días intercalados, los días de fundición se trabaja solo con el compresor T007 que suministra más caudal, y los días de puesta a punto de la planta de fundición se trabajó con el compresor T005 la planta de mecanizado trabaja normalmente todos los días el compresor M046. Como se mencionó anteriormente los caculos fueron hechos con las tarifas de la energía del año 2013 y valores promedio de tiempos de producción, aunque los costos de energía cobrados a LAVCO por la empresa prestadora del servicio muestran un ahorro en las fechas que se hicieron los cambios en la reconexión de los compresores, el consumo de energía muestra valores de ahorro mayores a los calculados en la tabla 28, esto puede deberse a varios factores:

- Los cálculos se hicieron con valores promedio de tiempo de producción y las tarifas de energía.
- La empresa no produce las mismas unidades todos meses, el ahorro no solo se debe al consumo de los compresores también el ahorro puede deberse a otros equipos que han dejado de operar en la empresa por lo tanto también se dejó de consumir energía a
- Mayores o menores lotes de producción, variantes en las horas extras de producción, etc.

El punto a recalcar es que a partir de esa fecha se ve la reducción en el consumo de energía para la empresa que era el objetivo trazado. Para que la empresa maximice su rentabilidad no solo debe ver hacia el aumento de la producción, sino a la reducción de gastos innecesario.

- **Envejecimiento y acumulación de carbón en las tuberías de la red.** Con el transcurso del tiempo y a consecuencia de diferentes causas, la capacidad de transporte del aire en las tuberías va disminuyendo. En la figura 65 se aprecia el corte de una tubería de hierro negro de aire comprimido que muestra un contaminante típico y una restricción de flujo generados después de pocos años de servicio.

Figura 65. Envejecimiento de la tubería de aire comprimido

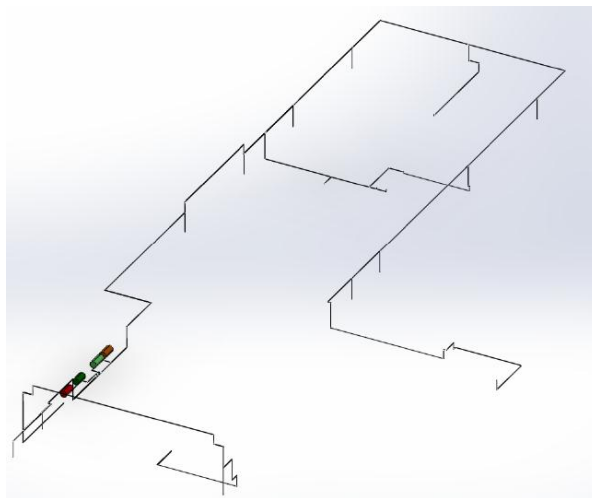


Fuente: KAESER COMPRESORES

- **Recomendaciones a seguir.** La primera recomendación empieza por el trazado de la red de aire, que parte desde la sala de compresores y recorre la planta de mecanizado y fundición, ramificándose hasta el punto de servicio para los equipos neumáticos y elementos consumidores de aire. A continuación se muestran el trazado de toda la red del sistema de aire comprimido, se exponen las distintas canalizaciones, puntos de suministro, localización de los compresores, trayectoria de las tuberías, etc.

La primera sugerencia para contrarrestar el problema de la pérdida de presión en la red, consiste en cambiar toda la tubería de diámetro de $\frac{1}{2}$ pulgada en la línea principal a 1 pulgada. Como se puede apreciar en las tabla 31 y 32 que se muestran más adelante, con el cambio de $\frac{1}{2}$ pulgada a 1 pulgada en la tubería principal se reducen notablemente las pérdidas. Ahora bien en el trazado general de la red de aire que se muestra en la figura 66, no se puede apreciar la doble tubería que se maneja actualmente en la empresa, y los cambios bruscos de dirección desde la sala de compresores sobre todo el tendido de la red de aire.

Figura 66. Trazado general de red de aire comprimido



Fuente: Autor

Tabla 31. Caída de presión en la red principal actual

SECCION	EQUIPO	L m	Q m ³ /h	D m	ΔPRESION	V (m/s)
Planta de Mecanizado	lineas de distribucion	28.45	12.7	12.7	0.04819484	3.98188976
		28.45	3.61	12.7	0.00488361	1.13186
Sala de compresores	T006-T046	15.9	3.31	12.7	0.00233066	1.03779962
	007-T005-T00	12.76	13.1	12.7	0.02287073	4.10730361
	T007-T005	14.6	37.65	12.7	0.17874778	11.8045787
	T007-T005	13	70.1	12.7	0.49333927	21.9787774
Planta de Fundicion	lineas de distribucion	5.3	32.77	12.7	0.05040093	10.2745297
		5.3	70.98	12.7	0.20574956	22.2546878
TOTAL		123.76	244.22		1.00651738	

Fuente: Autor

Tabla 32. Caída de presión en la red principal con el cambio de tubería

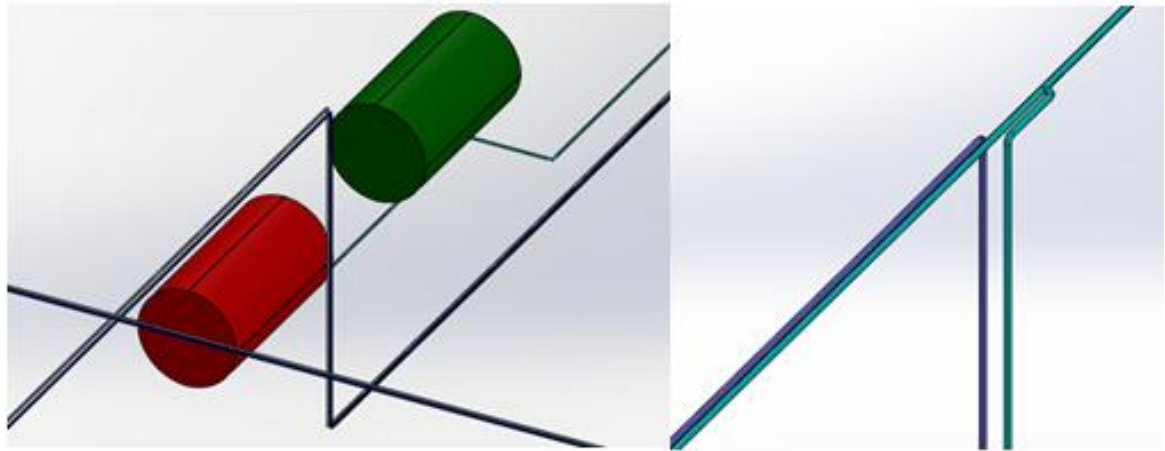
SECCION	EQUIPO	L m	Q m ³ /h	D m	ΔPRESION	V (m/s)
Planta de Mecanizado	lineas de distribucion hasta	28.45	12.7	25.4	0.00170622	0.99547244
		28.45	3.61	25.4	0.00017289	0.282965
Sala de compresores	T006-T046	15.9	3.31	25.4	8.2512E-05	0.2594499
	T007-T005-T006	12.76	13.1	25.4	0.00080968	1.0268259
	T007-T005	14.6	37.65	25.4	0.00632814	2.95114468
	T007-T005	13	70.1	25.4	0.0174655	5.49469434
Planta de Fundicion	lineas de distribucion hasta	5.3	32.77	25.4	0.00178432	2.56863243
		5.3	70.98	25.4	0.00728407	5.56367196
TOTAL		123.76	244.22		0.03563335	

Fuente: Autor

Haciendo un zoom en el trazado se muestra la doble tubería para el transporte del aire hacia las plantas de trabajo, esta doble tubería es innecesaria, y fue producto de un mal diseño e instalación de la misma, por esta razón se presentan grandes

pérdidas de presión en la red y por lo tanto costos innecesarios y problemas en algunos equipos dependientes de aire.

Figura 67. Zoom de algunos detalle de la tubería de la red de aire



Fuente: Autor

El nuevo tendido de la red debe constar de una sola tubería para la distribución, que se conecta desde la red principal y se extiende hasta llegar a la red de servicio en todos los puntos de consumo, y con diámetro establecido de 1 pulgada. La tubería debió ser diseñada e instalada con estas características, ¿Por qué colocar dos tuberías de ½ Pulgada en la red si con una sola de 1 pulgada hubiese bastado?

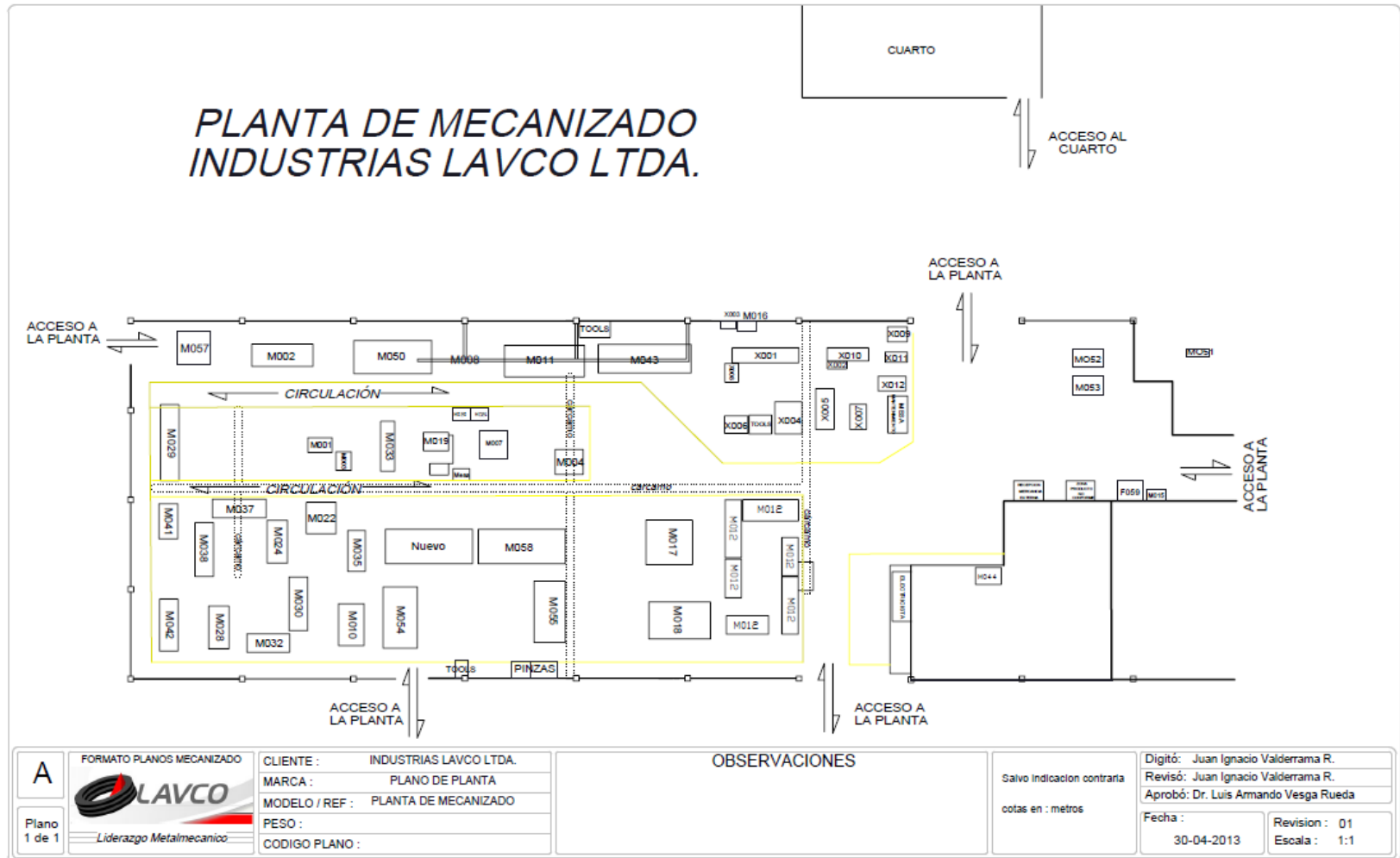
De las alternativas evaluadas con el cambio de la tubería se eliminarían los problemas de caída de presión en los equipos que presentan problemas, pero si se siguen utilizando los compresores de pistón y al no tener un sistema de limpieza de aire adecuado la nueva tubería se seguirá contaminado y afectaría el

desempeño de los elementos componentes de los accionamientos neumáticos el consumo de energía no tendría un cambio sustancial. A partir de este análisis se observa que con el solo cambio de la tubería se solucionan los problemas de caída de presión de la red de industrias LAVCO, manteniendo los mismos compresores, sin embargo aún no se estaría cumpliendo la parte de la optimización de la energía que es un objetivo claro del con el plan estratégico de trabajo de la empresa.

A partir de lo mencionado no es bueno cambiar solo la tubería ya que como se indicó este cambio garantiza el flujo necesario y constante en las maquinas vitales de producción, pero si se sigue trabajando con los mismos compresores de pistón, la ineficiencia en accesorios vitales como filtros y trampas de condensado entre otras. Es indispensable no permitir la contaminación de la red para evitar daños en los componentes de accionamiento neumático de los equipos, rechazos por oxidación en la limpieza de piezas, dispositivos de sujeción, etc. Al tener en cuenta estos factores no solo se estarían ahorrando en costos de energía, sino en costos de mantenimiento, inventario, mano de obra, etc., que es el propósito de su plan estratégico.

De acuerdo a las inversiones que hará la gerencia de industrias LAVCO se ha realizado una nueva distribución de la planta de mecanizado con miras a trabajar en celdas para optimizar los proceso de producción y con el propósito de generar la nueva red de aire ya que se adquirirá una nueva máquina CNC que reemplazara 8 máquinas convencionales de la empresa. Esta distribución se puede ver en la figura 68 que se presenta a continuación

Figura 68. Nueva distribución de equipos en la planta de mecanizado



Fuente: Autor

- **Alternativa estudiada para la optimización del sistema de aire comprimido.** KAESER COMPRESORES es uno de los más grandes y reconocidos proveedores de sistemas de aire comprimido en el mundo, KAESER en Colombia tiene oficinas de atención ubicada en la ciudad de Bucaramanga con la siguiente información:

- Dirección: Av. La rosita No. 24 94 Bucaramanga, Colombia
- Telefax: (57) (7) 6850073
- Correo electrónico: www.kaeser.com.co

Se realizó una visita a los señores de KAESER COMPRESORES para solicitar apoyo en la realización de una cotización para el cambio de tubería y de los compresores según las necesidades de la empresa, con base al estudio realizado y de acuerdo al análisis de la tipología de la red se tomaron las siguientes decisiones

- **Sistema de tubería para distribución de aire comprimido.** La selección de la tubería afecta directamente los tres elementos fundamentales de todo sistema de aire comprimido: flujo, presión y calidad de aire, la selección errada en: materiales, diámetros y disposición de la tubería, provoca restricciones de flujo lo cual suele ocasionar una significativa caída de presión en la red. Esta última eleva el costo energético y afecta el desempeño de los componentes y las herramientas neumáticas.

- **Selección del material de la tubería**

Figura 69. Ventajas y desventajas de materiales empleados en tuberías de aire comprimido

Material	Ventajas	Desventajas
Hierro Negro	Costo moderado Disponible en varios tamaños	Instalación dispendiosa Se oxida y presenta fugas Aspereza interior ocasiona sedimentación y caída de presión
Hierro Galvanizado	Materiales de costo moderado Disponible en varios tamaños En ocasiones anticorrosivo	Instalación dispendiosa Se oxida en las uniones y presenta fugas Aspereza interior ocasiona sedimentación y caída de presión Sólo la superficie externa suele estar protegida
Cobre	No se oxidan, buena calidad de aire Uniformidad de la superficie interior reduce la caída de la presión	Debe soldarse muy bien para evitar fugas Susceptible a ciclos térmicos Su instalación exige uso de soplete
Acero Inoxidable	No se oxidan, buena calidad de aire Uniformidad de la superficie interior reduce la caída de la presión	Instalación dispendiosa Materiales costosos

Fuente: KAESER Compresores

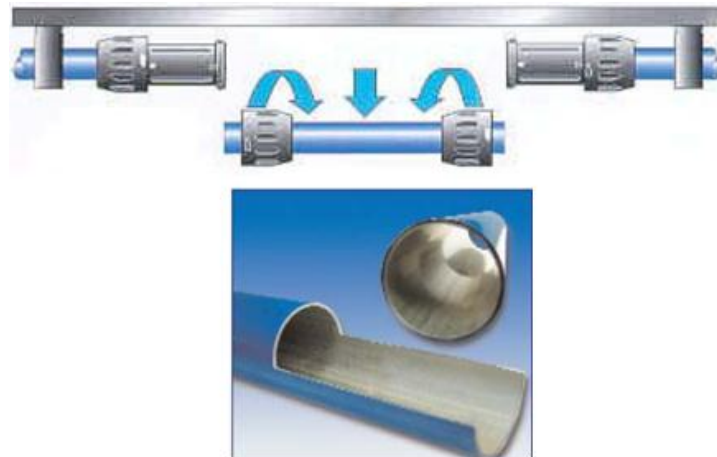
- **Material y características de las conducciones de la red.** La tubería está hecha de una aleación de aluminio calibrado tipo 6063-T5, constituye un tubo rígido, la superficie externa está protegida con una capa de pintura electrostática, con las siguientes características:

- El tubo de aluminio garantiza una total ausencia de corrosión.
- La calidad de superficie de este tubo, asegura la distribución de un aire limpio y duradero.

- El aluminio elimina toda posibilidad de formación del óxido que se forma en las redes de acero. La intercambiabilidad de los componentes y el desmontaje lateral del tubo, permiten modificar fácilmente cualquier línea de producción.
- Con una buena calidad de aire en la salida del compresor hasta la máquina, el tubo de aluminio incrementa la longevidad de los equipos evitando así un cambio frecuente de elementos de filtración.

Los empaques y sellos de nitrilo de larga duración. Los acoples de 16.5 mm, 25 mm y 40 mm están hechos de un tipo de polímero no inflamable (nylon UL94-HB estándar) resiste a rayos UV y aceites para compresor.

Figura 70. Tubería SmartPipe de KAESER



Fuente: KAESER Compresores

La línea SmartPipe de KAESER maneja 4 medidas estándar:

- ✓ 16.5 mm OD (1/2" ID)

- ✓ **25 mm OD (7/8" ID) "Tubería seleccionada"**
- ✓ 40 mm OD (1-1/2") ID)
- ✓ 63 mm OD (2-1/2" ID)

A continuación se muestra la propuesta que se generó después del estudio y se llegó a la conclusión de obviar líneas y tubería innecesaria para la red de aire de industrias LAVCO, la red está diseñada para manejar una tubería de 1 pulgada de diámetro en la línea principal y la red secundaria, y la bajantes de la red en diámetro de ½ pulgada que son los diámetros comerciales que maneja KAESER compresores.

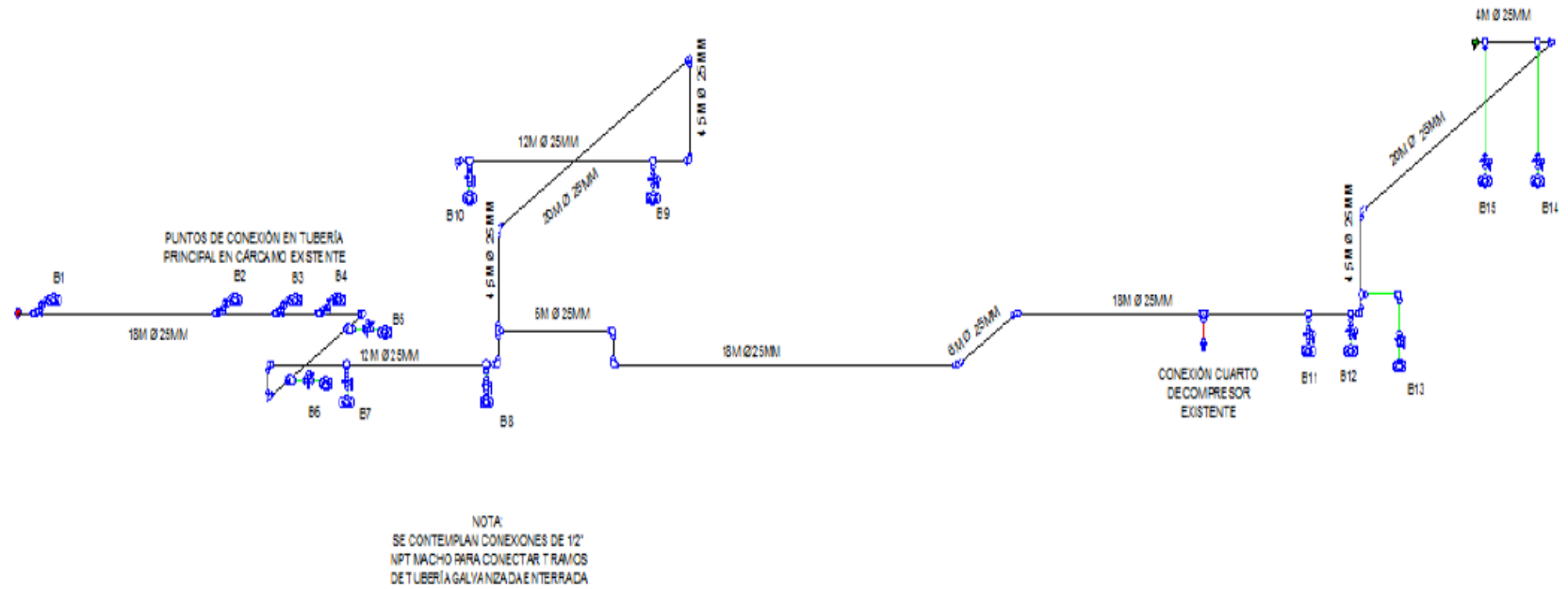
Tabla 33. Oferta de la tubería para la red de aire comprimido

DESCRIPCION	V/ UNITARIO	CANT	V/TOTAL
Red de distribución de aire comprimido SMART PIPE de Aluminio, con una longitud de 116 mts en tubería de 25 mm en anillo abierto para conexión de siete(7) bajantes en carcamo, siete(7) bajantes de 2,5 mt y dos (2) bajantes de 6 mt en tubería de 16,5 mm con valvula de corte y toma de muro doble de ½" NPT cada uno.	\$ 14.902.200	1	\$ 14.902.200
	SUBTOTAL		\$ 14.902.200
	IVA		\$ 2.384.352
	TOTAL		\$ 17.286.552

Fuente: KAESER COMPRESORES

- Propuesta sugerida con ayuda de KAESER

Figura 71. Nuevo tendido de la red para Industrias LAVCO



Fuente: Autor / KAESER

Este nuevo trazo mejora la caída de presión como se estableció anteriormente, hay un menor costo en el cambio de la tubería, y lo principal los problemas de caída de presión de la planta de fundición y la planta de mecanizado se solucionarían, siempre y cuando se identifiquen las fugas que se tienen actualmente.

Para lograr estos beneficios KAESER ofrece la oportunidad de realizar una auditoría con el propósito de realizar un análisis más minucioso de la demanda, en aras de elegir el compresor más adecuado pensando en la funcionalidad de los equipos y la optimización de la energía, potencia, fugas, que tiene la red de aire.

La auditoría tiene un costo por los equipos y el personal que hay que movilizar para hacer las conexiones pertinentes, pero KAESER elimina este costo siempre y cuando se adquiera uno de los productos que ellos han ofrecido producto del estudio de la red de aire.

El otro punto importante tiene que ver con el consumo de energía y el mantenimiento de los compresores, que tiene la empresa actualmente. Después del estudio se sugiere un equipo que ya cotizo KAESER, pero que con la ayuda de la auditoría se podría escoger más acertadamente el equipo más conveniente para los propósitos de LAVCO.

- **Auditoría para el sistema de aire comprimido.** El análisis que se realiza al sistema de aire comprimido tiene como objetivo fundamental proporcionar la información relevante de la estación de compresores y de la forma en cómo se comportan la demanda y la presión en la red: dentro de la información relevante se encuentra el costo actual de energía, el perfil de la demanda y de la presión de la

red, las mejoras potenciales, los ahorros asociados con las mejoras planeadas, el efecto ambiental y económico sobre la compañía.

- **Objetivo de la auditoría**

- ✓ Determinar puntos de mejoramiento.
- ✓ Cuantificar ahorros de energía y operación de la estación de compresores.
- ✓ Establecer las características del sistema.
- ✓ Conocer el perfil de demanda de la planta.
- ✓ Determinar el consumo de energía REAL de la planta con base en la demanda.
- ✓ Establecer la eficiencia de la estación de aire (KW/pie³)

- **Metodología empleada.** Con el fin de obtener los datos básicos para el análisis de la información del sistema de aire comprimido, se sigue la siguiente metodología:

1. Levantamiento de la información y del P&I de la red existente

2. Instalación de equipos de medición con el fin de obtener la siguiente información:

- ✓ Perfil de operación de cada compresor
- ✓ Perfil de la presión antes y después del tratamiento de aire
- ✓ Perfil del consumo de energía de cada compresor

Basados en esta información se deriva:

- ✓ Perfil de demanda de la planta
- ✓ Costo actual del aire comprimido

3. Conexión de los equipos de medición y del equipo de almacenamiento de datos (data logger) de KAESER.
4. Almacenamiento de la información por un periodo de tiempo determinado puede ir de 7 a 14 días si se requiere.
5. Descarga de datos en el Software A.D.A. diseñado por KAESER
6. Análisis de la información utilizando
7. Cálculo de los costos de energía de la estación existente utilizando el software K.E.S.S. Diseñado por KAESER
8. Diseño de propuestas y cálculo del beneficio económico de las mismas utilizando el K.E.S.S.

- **Equipos utilizados**

- ✓ Analizador de Demanda de Aire A.D.A.
- ✓ Sensor de operación de cada compresor
LS: Señal de carga/descarga de cada compresor
MR: Señal de operación de cada motor principal
- ✓ Sensor de presión después del tratamiento de aire

Toma de datos cada 30 segundos.

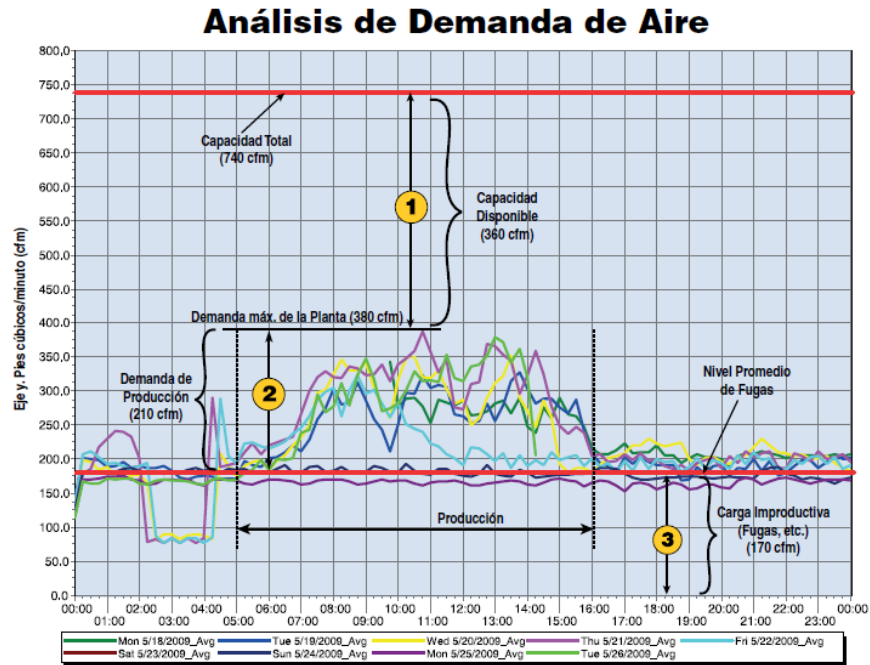
El costo de la auditoria se presenta en la tabla 34, a estos costos se le debe asignar un valor de IVA de 16%.

Tabla 34. Costo de la auditoria

DESCRIPCIÓN	V / UNITARIO	CANT	V / TOTAL
AUDITORIA Estación de Aire Comprimido	\$ 1.000.000	1	\$ 1.000.000
		TOTAL	\$ 1.000.000

Fuente: KAESER

Figura 72. Perfiles de demanda de la red de aire comprimido producto de la auditoria



Fuente: KAESER Compresores

- **Emisiones de condensado al ambiente.** En el proceso de compresión del aire, sin importar el tipo de compresor utilizado, una cierta concentración de partículas, agua y aceite viajan en la red de aire comprimido, la mayoría de estos tres contaminantes son aportados por el ambiente y por el proceso de compresión en sí. En este proceso de distribuir el aire comprimido en la planta se genera el proceso de condensación del vapor de agua que está presente en el aire comprimido. Un porcentaje de este aceite y partículas es arrastrado por el condensado generado, el cual hace parte de los vertimientos líquidos generados por la fábrica. Este residuo debe contar con una correcta disposición final o reutilización, según las políticas ambientales de la empresa. Dicho condensado es conocido como vertimientos líquidos, cuya disposición final, son los alcantarillados

y los cuerpos de agua. El arrojar este condensado con partículas de aceite, a los afluentes y alcantarillas, es conocido como una violación a las leyes ambientales^(*), el cual acarrea pago de multas, suspensión de licencias, inclusive el cierre del establecimiento o compañía de manera momentánea o definitiva.^(**)

Es muy importante tener presente el correcto funcionamiento de los drenajes de condensados, ya que un drenaje en mal estado: o bien se tapara y no evacuara el condensado retenido en los separadores, filtros o secadores o se quedara totalmente abierto y se convierte en una fuga permanente.

Con base al plan de acción de trabajo de la empresa en el uso eficiente de la energía se ha contemplado la opción de hacer el cambio de los equipos de compresión de aire a los siguientes:

❖ **Grupo compresor.** El grupo compresor es el encargado de comunicar la energía mecánica al aire en forma de energía neumática. El tipo de compresor seleccionado debe cubrir los requerimientos del estudio efectuado. En este caso particular, las especificaciones exigidas son las siguientes:

- **Mejor funcionamiento.** El constante movimiento oscilante de los pistones y bielas de un compresor a pistón produce vibración, fricción y calor, restándole rendimiento al compresor en general y generando un consumo eléctrico mayor. Un compresor a tornillo utiliza elementos rotativos de menor tamaño y mejor capacidad, evitando así la vibración y fricción que provocan los pistones y alcanzando de este modo mayor eficiencia mecánica.

- **Mayor aire de salida por HP.** Gracias a su mayor eficiencia operativa, el compresor a tornillo produce más cantidad de aire por HP. Generalmente, un

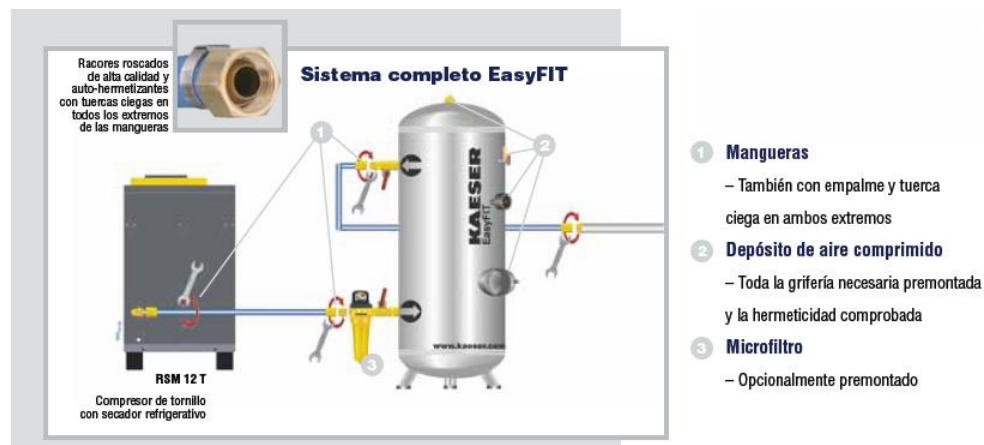
^(*)Decreto 1542 de 1.978. Ley 430 de 1.997. Decreto 4741 de 2.005

^(**)Ley 99 de 1.993

compresor a pistón produce 3 a 3.5pies cúbicos minuto/HP. Un compresor a tornillo produce 4 a 5 pies cúbicos minuto/HP. Superando el compresor a pistón en un 30%.

- **Mayor período de trabajo bajo carga.** Debido al incremento de calor en el compresor a pistón, el período de trabajo bajo carga es de 50%-60%, con un máximo de 80%. Los compresores a tornillo están diseñados para operar con un período de trabajo bajo carga de 100%, es decir de manera continua.
- **Mayor durabilidad.** Esto es gracias a su mayor eficiencia, al funcionamiento más refrigerado y al mejor equilibrio. El compresor a tronillo posee una mayor vida útil, generalmente El doble que la del compresor a pistón.
- **Mejor calidad de aire.** El compresor a tornillo incluye un enfriador de aceite y un enfriador de aire de salida. Ambos garantizan una mayor calidad de aire saliente, el cual es Más frío, más limpio y más seco, que el aire producido por un compresor a pistón. Ahorrar energía merece siempre la pena, también en el caso de los compresores de tornillo de menor tamaño.

Figura 73. Dimensionamiento del depósito



Fuente: KAESER Compresores

Figura 74. Características del depósito de aire

Depósitos de aire comprimido: Datos Técnicos ● Versión estándar ○ Versión opcional

Volmen del depósito l/ gal	Sobrepr. máx. admisible bar / psi				Superficie galvanizada	Versión		Resumen datos técnicos versión galvanizada						Peso kg
	11 / 160	16 / 232	45 / 653	50 / 725		Vertical	Horizontal	Versión vertical 11 bar / 160 psi			Versión horizontal 11 bar / 160 psi			
								Altura mm	Ø mm	Tubos de entrada/salida	Longitud mm	Ø mm	Tubos de entrada/salida	
90 / 24	●	-	-	-	●	●	-	1160	350	2 x G ½	-	-	-	-
150 / 40	○	○	-	-	●	○	○	1190	450	2 x G ¾ atrás	1050	450	2 x G 2	55
250 / 70	○	○	-	-	●	○	○	1580	500	2 x G ¾ atrás	1465	500	2 x G 2	75
350 / 90	○	○	-	-	●	○	○	1810	550	2 x G 1 atrás	1640	550	2 x G 2	80
500 / 130	○	○	-	-	●	○	○	1925	600	2 x G 1 atrás	1780	600	2 x G 2	110
900 / 230	●	-	●	-	●	○	○	2210	795	2 x G 2; 2 x G 1½	-	-	-	215
1000 / 270	○	○	-	-	●	○	○	2265	800	2 x G 1½; 2 x G 2	2150	800	1 x G 2; 1 x G ½	215
2000 / 530	○	○	●	-	●	○	○	2375	1150	4 x G 2½	2180	1150	2 x G 2	420
3000 / 800	○	○	-	-	●	○	○	2710	1250	4 x G 2½	2610	1250	2 x G 2 ½	605
5000 / 1350	○	○	-	-	●	○	○	3570	1400	4 x DN 100	3470	1400	4 x DN 100	950
8000 / 2100	○	○	-	-	●	○	○	4400	1600	4 x DN 200	4400	1600	4 x DN 200	1680
10000 / 2650	○	○	-	-	●	○	○	5415	1600	4 x DN 200	5400	1600	4 x DN 200	2100

Fuente: KAESER Compresores

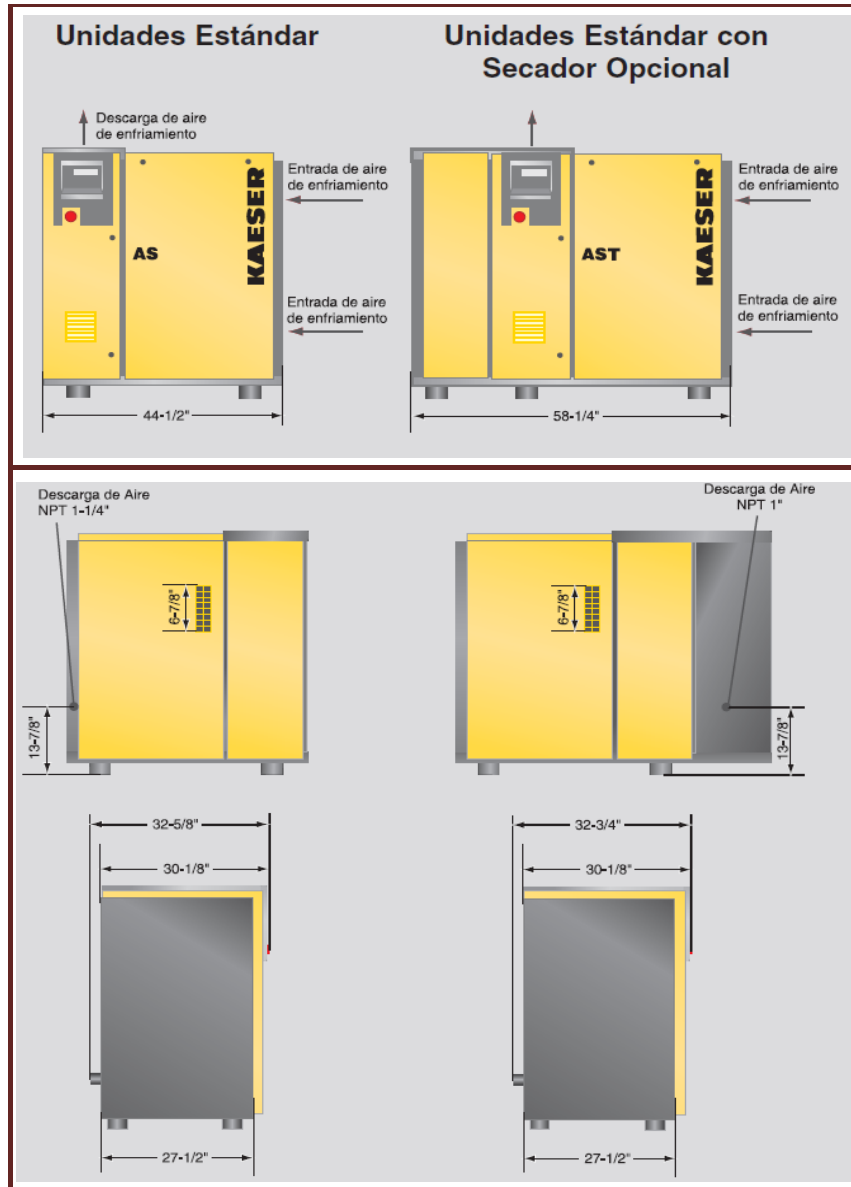
Aunque no existe una norma general de cómo han de dimensionarse los depósitos, se suele diseñar en función de la demanda y del tamaño del compresor, utilizando los arranque por hora y los tiempos máximos de funcionamiento del compresor como parámetros de diseño. En general, el propio fabricante del compresor aconseja la capacidad de los depósitos para sus productos según aplicación. En este caso particular, y como es lo normal en las instalaciones modernas, se ha seleccionado un compresor con su propio depósito sugerido por KAESER COMPRESORES.

- **Elementos significativos del compresor:**

- ✓ Cabina insonorizante 67 dB
- ✓ Sistema de control digital SIGMA CONTROL
- ✓ Botón de parada de emergencia
- ✓ Filtro de admisión de aire
- ✓ Filtro de Aceite

- ✓ Tanque separador de aceite(incluye elemento interno) -Pos enfriador
- ✓ Motor y accesorios eléctricos SIEMENS

Figura 75. Equipos compresores sugeridos para la red de aire de LAVCO



Fuente: KAESER COMPRESORES

- **Costo de ciclo de vida del sistema de aire comprimido.** Para el sistema del aire comprimido de la empresa es muy complicado cuantificar los gastos directos e indirectos, fijos y variables a lo largo de su vida útil ya que existen dificultades para la caracterización real de los costos de este sistema de activos.

- ✓ Costos operacionales poco visibles
- ✓ Procedimientos contables mal aplicados
- ✓ No tener registros de producción individual de los equipos años atrás.
- ✓ Tener costos de mantenimiento a nivel general de la empresa.

Pese a esto se identificaron las actividades en las que interviene este sistema de activos y se caracterizaron a manera de ser consecuentes con el objetivo del plan estratégico de la empresa.

Aunque no se pueda establecer los costos reales durante la vida útil de estos activos, con base a lo estipulado en el estándar PAS-55 las decisiones que se hacen con enfoques en la vida total del activo además de considerar costos de mantenimiento, costos de capital y de operación también siguen el desempeño y las restricciones de producción como cuellos de botellas, a partir de esta premisa y a partir del estudio realizado se observó que los cambios realizados y los sugeridos permiten que la empresa tome una decisión acertada acerca de la inversión en los cambios sugeridos.

Estos cambios permitirán a la empresa:

- Aumentar la producción en la operación de bruñido de camisas ya que se podrán trabajar simultáneamente estos equipos para sacar la producción que se tiene como meta.
- Se conseguirá un ahorro de energía de 20% más con el cambio del equipo.

- Los tanques agitadores e inyectores trabajaran de forma permanente sin interrupciones para sacar los límites de producción.

En conclusión LAVCO debería realizar los siguientes cambios para optimizar su sistema de aire comprimido en el siguiente orden.

1. El cambio de la tubería como ya se estableció y de la que KAESER tiene conocimiento, antes de ello se realizaría la auditoria que ofrecen ellos para la selección del equipo o equipos más adelante que reemplazaran a los compresores de pistón. Adicionalmente ellos entregan la información anteriormente mencionada referente a todos los consumos que son de interés para LAVCO.
2. El cambio de los equipos compresores una vez definidas las inversiones que tiene LAVCO para sus propósitos productivos.

10.4 PROYECTO BANDA TRANSPORTADORA

10.4.1 Generalidades. El tema de marcado de las camisas constituye una operación fundamental para la empresa, esta marca simboliza que el producto fue hecho con los más altos estándares de calidad que ofrece la empresa, y ya que ninguna empresa está exenta de fallas, a través de este proceso se pueden atender e identificar problemas referentes a quejas y reclamos de producto no conforme, debido a que el marcado está compuesto por el logo de la empresa y una codificación que representa los lotes de fabricación, con base a ello se puede identificar el número de la colada, el lote producido y a su vez establecer en que parte del proceso hubo un descuido ya sea por parte del operario al no seguir el

procedimiento para el control de la operación, o por falta de instrumentos calibrados para el control de las dimensiones, entre otros aspectos.

La gerencia requería apoyo para revisar el actual sistema de lavado, marcado, protección y empaque, con el propósito de examinar el sitio y determinar cuál sería el lugar más apropiado de la instalación de una banda transportadora para los productos LAVCO, de tal forma que al recibir al inicio del año 2013 un mercado de tecnología INKJET, la banda quedara definida y estuviera en proceso de construcción.

10.4.2 Metodología. Para la fabricación, diseño y puesta a punto de la banda transportadora, se recurrió a la empresa FAMAG como apoyo. Se observó el proceso que rodea el área de interés, a partir de las máquinas rectificadoras en adelante identificando falencias y estudiando los antecedentes de las operaciones posteriores.

- **Antecedentes.**

❖ **Rectificado.** La última operación de mecanizado es el rectificado, donde se cuentan con dos rectificadoras una sin centros de 12" y la otra de 5", los operarios son los encargados de coger las piezas una a una y subirlas hasta una mesa cerca de la rectificadora.

- Las herramientas que usan las tienen en la mesa cerca de la máquina.
- El número de pasadas por las que se tiene que pasar la camisa entre los cepillos de la máquina varia, pues la tolerancia con la que vienen de diámetro exterior no siempre es la misma.

Figura 77. Rectificado de camisas



Fuente: Autor

- ❖ **Lavado, protección y empaque.** A medida que se va rectificando el operario de LPYE es el encargado de ir hasta la rectificadora y llevar la pieza hasta su centro de trabajo.
- Esta sección cuenta con mesas largas que forman un cuadrado, una parte es para lavar con los químicos especiales, esta sección se ve con líquidos sobre el piso y las otras mesas son para empaçar.
- El operario inicialmente limpia los residuos del refrigerante utilizado en el rectificado, y simultáneamente realiza una inspección visual para la detección de poros, seguida de la protección aplicada a cada una de las piezas para finalmente empaçarlo con papel parafinado y empaçarlo.

El operario es el encargado de consolidar los pedidos, considerando las condiciones de empaque ya establecidas, luego de que el producto ya se encuentra en cajas, se mueve a la zona de almacenamiento, donde otro operario forra y protege el embalaje en general.

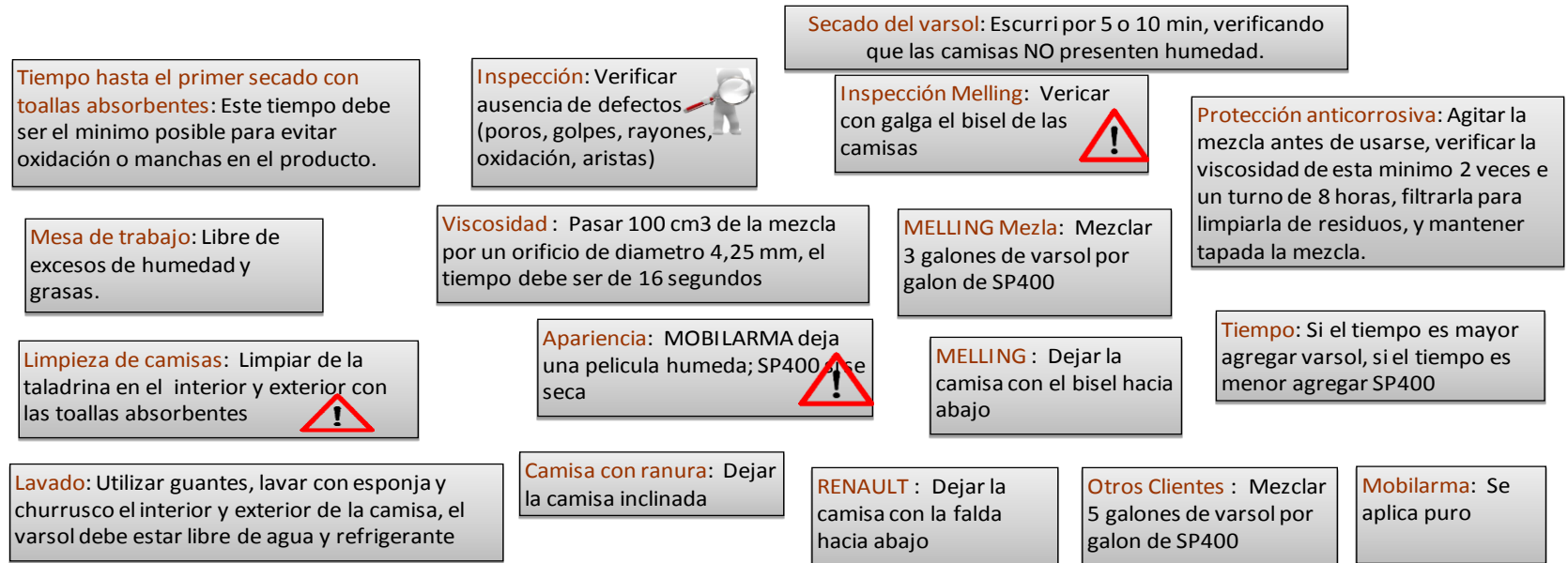
Figura 78. Zona disponible de traslado de material para lavado marcado protección y empaque.



Fuente: Autor

Consideraciones para el proceso de marcado con base al lavado y protección de las camisas

Figura 79. Consideraciones para el proceso de marcado de las camisas



Fuente: Industrias LAVCO

10.4.3 Parámetros requeridos. El material que va a ser transportado es el parámetro más importante en el diseño y la selección de componentes para la banda transportadora. En el proceso que maneja LAVCO se tiene una variación del peso unitario de cada camisa debido a las diferentes referencias que se fabrican; como parámetro crítico se trabajó con las camisas más grandes que fabrica LAVCO (camisas de 7 pulgadas de diámetro y una longitud de 12 pulgadas).

Tras evaluar las características del logo y la información que lleva el marcado, se ha optado por colocar las camisas en posición vertical sobre la banda, ya que de esta manera tendrán más estabilidad durante el transporte y la operación de marcado para evitar imperfecciones, debido a las distintas referencias y variación en las dimensiones de todas las camisas que aplican para este proceso, se determinó la altura y el tamaño de logo, de modo que sea estándar para todas las camisas, esto se hizo con el propósito de generar un flujo constante en las operaciones, y para facilitar el diseño y por consiguiente bajar los costos de fabricación de la banda. La idea de trabajar las camisa acostadas se descartó ya que son inestables en el recorrido y se necesitaría hacer un diseño especial de la banda para estabilizarlas por lo cual sería más costosa.

Figura 80. Representación esquemática de la ubicación de las camisas en la banda para el marcado con el equipo INKJET



Fuente: Autor

❖ **Consideraciones.** El diseño se basó precisamente en las dimensiones de la camisa más grande a trabajar, a partir del diámetro de la camisa se determinó el ancho de la banda.

- Con la distancia desde las maquinas rectificadoras hasta la mesa de lavado se calculó el número de camisas que estarían sobre la banda, y con el peso de estas camisas se determinó la potencia del motor. (FAMAG)
- Se corre el riesgo del fenómeno corrosivo ya que las camisas vienen impregnadas de taladrina proveniente de la operación de rectificado, la banda esta provista en acero inoxidable, al igual que la mesa y las guías laterales de apoyo que tendrán contacto directo con las camisas.
- La banda tendrá una trayectoria lineal desde el lugar de alimentación del material hasta el punto de lavado, en donde las camisas serán recibidas por una mesa giratoria para ir almacenándolas, y de esta forma darle tiempo al operador para descargar y lavar la camisas, ya sea que vengan en lotes pequeños o pieza a pieza dependiendo de la producción y el trabajo realizado por las maquinas rectificadoras.
- Tanto el Transportador de banda metálica, como el conjunto cadena, piñón motriz y rueda son importados, los demás aditamentos y componentes del sistema de la banda fueron diseñados por la empresa FAMAG.
- La elección de la velocidad de la banda transportadora no fue hecha con base a la velocidad que trabaja el equipo inyector de tinta (este tiene una velocidad máxima de línea de 162 m/min); la velocidad de la banda será moderada para evitar que las camisas se golpeen entre si al final de la banda transportadora, para evitar el volcamiento de las camisas y considerando que sale una camisa de la rectificadora cada minuto, se consideró una velocidad de 0.15 m/s para la banda, por las mismas razones del nivel de producción que se maneja.

- Se diseñó un sistema de limpieza por chorro de aire para retirar la taladrina solo en la zona de marcado y evitar así un marcado defectuoso ya que el sistema es por inyección de tinta.

Después de estudiar las diferentes alternativas y teniendo en cuenta las variables de las operaciones de lavado y protección de las camisas, también se tuvieron en cuenta las siguientes variables para la formulación de la propuesta:

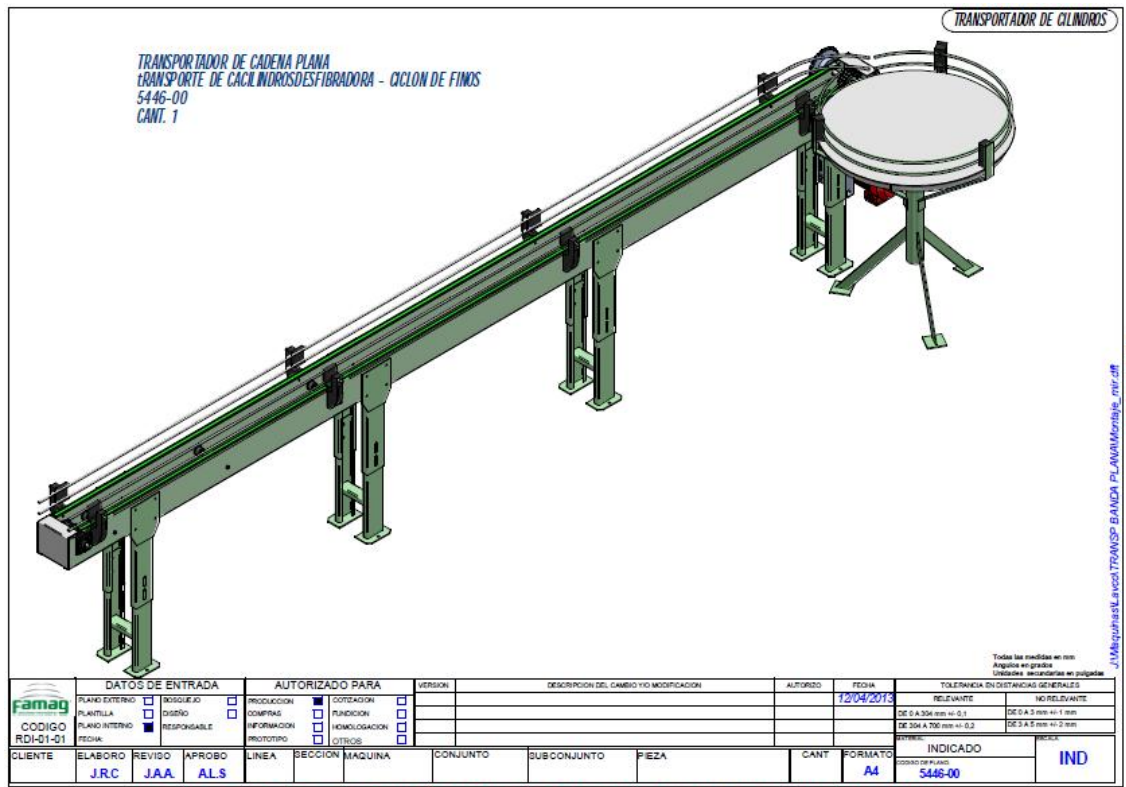
- ✓ Mantenimiento
- ✓ Funcionalidad
- ✓ Material de aporte para alimentar las maquinas rectificadoras
- ✓ Aseo
- ✓ Desplazamientos
- ✓ Limitación de personal

Fue necesario realizar varios layout del área para elaborar la mejor distribución de acuerdo al espacio disponible sin dejar de lado la funcionalidad de la banda, sin caer en costos elevados e innecesarios, para este proceso los esquemas se pueden ver más adelante en las figuras 82, 83, y 84.

10.4.4 Funcionamiento de la banda transportadora. La banda transportadora se ha diseñado a la misma altura de las bandejas que almacenan las camisas que ya han sido rectificadas, de esta manera el operador de las rectificadoras no tiene que realizar desplazamientos en su máquina, él gira para ir colocando las camisas que va rectificando en la bandeja, esta operación consiste en hacer de 3 a 4 pasadas por la rectificadora, luego verifica las dimensiones y procede a cargar las

camisas en la banda, el operario conserva una posición ergonómica para ejecutar este proceso durante todo el turno.

Figura 81. Sistema banda transportadora



Fuente: FAMAG LTDA.

Para evitar los antecedentes no deseados nombrados anteriormente en las operaciones de rectificado, lavado, protección y empaque, la banda se ha diseñado lo suficientemente larga y esta provista de una mesa giratoria para llevar las camisas desde las rectificadoras hasta la mesa de lavado, puesto que se cuenta con un número limitado de personal, las camisas se irán acumulando mientras el operario las va lavando para pasarlas a la siguiente operación.

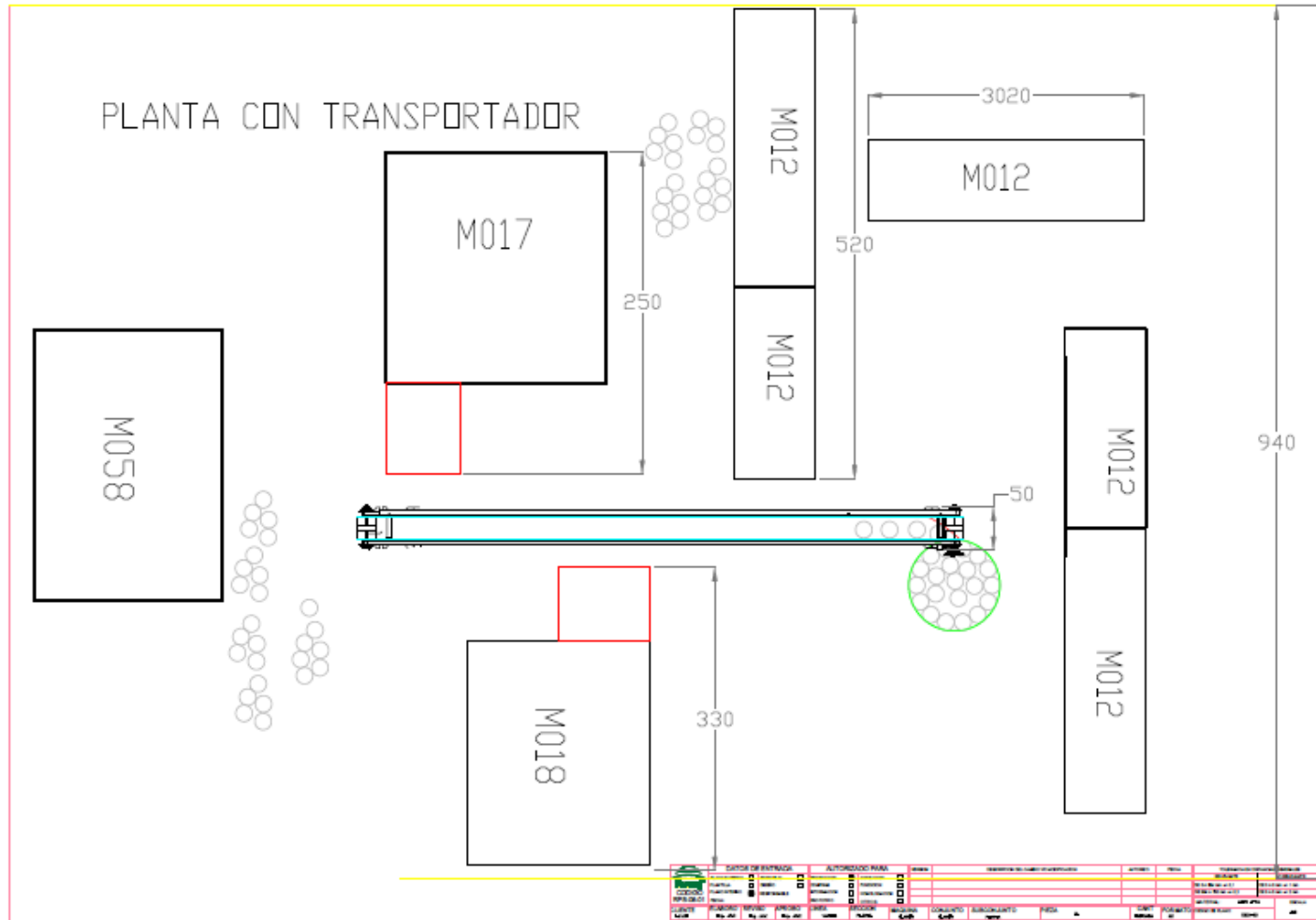
El sistema de la mesa giratoria fue clave para la acumulación de las camisas sin que estas sufran golpes que afecten la calidad del producto, ya que dentro de las referencias manejadas existen camisas muy delicadas de pared delgada que de llegar a volcarse, golpearse, se ovalarían con facilidad y ya no servirían.

Para realizar un marcado eficiente aprovechando el equipo que adquirió la empresa, se diseñó un sistema de limpieza por chorro de aire para retirar la taladrina solo en la zona de marcado, ya que anteriormente era un operario el que lo hacía después de dejar escurrir la taladrina de las camisas en un tiempo de 5 a 10 minutos por cada lote de 30 piezas rectificadas, y posteriormente con un trozo de tela secaba la zona a marcar, lo cual era ineficiente, se empañaba la camisa y el marcado por inyección de tinta no se adhería correctamente. Este nuevo sistema va acompañado de un sensor, una electroválvula y un temporizador para que el sistema se accione solo cuando pase cada camisa y se desactive de igual forma para no incurrir en gastos de energía y de aire comprimido.

10.4.5 Especificaciones de la banda transportadora. Después de revisar y evaluar las dos opciones contempladas en las figuras 83 y 84 mostradas a continuación, teniendo en cuenta la disponibilidad de espacio y las variables mencionadas anteriormente, se ha optado por realizar la configuración de la figura 84 como la mejor opción. Esta opción contempla el giro y traslado de las dos máquinas rectificadoras con el fin de que los operadores de estas máquinas sean quienes carguen la banda a medida que rectifican las camisas, con este diseño se pretende lograr un flujo continuo en todo el proceso que involucra rectificado, lavado, protección y empaque.

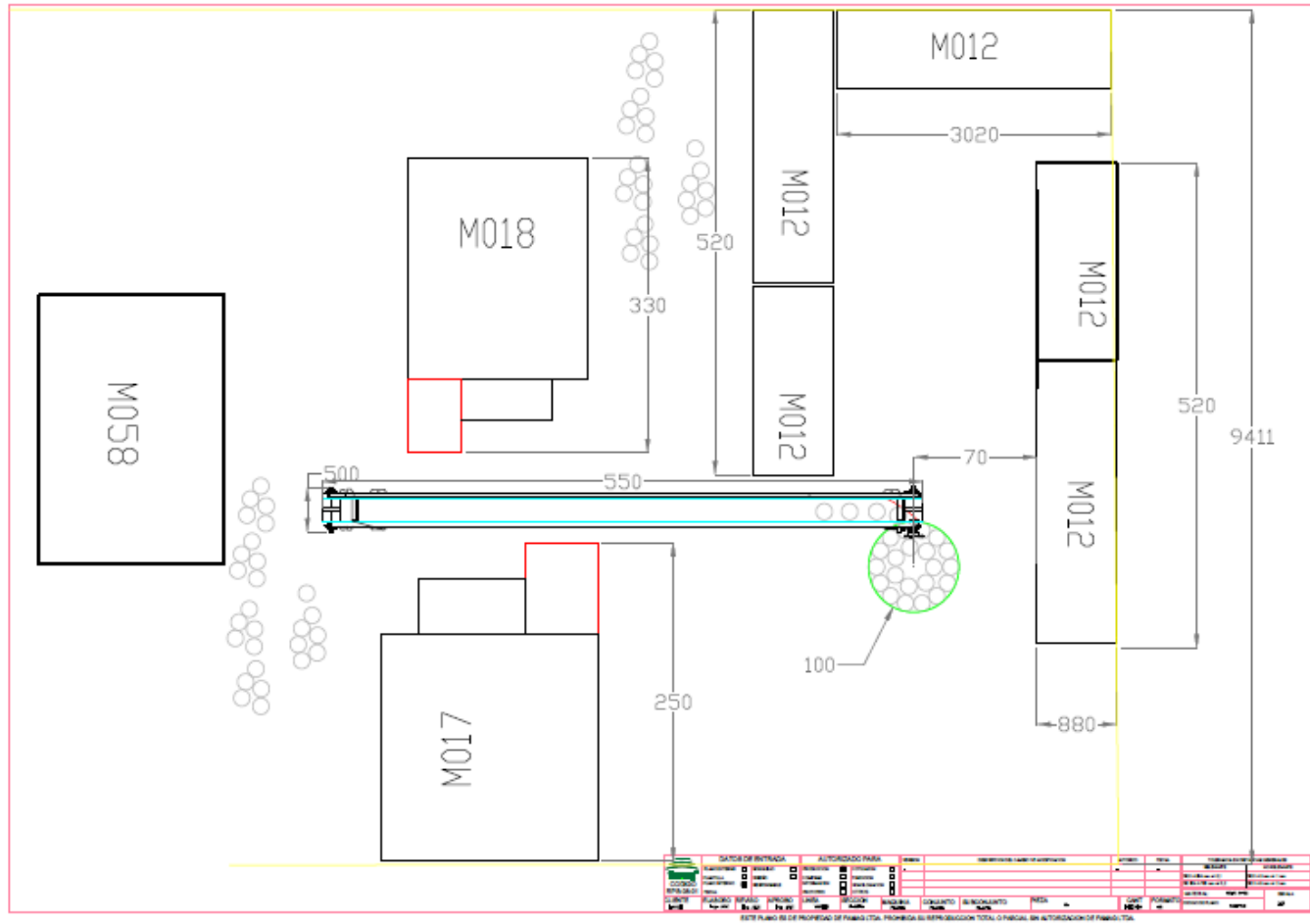
Los planos presentados en las figuras 82, 83 y 84 no se encuentran a escala, fueron tomados como referencia del plano de la planta de mecanizado y adaptados para colocar y organizar la banda dentro del área de rectificado, lavado, marcado, protección y empaque. Las dimensiones se encuentran en cm.

Figura 83. Primera opcion contemplada



Fuente: Autor.

Figura 84. Segunda opción contemplada

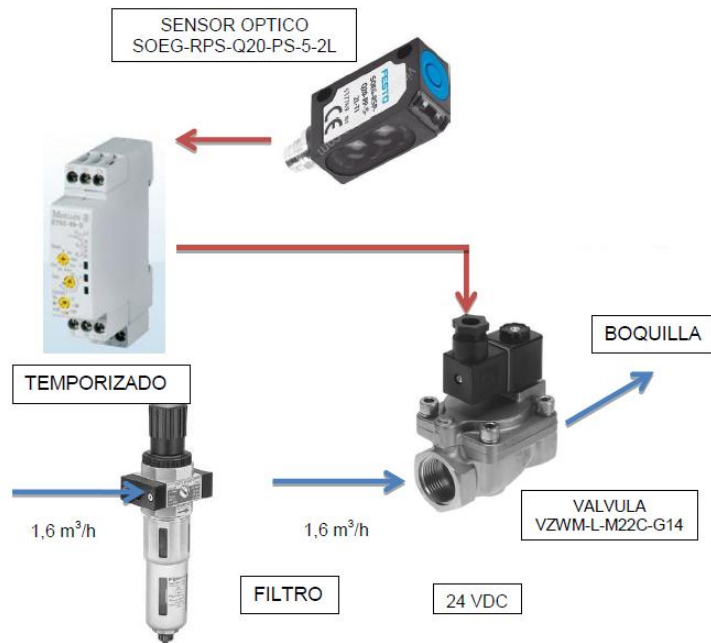


Fuente: Autor

- **Especificaciones de la banda transportadora.** Transportador de banda metálica
- **Oferta.** Valor \$7.650.000 Más IVA
- **CARACTERÍSTICAS.**
 - Longitud: 5.5 mts. Entre centro de poleas.
 - Transportador de banda metálica inoxidable de 7.5" para transportar camisas rectificadas hacia la impresora. Esta cadena es importada, tiempo de entrega de cuatro semanas.
 - El transportador trae piñón motriz y rueda de reenvío importadas.
 - El cuerpo del transportador fabricado en lámina calibre 10 con guías laterales en varilla inoxidable de 0 de V, va con suportación al piso graduable fabricado en lámina calibre 10, esta altura al piso es de 1.15 mts.
 - Para su accionamiento requiere un Motor reductor de 2 HP a 17 (incluido).
 - Incluye mesa giratoria para recibir las camisas, fabricada en lámina calibre 10 inoxidable con suportación en tubo al piso y guías laterales en la mesa en varilla de 0 de V " inoxidable. (No incluye motor).
- **Sistema de control automático para limpieza de camisas basada en aire comprimido.** El sistema consiste en instalar una válvula de asiento controlada indirectamente con mando a distancia, el sensor toma la señal cuando la pieza pasa, la envía al temporizado y este activa el solenoide, al temporizado se le fija un tiempo para desactivar la válvula tan pronto la pieza haya pasado.

El sistema se entrega instalado al lado del transportador, el temporizador y la fuente de 24(v) quedaran instalados en un gabinete. Los dispositivos son marca FESTO, el temporizador marca Moeller.

Figura 85. Elementos componentes del sistema



Fuente: FAMAG LTDA.

Tabla 36. Costo del sistema a implementar

ITEM	CANT	DESCRIPCION	PRECIO VENTA
1	1	Filtro Regulador (LFR-1/4-D-MINI)	\$ 237.000
2	1	Escuadra de Fijacion	\$ 18.200
3	1	Electrovalvula (VZWM-L-M22C-G14-F4)	\$ 229.200
4	1	Bobina Magnetica	\$ 59.840
5	1	Conector	\$ 6.160
6	1	Sensor Optico (SOEG-RSP-Q20-PS-5-2L)	\$ 145.100
7	1	Cable de Conexión	\$ 36.500
8	1	Reflector para Sensor	\$ 31.000
9	1	Fuente 24 VDC	\$ 150.000
10	1	Temporizador Electronico al Reposo	\$ 214.500
11	1	Gabinete	\$ 82.500
11	1	Desarrollo	\$ 250.000
TOTAL			\$ 1.460.000

Fuente: FAMAG LTDA.

- **Recomendaciones para LAVCO en el alistamiento de la zona**
 - Las condiciones eléctricas deben ser estables.
 - Se debe instalar 1 punto eléctrico a 220 VAC, 3 A, trifásico con sistema de puesta a tierra.
 - Tener un técnico electricista disponible para los días de puesta a punto.
 - Habilitación de punto de aire comprimido, para ello se necesita una manguera de ¼ de pulgada y 6 metros de longitud, dos sistemas de acople rápido, uno para la red de aire y el otro para el filtro, un sistema de puesta a tierra, la acometida eléctrica para el tablero.
 - Disponer de material suficiente para ajustes y pruebas finales a plena carga.

- **Observaciones para la instalación de la banda**
 - ✓ Antes de realizar cualquier cambio es necesario comunicarse con la empresa FAMAG para saber el tiempo exacto de entrega de la máquina para realizar los cambios pertinentes.
 - ✓ Revisar los pedidos que se deben entregar para que no se afecte la producción y determinar el tiempo en que podría realizarse los cambios para la instalación de la banda.
 - ✓ Para realizar el cambio de posición de las máquinas rectificadoras M017 y M018 se recomienda primero mover las mesa de lavado protección y empaque según plano (ver plano adjunto).
 - ✓ Antes de mover las mesas revisar conexiones eléctricas, drenajes etc., para rehabilitar los puntos se es necesario.
 - ✓ Las mesas de deben mover primero hasta los límites de la demarcación que encierra la zona.

- ✓ Luego se debe realizar el esquema de la banda en el piso ya sea con tiza, cinta de enmascarar, etc., para realizar correctamente el giro y traslado de las maquinas rectificadoras, y para rehabilitar los puntos eléctricos y el polo a tierra para la banda. Este proceso se podría hacer con la ayuda de un técnico de FAMAG si se considera necesario.
- ✓ Una vez listo el marcado del esquema de la banda y la posición de las rectificadoras, revisar los puntos eléctricos de estas máquinas planear su rehabilitación si es el caso, o de lo contrario hacer cambios pequeños si es lo mejor. Revisar el espacio disponible para la movilidad del montacargas a utilizar.
- ✓ Ya teniendo listos estos puntos se puede traer el montacargas y proceder a realizar la reposicionar las maquinas rectificadoras.
- ✓ Realizar conexiones eléctricas y poner en funcionamiento las rectificadoras.
- ✓ Alistar el equipo de marcado una vez se tenga certeza de la llegada de la banda, para que el técnico lo pueda instalar en la banda, simultáneamente con el sistema de limpieza.
- ✓ Revisar el espacio que se necesita para posicionar la banda transportadora en su sitio, (si es necesario quitar alguna mesa para entrar la banda hasta su ubicación final).
- ✓ Realizar pruebas de funcionamiento de la banda una vez conectados los motores eléctricos y demás.
- ✓ Ubicar el sistema de limpieza y el equipo de marcado para reajustar tiempos y demás variables que estandaricen el proceso.

El orden de estos pasos puede ser alterado si se considera y sea prioritario hacer algunos pasos adicionales que no se previeron aquí.

❖ **Beneficios que se pueden obtener con las inversiones y cambios propuestos en las fases 6 y 7 de este proyecto.** Industrias LAVCO es consciente de la importancia de su trabajo de planeación, buscando un incremento y la estabilidad de sus líneas de producción, a la par de gestar una ventaja competitiva en la percepción de un nuevo mercado, y la meta como convicción de que la empresa ofrezca la mejor relación valor / precio.

No obstante el tema precio y velocidad de producción (que incide en la satisfacción del cliente y en los resultados de la compañía), han representado para la empresa retos prácticamente superiores a sus capacidades.

Teniendo en cuenta los activos que deberían ser adquiridos ya que la empresa ha estado en los 2 últimos años buscando activos que le permitan diversificarse en el futuro y mejores las tasas y el plazo para mejorar su desempeño financiero, proyectando incrementos que le permitan recuperar lo que no se logró en el año anterior y un porcentaje de incremento real para este año, que estaría cerca del 5 %.

Para cumplir la meta de producción requerida, haciendo uso eficiente de los recursos que tiene la empresa y de las nuevas inversiones gestionadas, sin llegar a incurrir en gastos de personal, se ha trabajado en conjunto con el grupo de producción de la empresa, ya que los costos por material rechazado en la planta de fundición son elevados, estos costos pueden reducirse gracias a los cambios en el sistema de preparación, aplicación e inyección de la pintura refractaria; sean hecho pruebas por parte de la coordinación de fundación y ha quedado demostrado, que modificando las condiciones de la pintura en cuanto a los elementos que la componen y las características físicas y químicas, se han observado mejoras en los productos de LAVCO, pero para llevarlas a cabo se es indispensable realizar los cambios propuestos.

PLANTA DE FUNDICIÓN

Tabla 37. Cantidad de piezas rechazadas por defectos

MES	POROS	DUREZA
ENERO	645	176
FEBRERO	1154	569
MARZO	1269	337
ABRIL	838	222
MAYO	1224	320
JUNIO	1108	249
JULIO	1196	411
AGOSTO	1093	
SEPTIEMBRE	1248	274
OCTUBRE	2146	221
NOVIEMBRE	1444	262
DICIEMBRE	1270	637
TOTAL:	14635	3678

Fuente: Industrias LAVCO

Tabla 38. Costo unitario de material procesado

MES	PNC FUNDICION AUTOMOTRIZ	PNC FUNDICION INDUSTRIAL
ENERO	\$ 8,881	\$ 2, 691
FEBRERO	\$ 15,161	\$ 43,056
MARZO	\$ 21, 633	\$ 8, 073
ABRIL	\$ 13, 598	\$ 2, 691
MAYO	\$16, 779	\$ 0
JUNIO	\$ 16,549	\$ 0
JULIO	\$ 16, 561	\$ 0
AGOSTO	\$ 17, 250	\$ 0
SEPTIEMBRE	\$ 17,148	\$ 0
OCTUBRE	\$ 26,668	\$ 0
NOVIEMBRE	\$ 19,291	\$ 0
DICIEMBRE	\$ 21, 555	\$ 0
TOTALES	\$ 211,074	\$ 56, 511

Fuente: Industrias LAVCO

Tabla 39. Costos por pérdidas en producto no conforme

MES	POROS	DUREZA	COSTO UNITARIO	COSTO MENSUAL
ENERO	645	176	8,881	7,291,301.00
FEBRERO	1154	569	15,161	26,122,403.00
MARZO	1269	337	21,633	34,742,598.00
ABRIL	838	222	13,598	14,413,880.00
MAYO	1224	320	16,779	25,906,776.00
JUNIO	1108	249	16,549	22,456,993.00
JULIO	1196	411	16,561	26,613,527.00
AGOSTO	1093		17,250	18,854,250.00
SEPTIEMBRE	1248	274	17,148	26,099,256.00
OCTUBRE	2146	221	26,668	63,123,156.00
NOVIEMBRE	1444	262	19,291	32,910,446.00
DICIEMBRE	1270	637	21,555	41,105,385.00
TOTAL:	14635	3678	211,074	339,639,971.00

Fuente: Autor

PLANTA DE MECANIZADO

Tabla 40. Metas de producción

LINEA	MAQUINA	PRODUCCION MES	META
RENAULT	M001	180	200
DIESEL HUMEDA	M004	22	37
RENAULT	M003	0	200

Fuente: Industrias LAVCO

Tabla 41. Incremento en las utilidades de la línea Renault y Diesel Húmeda

LINEA	MAQUINA	PRODUCCION MES	VALOR UNI.	UTILIDAD	META	UTILIDAD	INCREMENTO %
RENAULT	M001	180	12000	2160000	200	2400000	10
DIESEL HUMEDA	M004	22	17000	374000	37	629000	40.54054054
RENAULT	M003	0	12000	0	200	2400000	100

Fuente: Autor

El incremento en la producción se ve enormemente beneficiado por la reactivación de la maquina Bruñidora M003 ya que en estos momentos no puede operar por la ineficiencia de la red de aire comprimido actual.

Tabla 42. Producción y nivel de rechazos de la empresa en el mes de enero del año 2013

PRODUCCIÓN	
SECA	16524
BUJES	1066
RENAULT	389
CEJA DIESEL	1200
DIESEL HÚMEDA	25
G. MOTORES	23
TOTAL:	19227
FACTURACIÓN MES	

RECHAZOS MECANIZADO		RECHAZOS FUNDICION	
SECA	568	SECA	1565
BUJES	0	BUJES	152
RENAULT	55	RENAULT	40
CEJA DIESEL	39	CEJA DIESEL	13
DIESEL HUME	10	DIESEL HUME	0
G. MOTORES	2	G. MOTORES	1
TOTAL:	674	TOTAL:	1771

Fuente: Industrias LAVCO

De esta tabla se puede concluir que el nivel de producto no conforme persiste y se espera bajar drásticamente estos niveles al cierre del año 2013, una vez se hallan terminado de concretar las inversiones requeridas.

❖ RELACIÓN BENEFICIO COSTO

- **Con el aire comprimido** el equipo M003 podrá producir en promedio 180 camisas de Renault más, lo que representa una utilidad de \$ 2'160.000 millones de pesos mensuales y la recuperación de la inversión sería en menos de 5 meses

- **Los tanques agitadores e inyectores.** El nivel promedio de piezas por rechazo en dureza es de 1200 y el de poros es de 300 mensualmente, ya que se han hecho pruebas que demuestran que la pintura influye directamente en la calidad de los tubos de la planta de fundición, con estos cambios se podría reducir estas cifras, por ejemplo a una octava parte, se tendría una utilidad de \$15'000.000 millones de pesos mensuales. Cabe aclarar que la producción varía mes a mes pero haciendo un promedio estimado prácticamente las inversiones en estos equipos se recuperarían en menos de 6 meses.

- **Banda transportadora.** Los beneficios en el área de lavado protección y empaque serían: Reducción en los tiempos de operación, minimización de traslados de los operarios durante el proceso, estandarización en operaciones y procesos, mayor productividad, mejor capacidad de respuesta.

- **Beneficios para la empresa**

- Mejoramiento de la calidad
- Mejoramiento de los procesos
- Reducción de producto de conforme
- Aumento de las utilidades
- Satisfacción del cliente
- Mejora la imagen de la empresa
- Mejor ambiente de trabajo para los operadores
- Incremento en la productividad
- Ahorro en materias primas
- Maximiza el valor agregado a los productos
- Reducción en gastos por energía eléctrica
- Reducción de desplazamientos
- Estandarización y control en los procesos
- Menores costos de operación

11. DESARROLLO FASE 8 MODELO DEL PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO (MGM) (CRESPO, 2007)

Comprende la **IMPLANTACIÓN DEL PROCESO DE MEJORA CONTINUA Y ADOPCIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS**. No está dentro del alcance del proyecto evaluar las herramientas informáticas que maneja la empresa para la gestión del mantenimiento, sin embargo se ha detectado que existen grandes falencias y dificultades para acceder fácil y rápidamente a la información almacenada, en especial para realizar consultas en los historiales de mantenimiento de los equipos.

Los formatos que se desarrollaron en Excel para el manejo y registro de los indicadores y costos de mantenimiento, pese a tener hipervínculos de acceso rápido, no son los más convenientes si se opta por trabajar solo con esta metodología, ya que se deben manejar volúmenes considerables de información, pero estos son los recursos con los que cuenta la empresa por ahora.

La importancia de la implementación de un software para la gestión de mantenimiento radica en administrar y divulgar toda la documentación e información a ser generada de los diferentes activos en los procesos de operación y mantenimiento con grandes velocidades de procesamiento, la empresa no ha contemplado la posibilidad de instalar un software solamente para la gestión de mantenimiento, ya que existe el software SIIGO que tiene relacionadas algunas de las dependencias de la empresa. En esta fase se ha recomendado a la empresa la creación de nuevos módulos del software SIIGO como soporte informático para poder tener una mejor plataforma en el propósito de administrar y

divulgar la información generada en las diferentes fases del mantenimiento y la operación de los activos, de esta manera tener una integración entre las dependencias de mantenimiento, producción y almacén, con el fin de coordinar las intervenciones de mantenimiento para no afectar el sistema de producción.

Estos módulos permitirán construir una base de datos más organizada para los registros de mantenimiento, indicadores e información de las ordenes de trabajo, la capacidad de repuestos necesarios e información de los proveedores, para no incurrir en grandes costos de inventario, y almacenamiento obsoleto de insumos y repuestos.

12. CONCLUSIONES

- ✓ Industrias LAVCO depende de activos vitales para su negocio, por eso sus procesos de fundición centrifugada y mecanizado de autopartes requirieron de inversión en equipos y mejoras susceptibles en automatización y controles de sus operaciones, con el propósito de maximizar la rentabilidad de la compañía. Para bajar el índice de producto no conforme, no solo buscando un aumento en la productividad, sino a través de la reducción en gastos innecesarios en consumo de energía y el almacenamiento de inventario inapropiado.

- ✓ La división de mantenimiento se enfrenta al manejo de activos de alto valor e impacto en la organización, por eso el análisis de su planeación estratégica permitió estudiar las fortalezas y debilidades en su gestión, de manera que para medir y controlar las desviaciones en las actividades de mantenimiento, se complementaron los índices y formatos de gestión, con el fin ofrecer la oportunidad de mejorar continuamente en el desarrollo y aplicación de métodos y técnicas específicas de mantenimiento, y así adoptar acciones correctivas, preventivas, predictivas según sea el caso.

- ✓ Se determinó que el plan de mantenimiento que venía desarrollando la división de mantenimiento años atrás hasta la fecha, no estaba bien orientado, debido a la falta de conocimiento de herramientas como el análisis de criticidad, el modo de fallas y efecto AMEF, entre otras, ya que se consideraban a los equipos críticos aquellos que más fallaban, y se enfocaban principalmente en protocolos de tipo correctivo producto de una mala planeación y programación.

- ✓ La jerarquización de equipos adjudicada por el análisis de criticidad, permitirá a la división de mantenimiento focalizarse en los equipos claves y concentrarse en trazar un nuevo plan de mantenimiento acorde a las necesidades

reales de la empresa, teniendo como base la caracterización de fallas y los parámetros evaluados en el análisis, para no incurrir en gastos elevados de mantenimiento y reducir el mantenimiento correctivo que perjudica la rentabilidad de la empresa.

✓ Por medio de evaluaciones cuantitativas efectuadas en el análisis de modo y efecto AMEF, se identificaron las causas más relevantes de los problemas existentes en los equipos, personal y herramientas involucradas en los procesos de producción prioritarios para la empresa, establecidos en el plan de acción para el año 2012 tanto en planta de fundición como en la planta de mecanizado.

✓ El modelo de gestión de mantenimiento (MGM) fue un modelo genérico y efectivo, que permitió apoyar al jefe de mantenimiento y a la gerencia de la empresa, en la comprensión de los requisitos establecidos por el estándar PAS-55, para la optimización del departamento de mantenimiento en los diferentes tópicos que debe administrar un gerente de mantenimiento como lo es: El personal, inventarios, herramientas y demás que están a su cargo, haciendo uso eficiente de los recursos económicos para garantizar la máxima disponibilidad de los activos.

✓ La implementación del estándar PAS-55 en Industrias LAVCO le permite a la gerencia reducir el nivel de incertidumbre al decidir el tiempo de vida de los equipos, ya que una de las decisiones más importantes a las que se enfrenta la gerencia, es el remplazo de los activos de producción, buscando maximizar su rentabilidad, al no saber si un remplazo tardío involucre sufrir elevados costos y riesgos, y un remplazo temprano involucre un sub-aprovechamiento del mismo.

✓ Implementar el estándar PAS-55 en industrias LAVCO permitió que en la selección de los nuevos activos se tuviera criterios como: Utilización, mantenibilidad, rentabilidad, vida útil, etc., que en contraste, al no tenerse en

cuenta, ocasionaría un mal desempeño del equipo, elevados costos de ciclo de vida y finalmente disminución en la productividad de la empresa. Es por esto que en el diseño y selección de los equipos nuevos, se tuvo en cuenta varias posibilidades antes de una decisión final.

✓ Las inversiones y mejoras que debe hacer industrias LAVCO con base al estudio realizado, han quedado plasmadas dentro del plan de acción de la empresa para el año 2013. Ya están claros los puntos a tratar con cada una de las empresas de apoyo para estos proyectos, la empresa ya aprobó estos cambios y todos los interesados tienen claros estos propósitos, solo resta esperar a que estos proyectos se concluyan de manera satisfactoria cuando lo disponga la gerencia, tan pronto adquiera el nuevo equipo CNC que es considerado como prioridad ante cualquier cambio a realizar.

✓ Los equipos que se desincorporaran de la empresa serán puestos en venta, esto permitirá disponer de manera segura estos activos, para el ambiente, además de generar un beneficio económico a la empresa.

✓ Se creó una base de datos en formatos de Excel manejada por hipervínculos para acceso rápido a la información administrada y controlada de los indicadores que fueron complementados para la gestión del mantenimiento, con su respectivo procedimiento y formatos creados para manejar el inventario y el costo de los repuestos críticos para todos los equipos de la empresa. Para el control del comportamiento de la densidad del recubrimiento refractario en sus dos etapas (fabricación y aplicación). La red de aire comprimido que contempla planos, costos, catálogos, consumos de aire de los equipos y elementos neumáticos, tipo y características de los compresores, memorias de cálculo, dimensionamientos del trazado de red. Todo esto como soporte para realizar cambios o consultas en estos equipos y procedimientos que son críticos en los procesos de producción de la empresa ya que esta no se cuenta un software especializado para hacerlo.

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES

- ✓ Revisar la planeación y programación del plan de mantenimiento de los equipos de la empresa para actualizarlos acorde a los requisitos establecidos por el estándar, ya que en esta fases no se profundizó su análisis, existen muchas metodologías para hacerlo, sin embargo se recomienda las sugeridas en el modelo de gestión de mantenimiento (MGM) como lo es el RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad) y el RBI (Inspección basada en el riesgo).
- ✓ Se debe continuar con la implementación de la estrategia de gestión de activos como herramienta de apoyo para evaluar la condición real de los demás equipos y procesos en alas de facilitar la toma de decisiones para migrar a nuevas tecnologías que la empresa requiere.
- ✓ Garantizar la transparencia de la información referente a las fallas en los equipos, almacenada en la base de datos de la división de mantenimiento, para que los resultados de los indicadores sean confiables a la hora de tomar decisiones drásticas referentes al desempeño del equipo de mantenimiento, como en el desempeño mismo de los equipos.
- ✓ La importancia de implementar nuevos módulos a la plataforma de SIIGO permitirán construir una base de datos más organizada para los registros de mantenimiento, indicadores e información de las ordenes de trabajo, la capacidad de repuestos necesarios y proveedores para no incurrir en grandes costos que acarrear los inventario e insumos mal gestionados.
- ✓ Fortalecer y mantener la integración entre la división de mantenimiento, producción y almacén con el fin de coordinar las intervenciones de mantenimiento para no afectar el sistema de producción.

- ✓ Es recomendable realizar auditorías periódicas sobre los estándares establecidos, no solo para actualizar la información sino velar para que no se salgan de los parámetros estandarizados sin una justificación demostrable.

- ✓ Desincorporar aquellos activos muertos que no generan ningún valor a los productos de la empresa y que ocupan espacio y acarrear costos de inventario.

- ✓ La actividad de control del mantenimiento en la empresa, exige rigor científico y técnico, pues de lo contrario queda en una buena intención que puede desacreditarla y provocar problemas en el desarrollo posterior de su actividad.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII División 1 Edición 2004, Adenda, 2005.
- ✓ BSi PAS 55:2008 Gestión de Activos Parte 1, ISBN: 978-0-9563934-0-1
- ✓ BSi PAS 55:2008 Gestión de Activos Parte 2, ISBN: 978-0-9563934-2-5
- ✓ Disponible en internet vía anónimo:
<<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/828/3/CAPITULO%203.pdf>>
- ✓ Disponible en Internet vía anónimo:
<<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/831/5/CAPITULO%204.pdf>>
- ✓ Disponible en interne vía anónimo:
< http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/cossio_c_hj/capitulo6.pdf>
- ✓ Durán J. Artículo: Implementando Mejoramiento Continuo en Gerencia de Activos, disponible en:
<http://www.leanexpertise.com/TPMONLINE//articles_on_total_productive_maintenance/articlAssetmgmt.htm>
- ✓ Durán J. Artículo: Optimización de estrategias de gestión de activos, disponible en:
<<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/bernardo6.pdf>>

- ✓ GUZMÁN, L. Diseño Mecánico de Recipientes a Presión bajo el Código ASME Sección VIII, División Tesis de Grado, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, 2006

- ✓ Márquez C, Crespo A. Libro: Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos, disponible en:
<http://books.google.com.co/books?id=8xsnQ1aMg2gC&pg=PR4&lpg=PR4&dq=gestion+de+activos+estado+del+arte&source=bl&ots=IXVYk9X099&sig=9lv0EpyKk4qOEGl0_kK9aPeMND4&hl=es-419&sa=X&ei=pukmUffhL5PI9gTmn4C4Bg&ved=0CDgQ6AEwAw#v=onepage&q&f=false>

- ✓ PAS 55-1, 2008. Asset management. Specification for the optimized management of physical assets. BSI: United Kingdom.

- ✓ PAS 55-2, 2008. Asset management. Guidelines for application of PAS 55-1. BSI: United Kingdom.

- ✓ Woodhouse J, Artículo: Asset management: latest thinking, disponible en:
<<http://www.twpl.com/>>

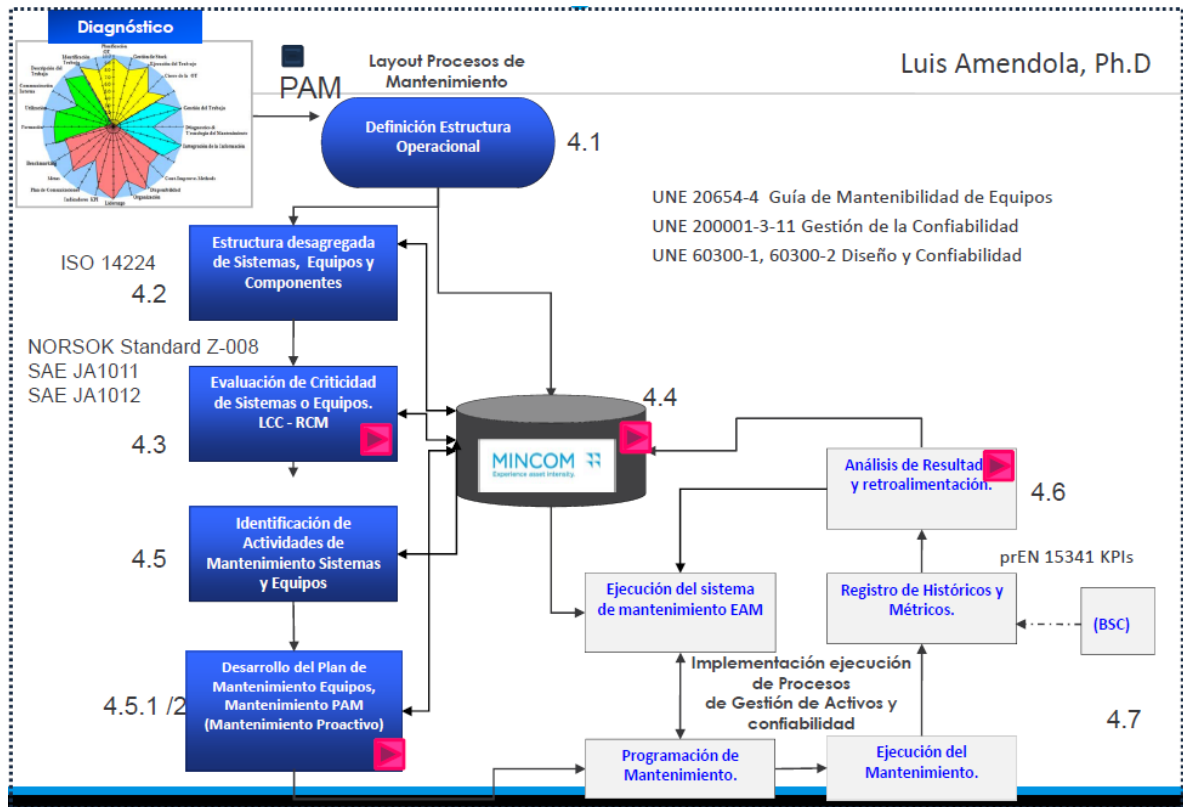
- ✓ Warren L. McCabe-Julian C. Smith – Peter Harriott. Libro: Operaciones unitarias en Ingeniería Química capítulo 9.

- ✓ Weston Gelmi Claudio. PDF: fundamentos de Operaciones unitarias serie de clases en Ingeniería Química capítulo 4. P .82, disponible en:
< http://www.systemsbiology.cl/recursos/archivos/Libro_OOUUlv2.pdf >

ANEXOS

Anexo A. Requisitos generales de la estructura de PAS-55

Gestión integral de activos + PAS 55



1. REQUISITOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS

1.1 Requisitos generales. La organización deberá establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión de activos.

Recomendaciones y Orientaciones

- Definir los límites y alcances del sistema de gestión de activos.

- Si el sistema de gestión de activos depende de procesos existentes y que están controlados dentro de sus sistemas de seguridad y salud ocupacional calidad (ISO 9001), (OHSAS 18001), ambiente (ISO 14001), etc., no hay necesidad de establecer un sistema separado de gestión de activos, pero se debe asegurar que los sistemas funcionen en conjunto para formar un sistema global efectivo.

1.2 Política de la gestión de activos. La gerencia superior de la organización deberá autorizar una política de gestión global de activos.

- La política deberá:
- Ser derivada de, y estar en consonancia con el plan estratégico de la organización.
- Ser adecuado a la naturaleza y escala de los activos de la organización y las operaciones.
- Establecer claramente los principios que han de aplicarse, como el enfoque de la organización para la salud y la seguridad o el desarrollo sostenible.
- Se documenta, implementa y mantiene.
- Ser revisados periódicamente para asegurarse de que sigue siendo pertinente y coherente con el plan estratégico de la organización.
- Mejorar continuamente a la luz de los desarrollos en los campos apropiados como: La tecnología, las operaciones de cuidado de los activos, técnicas, etc.

1.3 ESTRATEGIAS, OBJETIVOS Y PLANES DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS

1.3.1 Estrategias de la gestión de activos. La Organización deberá establecer, documentar, implementar y mantener una estrategia a largo plazo de gestión de activos que deberá ser autorizada para la gerencia superior.

Nota: El horizonte de tiempo para una estrategia a largo plazo de gestión de activos normales estará alineado con el plan estratégico organizacional.

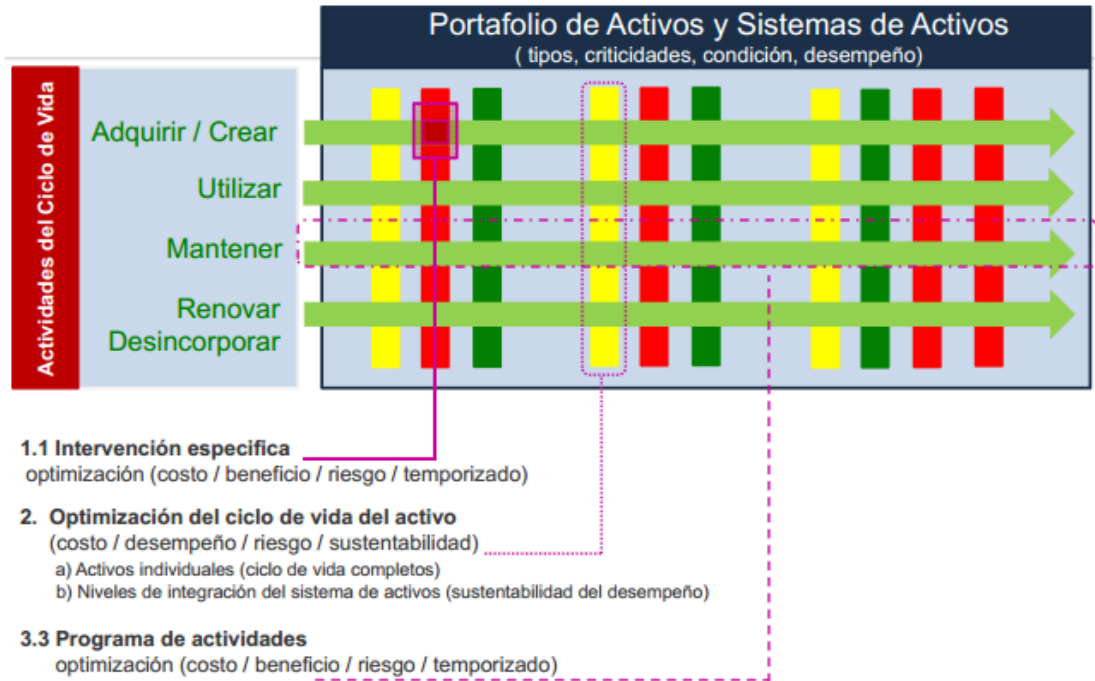
El plan estratégico deberá:

- Ser derivada de, y ser consistente con, la política de gestión de activos y el plan estratégico organizacional.
- Ser consistente con otras políticas y estrategias organizacionales.
- Identificar y considerar los requerimientos de las partes interesadas relevantes (ejemplo: criterios de criticidad y riesgos).
- d) Considerar los requerimientos de gestión del ciclo de vida de los activos.
- Tomar en cuenta los riesgos relacionados con los activos, las criticidades de los activos y de los sistemas de activos.
- Identificar la(s) función(s), el desempeño y la condición de sistemas de activos existentes y de activos críticos.
- Establecer la función o funciones deseadas, el desempeño y la condición de sistemas de activos nuevos, existentes y críticos, sobre una escala de tiempo alineada al plan estratégico organizacional.
- Especificar la aproximación y los métodos principales a usar en la gestión de los activos y sistemas de activos.

Nota: Esto podría incluir, por ejemplo, los criterios a ser adoptados para determinar la criticidad y el valor, el ciclo de vida y la base de sostenibilidad para la planificación de la gestión de activos, la aproximación para la gestión del riesgo y la confiabilidad de los activos y los métodos para la optimización y toma de decisiones.

- Proporcionar suficiente información, dirección y guías para habilitar los objetivos específicos de gestión de activos y el plan o planes de gestión de activos a ser aprobados.

- Incluir criterios para optimizar y jerarquizar los planes y objetivos de la gerencia de activos.
- Ser comunicada a todas las partes relevantes, incluyendo los proveedores contratados de servicio, donde exista el requerimiento para que estas personas estén conscientes de sus obligaciones relacionadas a la estrategia de gestión de activos.



1.4 HABILITADORES Y CONTROLES DE GESTIÓN DE ACTIVOS

1.4.1 Estructura autoridad y responsabilidad. La organización deberá establecer y mantener una estructura organizacional, consistente con el logro de su política, estrategia, objetivos y planes de su gestión de activos.

Estos roles responsables y autoridades deberán ser definidos, documentados y comunicados a los individuos relevantes.

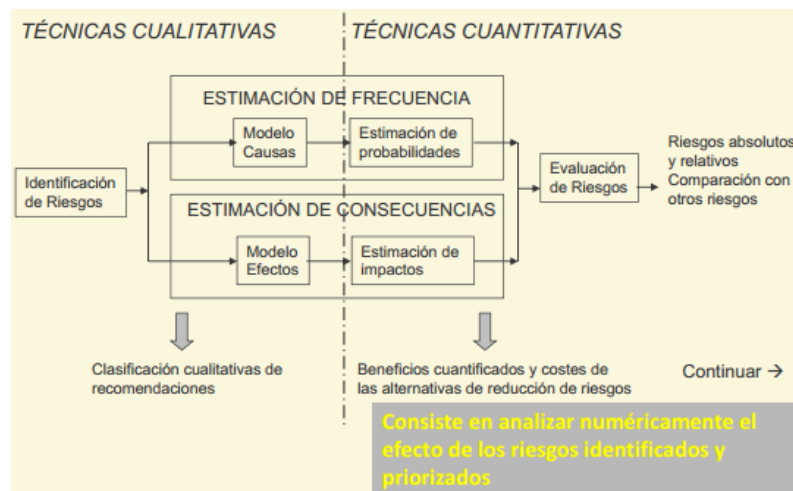
La gerencia superior deberá suministrar evidencia de su compromiso con el desarrollo e implementación de sistemas de gestión de activos y la mejora continua de su efectividad.

- Nombrando un miembro de la gerencia superior, quien, sin definición de sus otras responsabilidades, deberá ser responsable del diseño global, mantenimiento, documentación, revisión y mejora del sistema de gestión de activos de la organización.
- Nombrando un miembro o miembros de la gerencia cuya responsabilidad sea asegurar que los activos o sistemas de activos aporten los requerimientos de la política, estrategia, objetivos y planes de la gerencia de activos y que tenga la autoridad para lograr esto.
- Identificando y monitoreando los requerimientos y expectativas de las partes interesadas de la organización y actuando de forma oportuna y de acuerdo, hasta el punto en que estos tengan implicaciones para la organización de la gestión de sus activos.
- Asegurando que la política y la estrategia de la gestión de activos sean consistentes con el plan estratégico.
- Considerando el impacto adverso que la política de gestión de activos, la estrategia de gestión de activos, los objetivos de la gestión de activos y el plan o planes de la gestión de activos pueden tener sobre otros aspectos de la organización. De igual manera, considerando si los planes generados de otras partes de la organización pueden tener un efecto adverso sobre la gestión de activos.
- Asegurando la viabilidad de la política de gestión de activos, la estrategia de la gestión de activos, los objetivos de la gestión de activos y el plan o planes de gestión de activos.
- Asegurando que los riesgos relacionados a los activos sean identificados y controlados, y que estén incluidos en la estructura global de manejo de riesgos de la organización.

- Asegurando la disponibilidad de suficiente recursos.
- Comunicando a todas las partes interesadas relevantes la importancia de cumplir con los requerimientos del sistema de gestión de activos para lograr su plan estratégico organizacional.

1.4.2 Manejo del riesgo.

1.4.2.1 proceso de manejo de riesgo. La organización deberá establecer, implementar y mantener procesos y/o procedimientos documentados para identificación y la evaluación continua de riesgos relacionados a los activos y a la gestión de activos, y a la identificación e implementación de las medidas de control necesarias a través de los ciclos de vida de los activos.



1.5 IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN O PLANES DE GESTIÓN DE ACTIVOS

La organización deberá establecer, implementar y mantener procesos y/o procedimientos para la implementación de su plan o planes de gestión de activos y control de las actividades durante el ciclo de vida total incluyendo:

- Creación adquisición o mejora de los activos.
- Utilización de los activos.

- Mantenimiento de activos.
- Puesta fuera de servicio y/o desincorporación de activos.

1.6 EVALUACIÓN Y MANEJO DEL DESEMPEÑO

1.6.1 Monitoreo del desempeño y la condición. La organización deberá establecer, implementar y mantener procesos y/o procedimientos para monitorear y medir el desempeño del sistema de gestión de activos, y el desempeño y/o condición de los activos y/o sistemas de activos. Los procesos y/o procedimientos que deberán suministrar para su consideración:

- Un monitoreo reactivo para identificar no conformidades pasadas o existentes en el sistema de gestión de activos, y cualquier deterioro, fallas o incidentes relacionadas al activo.
- Un monitoreo proactivo para buscar aseguramiento de que el sistema de gestión de activos y los activos y los sistemas de activos estén operando de la forma en que están requerida. Esto deberá incluir el monitoreo para asegurar que la política, estrategia y objetivos de gestión de activos sea cumplida, que el plan o planes de gestión de activos sea implementado, y que los procesos o procedimientos u otros arreglos para controlar las actividades del ciclo de vida del activo sean efectivos.

PAS 55:2008	OHSAS 18001:2007	ISO 14001:2004	ISO 9001:2000
4.6.3 Evaluación del Cumplimiento	4.5.2 Evaluación del Cumplimiento	4.5.2 Evaluación del Cumplimiento	8.2.3 Monitoreo y Medición de Procesos
			8.2.4 Monitoreo y Medición del Producto
4.6.4 Auditoria	4.5.5 Auditoria Interna	4.5.5 Auditoria Interna	8.2.2 Auditoria Interna
4.6.5 Acciones de Mejora	4.5.3.2 No Conformidad, Acción Preventiva Y Correctiva	4.5.3 No Conformidad, Acción y Acción	8.3 Control de no Conformidades del Producto
4.6.5.1 Acciones Correctivas y Preventivas			8.4 Análisis de Datos
4.6.5.2 Mejoras Continuas			8.5.2 Acción Correctiva
			8.5.3 Acción Preventiva
4.6.6 Registros	4.5.4 Control de Registro	4.5.4 Control de Registro	4.2.4 Control de Registros
4.7 Revisión de la Gerencia	4.6 Revisión de la Gerencia	4.6 Revisión de la Gerencia	5.1 Compromiso de la Gerencia
			5.6 Revisión de la Gerencia (Únicamente Título)
			5.6.1 Generalidades
			5.6.2 Datos de Ingreso a la Revisión
			5.6.3 Resultados de la Revisión
			8.5.1 Mejoras Continuas

1.8 REQUERIMIENTOS LEGALES Y OTROS REQUERIMIENTOS. La organización deberá establecer, implementar y mantener los procesos y/o los procedimientos para identificar y acceder a los requerimientos aplicables de gestión de activos.

La organización deberá asegurar que todos los requerimientos legales aplicables y otras obligaciones o requerimientos externos estén identificados o incorporados dentro de los elementos correspondientes de sus sistemas de gestión de activos.

La organización deberá mantener esta información actualizada. La organización deberá comunicar la información sobre los requerimientos legales y otros requerimientos a todas las partes interesadas y relevantes.

Anexo B. Documentación de la gestión de mantenimiento

Inventario de equipos

MECANIZADO	
NOMBRE DE EQUIPO	CÓDIGO
BRUNIDORA ELECTRO NEUMATICA	M001
BRUNIDORA HIDRAULICA	M002
BRUNIDORA ELECTRO NEUMATICA	M003
BRUNIDORA ELECTRO NEUMATICA	M004
ESMERIL DE CORTE	M005
FRESADORA LATERAL RENAULT	M007
PUENTE GRUA ELECTRICO	M008
MANDRINADORA HIDRÁULICA DE 2 HUSILLOS	M009
MANDRINADORA HIDRÁULICA DE 4 HUSILLOS	M010
MANDRINADORA MÚLTIPLE	M011
MESA DE MARCACION, LAVADO, PROTECCION Y IDENTIFICADION	M012
PULIDOR DE SUPERFICIES PLANAS TIPO ARBOL	M015
PULIDORA RADIAL DE PASTILLAS	M016
RECTIFICADORA SIN CENTROS DE 12"	M017
RECTIFICADORA SIN CENTROS DE 5"	M018
RECTIFICADORA VERTICAL DE 4 HUSILLOS	M019
TALADRO DE BISELADO	M020
TALADRO DE BISELADO	M021
ALESADORA DE 4 HUSILLOS	M022
TANQUES DE FOSFATADO AUTOMOTRIZ	M023
TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	M024
TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	M025
TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	M026
TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	M027
TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	M028
TORNO PARALELO CON COPA	M029
TORNO PARALELO UNIVERSAL	M030
TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	M031
TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	M032
TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	M033
TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	M034
TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PUNTOS	M035
TORNO PARALELO UNIVERSAL	M036
TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	M037
TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	M038
TORNO PARALELO CON PINZA	M039
TORNO PARALELO CON MANDRIL	M041
TORNO PARALELO CON MANDRIL	M042
TORNO PARALELO UNIVERSAL CON COPA	M043
ETIQUETADORA ELECTRO-NEUMATICA	M044
BASCULA ELECTRONICA	M045
COMPRESOR	M046
TORNO PARALELO UNIVERSAL	M047
TORNO PARALELO UNIVERSAL	M050
INTERRUPTOR HORARIO PARA MECANIZADO	M051
ESTIBADOR HIDRÁULICO (nuevo)	M052
ESTIBADOR HIDRÁULICO (viejo)	M053
CNC DOOSAN LYNX 300	M054
CNC LEADWELL	M055
GRUA DE FOSFATADO	M056
BRUNIDORA VERTICAL HIDRAULICA	M057
CNC DAEWOO PUMA 400	M058

FUNDICIÓN	
NOMBRE DE EQUIPO	CÓDIGO
BOMBA APAGA CHISPAS	F001
BOMBA DE AGUA FUNDICIÓN	F002
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F005
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F006
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F007
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F008
CENTRIFUGADORA INDEPENDIENTE (ALLEN)	F009
CENTRIFUGADORA INDEPENDIENTE (ESPECIALES)	F010
CENTRIFUGADORA INDEPENDIENTE (ESPECIALES)	F011
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F012
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F013
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F014
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F015
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F016
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F017
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F018
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F019
HORNO CUBILOTE 1	F020
HORNO CUBILOTE 2	F021
HORNILLO DE CARBÓN	F023
TANQUE MEZCLADOR E INYECTOR GRANDE	F024
TANQUE MEZCLADOR E INYECTOR DE MEDIANO	F025
BASCULA MECÁNICA ANALÓGICA	F026
TURBINA ENFRIAMIENTO COOPER	F029
TURBINA ENFRIAMIENTO COQUILLAS	F030
ELEVADOR DE MATERIAL (Malacate)	F031
GRÚA DE PARTIR HIERRO	F032
MEZCLADOR DE ARENA	F033
TANQUE MEZCLADOR DE PINTURA	F034
MEZCLADOR DE ARENA DE PALETAS	F035
MOLINO DE MARTILLOS	F037
TRITURADORA DE PIEDRA	F038
ESMERIL	F042
BÁSCULA MECÁNICA (del patio de fundición)	F044
CENTRIFUGADORA ESPECIALES	F045
GRÚA DIFERENCIAL	F046
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F047
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F048
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F049
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F050
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F051
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F052
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F053
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F054
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F055
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F056
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F057
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F058
BASCULA ELECTRÓNICA (PRO 1500)	F059
CARRO PARA TRANSPORTE DE MATERIAL FUNDIDO	F062
TANQUE MEZCLADOR E INYECTOR DE PEQUEÑO	F064
HORNO PARA FUNDIR BRONCE Y ALUMINIO	F065
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL (PROYECTO UNAL)	F066
CENTRIFUGADORA DE TAPAS COQUILLAS	F067
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F068
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F069
BASCULA MECÁNICA P-500FC	F070
HORNO CUBILOTE 3	F071
TURBINA HORNO GRANDE	F072
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F073
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F074
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F075
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F076
TURBINA HORNO PEQUEÑO	F077

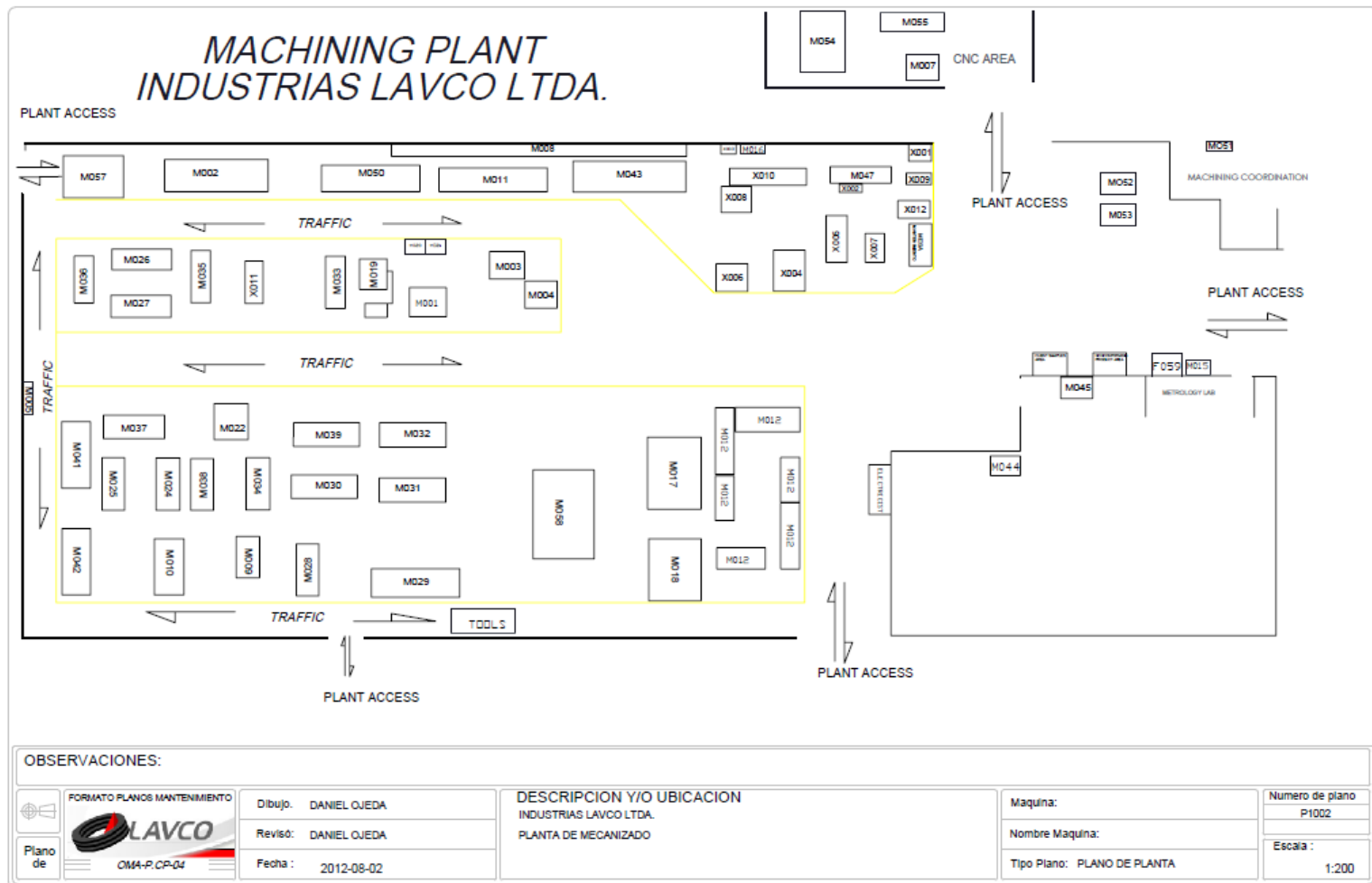
MANTENIMIENTO	
NOMBRE DE EQUIPO	CÓDIGO
EQUIPO DE SOLDADURA AUTÓGENA	X001
EQUIPO DE SOLDADURA ELÉCTRICA	X002
ESMERIL	X003
FRESADORA UNIVERSAL	X004
LIMADORA	X005
PRENSA HIDRÁULICA	X006
SEGUETA MECÁNICA	X007
TALADRO RADIAL	X008
TALADRO. ÁRBOL	X009
TORNO PARALELO CON COPA	X010
TORNO PARALELO CON COPA	X011
CIZALLA PARA LAMINA	X012
BANCO DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO.	X013
EQUIPO DE SOLDADURA ELÉCTRICA TIPO TRANSFORMADOR	X014

EMPRESA	
NOMBRE DE EQUIPO	CÓDIGO
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	T001
PLANTA ELÉCTRICA	T002
TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	T003
ILUMINACIÓN	T004
COMPRESOR DE PISTÓN	T005
COMPRESOR DE PISTÓN	T006
COMPRESOR DE PISTÓN	T007
MONTACARGAS DE UÑAS	T008
PLANTA PARA TRATAMIENTO DE AGUA	T009
FOTOCOPIADORA DIGITAL	T011
MODEM U.S. ROBOTICS	T013
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE LUCES EXTERIORES	T014
PROYECTOR (VIDEO BEAM) EPSON	T015
COMPRESOR DE PISTONES	T016

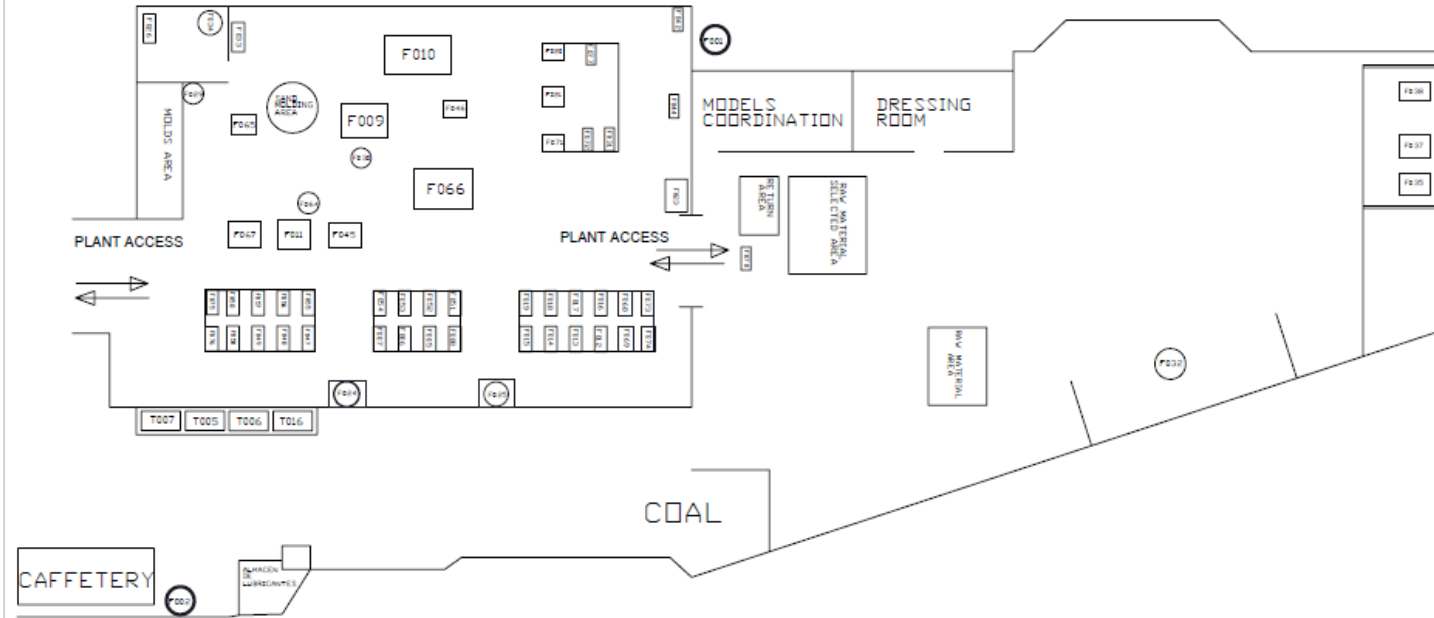
ADMINISTRATIVOS	
NOMBRE DE EQUIPO	CÓDIGO
AIRE ACONDICIONADO DE GERENCIA	A001
AIRE ACONDICIONADO DE VENTAS	A002
AIRE ACONDICIONADO DE RECURSO HUMANO	A003
AIRE ACONDICIONADO DE PRODUCCIÓN	A004
AIRE ACONDICIONADO LABORATORIO DE METROLOGÍA	A007
AIRE ACONDICIONADO LABORATORIO DE FUNDICIÓN	A008

HARDWARE	
NOMBRE DE EQUIPO	CÓDIGO
SERVIDOR LAVCO	H-001
COMP GERENCIA	H-002
COMP GERENCIA DE COMERCIAL	H-003
COMP SISTEMAS	H-004
COMP DIRECCION DE RECURSOS HUMANOS	H-005
COMP CONTABILIDAD	H-006
COMP AUXILIAR CONTABLE	H-007
COMP NOMINA	H-008
COMP COMPRAS	H-009
COMP COMERCIAL	H-010
COMP MERCADEO	H-011
COMP EXPORTACION	H-012
COMP COMNACIONAL	H-013
COMP CALIDAD	H-014
COMP PRODUCCIÓN	H-015
COMP ALMACEN INTERNO	H-016
COMP BODEGA	H-017
COMP METROLOGIA	H-018
COMP MECANIZADO	H-019
COMP FUNDICION	H-020
COMP PRACTICANTES	H-021
COMP PRACTICANTE AMBIENTAL	H-022
COMP MANTENIMIENTO	H-023
COMP SGI	H-024
EPSON FX 1050	H-025
EPSON FX 1180	H-026
EPSON LX-300	H-027
EPSON FX-1180	H-028
EPSON LX-300	H-029
XEROS PHASER 3117	H-030
EPSON NX 400	H-031
EPSON C5600	H-032
EPSON C5600	H-033
EPSON L 200	H-034

Planos de ubicación de las maquinas

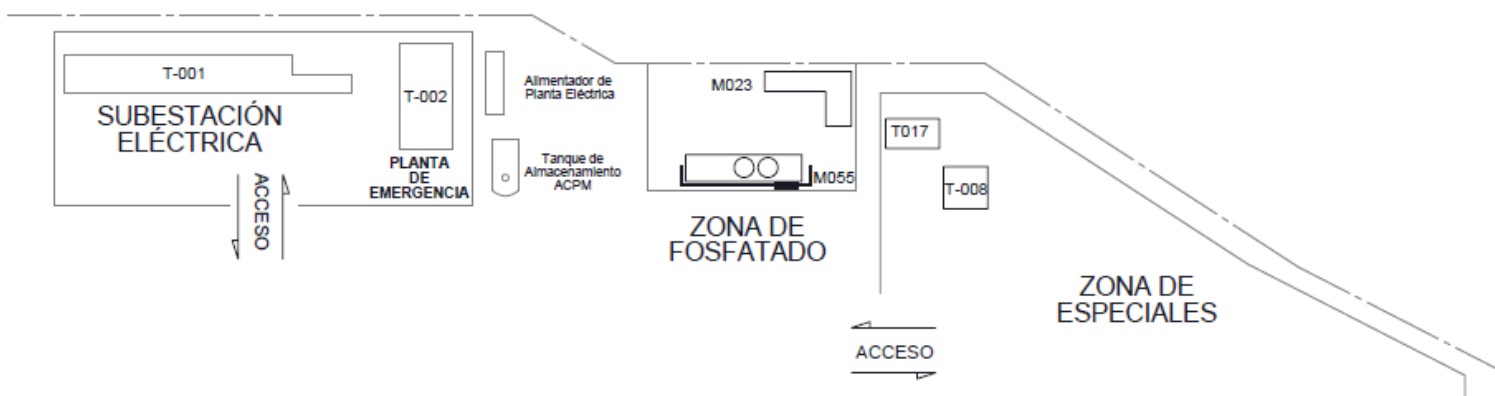


FOUNDRY PLANT INDUSTRIAS LAVCO LTDA.



OBSERVACIONES:			
	FORMATO PLANOS MANTENIMIENTO Dibujo: DANIEL OJEDA Revisó: DANIEL OJEDA Fecha: 2012-08-02	DESCRIPCION Y/O UBICACION INDUSTRIAS LAVCO LTDA. PLANTA DE FUNDICION	Maquina: Nombre Maquina: Tipo Plano: PLANO DE PLANTA
Numero de plano P1001	Escala: 1:250		

ZONA DE TRABAJOS ESPECIALES



 Formato Planos Mecanizado Liderazgo Metalmeccánico	CLIENTE: INDUSTRIAS LAVCO LTDA. MARCA: PLANO PLANTA IND. LAVCO MODELO / REF: PLANTA MECANIZADO. PESO: CODIGO PLANO:	OBSERVACIONES	Salvo Indicación contraria Angulos en grados o c/a en : Centímetros (pulgadas)	Dibujo: Daniel Ojeda Revisó: Juan Andres Bemal. Aprobó: Juan Andres Bemal. Fecha: 2011-08-31 Revisión: 01 Escala: 1:150				
Plano 1 de 1								
LTR. N°	REVISIÓN	FECHA APROB.	LTR. N°	REVISIÓN	FECHA APROB.	LTR. N°	REVISIÓN	FECHA APROB.

Orden de trabajo

Microsoft Access - [solicitud05]

Archivo Edición Insertar Registros Ventana ?

Escriba una pregunta

Escriba una pregunta

Solicitud de Mantenimiento (SM) **Fecha SM** *Tipo de daño* *Utilizaje*

14296 23/10/2003

Eléctrico Hidráulico y neumático Mto preventivo Repara Hta Repara pinzas
 Mecánico Proyecto Alista Hta Relaciona pinzas
 Estructural Fabricación Volver a cero horas de pinzas?

codigo: 003 fecha entrega: Anulada
 Registro: 1 de 1 horómetro: Justificación:
 diligencia: Luis Enrique Rangel Rodrig. tiempo total: tiempo p1:
 descripcion: El soporte donde se coloca la lanza de la pintura (en la de 12) esta deteriorado y no recibe: Finalizado

operariomtto: Cesar Fonseca tiempooper:
 Registro: 1 de 1 aprobo: Monica Ortiz Quintero
 actividades: Rediseñar un nuevo dispositivo para soporte y recolección de pintura en la máquina de 12 coquillas


Piezas cambiadas:
 Nombre:
 Parte equipo:
 cantidad:
 Registro: 1 de 1 Actividades de Fabricación

Análisis de causalidad
 ¿Amenita análisis?
 Mano de obra
 Máquina
 Método
 Materia prima
 Medio ambiente

pendientes:
 Pendiente:
 solucionado? solicitud final:
 Fecha de solución:
 observaciones:

Registro: 1 de 1
 Registro: 36 de 9091

Cronograma de chequeo de maquinaria

 CRONOGRAMA DE CHEQUEOS MAQUINARIA "OMA-P-CP-15" version 1		2011						2012						
		MAQUINA	CODIGO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
GRUA DIFERENCIAL	F046							X						X
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F047				X						X			
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F048		X						X					
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F049		X						X					
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F050		X						X					
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F051					X					X			
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F052				X						X			
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F053		X						X					
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F054				X						X			
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F055		X						X					
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F056		X						X					
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F057				X						X			
CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	F058				X						X			
BASCULA ELECTRONICA (PRO 1500)	F059							X						X
CARRO PARA TRANSPORTE DE MATERIAL FUNDIDO	F062							X						X
TANQUE MEZCLADOR E INYECTOR MEDIANO	F064				X						X			
HORNO PARA FUNDIR BRONCE Y ALUMINIO	F065				X						X			
CENTRIFUGADORA NUEVA (PROYECTO UNAL)	F066			X				X		X			X	
CENTRIFUGADORA DE TAPAS COQUILLAS	F067			X				X		X			X	
CENTRIFUGADORA INDEPENDIENTE	F068		X						X					
CENTRIFUGADORA INDEPENDIENTE	F069		X						X					
BASCULA MECANICA P-500FC	F070							X						
HORNO CUBILOTE 3	F071				X						X			
EQUIPO DE SOLDADURA AUTOGENA	X001				X						X			
EQUIPO DE SOLDADURA ELÉCTRICA	X002			X				X		X			X	
ESMERIL	X003							X						
FRESADORA UNIVERSAL	X004			X				X		X			X	
LIMADORA	X005							X						X
PRENSA HIDRÁULICA	X006				X						X			
SEGUETA MECÁNICA	X007							X						X
TALADRO RADIAL	X008		X						X					
TALADRO ARBOL	X009				X						X			
TORNO PARALELO CON COPA	X010				X						X			
TORNO PARALELO CON COPA	X011		X						X					
CIZALLA PARA LÁMINA	X012							X						X
SUBESTACION ELECTRICA	T001			X				X		X			X	
PLANTA ELECTRICA	T002			X				X		X			X	
TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	T003							X						X
ILUMINACION toda la empresa	T004		X		X			X		X		X		X
COMPRESOR DE PISTON	T005							X				X		
COMPRESOR DE PISTON	T006							X				X		
COMPRESOR DE PISTON	T007							X				X		
MONTACARGAS DE UÑAS	T008			X				X		X			X	
PLANTA PARA TRATAMIENTO DE AGUA	T009				X						X			

Objetivos y metas de indicadores de mantenimiento

	NOMBRE DEL INDICADOR	FORMULA	FRECUENCIA	META	RESPONSABLE	HERRAMIENTA O MEDIO
Garantizar la disponibilidad y mantener en correcto estado de funcionamiento la maquinaria y equipos constitutivos del proceso de producción de la empresa.	Numero de órdenes de trabajo para mantenimiento correctivo	Σ cantidad de Órdenes de Trabajo para reparación de máquinas siempre y cuando impliquen parada de máquina por periodo.	Mensual	12	Director de mantenimiento	Base de datos de mantenimiento archivo en Acces
	Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo	Σ cantidad de chequeos ejecutados en el periodo	Mensual	90%		Formato Cronograma chequeos de maquinaria OMA-P.CP-15
		Total de chequeos programadas en el periodo				Formato OMA-P.CP-15 Hoja Mantenimiento Preventivo
		Σ cantidad de actividades preventivas ejecutados en el periodo	Mensual	90%		
		Total de mts preventivos programadas en el periodo				
Pérdidas de tiempo en producción por paros de máquinas no programadas.	Σ cantidad de horas de parada requeridas en la atención de mantenimiento correctivo por periodo	Mensual	70 horas	Base de datos de mantenimiento archivo en Acces		

Disponibilidad programada en planta	Σ cantidad de horas reales de producción por periodo (Horas Operativas)	Mensual	Más de 99,5%		Reportes de fundición (70 máquinas) y mecanizado (prom. 55 máquinas) de las horas programas maquina por mes y en número de horas y fallas de paradas reportadas en las solicitudes de mantenimiento OMA-P.CP-01.
	Σ Horas operativas + Σ horas de fallo				
Gestión del gasto del proceso mantenimiento	Σ Total gastos insumos, accesorios, material fabricación y herramientas y mano de obra para la gestión del mantenimiento por periodo.	Mensual	Menos de 6%		Reporte mensual contabilidad, Insumos, accesorios, material para fabricación, herramientas para la sección, mano de obra,
	Total gastos de la empresa del periodo				


LAVCO LAVAJE INDUSTRIAL		FICHA TECNICA Version 1		OMA-P.CP-02 Pág. 1 de 6
CODIGO		NOMBRE		
LINEA		FUNCION		
MARCA				
TIPO				
MODELO				
SERIE				
AÑO FABRICADO	AÑO INSTALADO	PAIS		
CARACTERISTICAS GENERALES				
DATOS TECNICOS				
VOLTAJE	POTENCIA	FACTOR P.	I. nominal	I. real
OTROS SISTEMAS DE ALIMENTACION				
SISTEMA		PARAMETROS		
SISTEMAS EXISTENTES				
ELECTRICO	MECANICO	HIDRAULICO	NEUMATICO	LUBRICACION
DOCUMENTOS EXISTENTES				
PLANOS	CATALOGOS	MANUALES	F. CHEQUEO	OTROS

LAVCO LAVAJE INDUSTRIAL		FICHA TECNICA Version 1		OMA-P.CP-02 Pág. 2 de 6	
CODIGO		SISTEMA ELECTRICO			
CARACTERISTICAS DE MOTORES					
FUNCION					
CODIGO - P					
MARCA					
MODELO					
SERIE					
POTENCIA					
VOLTAJE					
I nominal					
I vacio					
I carga					
A Termaco					
VELOCIDAD					
FACTOR P.					
Ref. Contactor					
Vol. Contactor					
RODAMIENTO P					
RODAMIENTO V					
VOLTAJE DE POTENCIA		VOLTAJE DE CONTROL			
LAMPARAS		FUSIBLES			
CODIGO	VOLTAJE	POTENCIA	CODIGO	VOLTAJE	CORRIENTE
OBSERVACIONES GENERALES					

Ficha técnica de hardware

 LAVCO <small>Liderazgo metalmecánico</small>	Ficha Técnica de Hardware	OMA-P.CP-03 ver.1	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
ELEMENTO / DISPOSITIVO	MARCA / MODELO	CARACTERISTICAS	ESTADO
CPU			
TECLADO			
MOUSE			
MONITOR			
PROCESADOR			
MEMORIA			
DISCOS DURO			
TARJETA DE RED			
TARJETA DE VIDEO			
SONIDO			
DISCOS OPTICOS			
BAHIAS			
TIPO CHASIS			
USB			
SISTEMA OPERATIVO			
OTROS			
INSPECCIONÓ:		FECHA:	

Maestro codificación equipos

 LAVCO <small>Liderazgo metalmecánico</small>	MAESTRO PARA CODIFICACIÓN DE EQUIPOS EN INDUSTRIAS LAVCO	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block;"> OMA-I.CP-02 ver. 1 </div>
CODIFICACION DE MAQUINARIA		
<p>El código asignado es de 4 dígitos, los cuales explican la sección a la cual está asignada la máquina y el número de elemento</p>		
ESTRUCTURA DEL CODIGO		
<p>El primer elemento es una letra que nos indica la sección a la cual está asignada .</p> <p>M - Mecanizado F - Fundición X - Mantenimiento T - Servicio de toda la empresa L - Laboratorio A - Administrativo H - Hardware / Computo</p> <p>El número nos indica el elemento de esta sección, siendo este número un consecutivo.</p>		
EJEMPLO		
<p>MAQUINA M025 - Pertenece a la Planta de mecanizado y es la máquina o elemento 25</p>		

Anexo C. Descripción, análisis y jerarquización de equipos de producción

Equipos de industrias LAVCO




Planta de mecanizado

EQUIPOS DE MECANIZADO	OPERACIÓN DE CORTE Y DESPUNTE
<p data-bbox="370 380 699 443"> LAVCO Liderazgo metalmeccánico</p> <p data-bbox="318 464 823 793">Para esta operación se utilizan tres tornos paralelos universales con una velocidad fija, el desplazamiento de los carros longitudinal y transversal es netamente manual, se utiliza un mandril automático, con una luneta en la punta del mandril para asegurar la pieza y su retiro posterior, el dispositivo utilizado fue diseñado por la empresa pero presenta problemas en cuanto a su duración en servicio y algunos de sus componentes deben ser reemplazo constantemente.</p>	
<p data-bbox="370 842 699 947"> LAVCO Liderazgo metalmeccánico</p> <p data-bbox="318 1024 823 1297">Para esta operación se utilizan cinco tornos paralelos universales con velocidad y avance graduable, tiene montado en el husillo principal una barra asegurada con un tonillo tensor, para montar la fresa porta pastillas según el diámetro requerido. Solo se utiliza el carro longitudinal para la operación, debido a la disposición del montaje y funcionalidad del mismo.</p>	
<p data-bbox="318 1493 797 1671">De los cinco tornos 2 trabajan con doble husillo horizontal, trabaja en las dos direcciones y con un sistema de sujeción de las camisas de forma hidroneumática. Trabaja con una velocidad fija en los dos husillos.</p>	


EQUIPOS DE MECANIZADO	DIAMETRO EXTERIOR
 <p>LAVCO Liderazgo metalmeccánico</p>	
<p>Diámetro Exterior. Este equipo es un torno paralelo universal, con lubricación forzada con una bomba de engranajes para la caja principal y caja de avances, en la caja del carro se encuentra una bomba de pistón para lubricación interna, carro transversal y bancadas</p>	

EQUIPOS DE MECANIZADO	RECTIFICADO EXTERIOR
 <p>LAVCO Liderazgo metalmeccánico</p>	
<p>Rectificado exterior. Existen dos equipos para realizar esta operación, en primera instancia, una rectificadora sin centros de 5" para camisa seca, la cual es arrastrada de la parte delantera de la reglilla a la parte trasera, por la piedra conductora, al mismo tiempo es desbastada por la piedra rectificadora y refrigerada por aceite soluble o taladrina</p>	

<p>El otro equipo es una rectificadora sin centros de 12" para camisa seca, la cual es arrastrada de la parte delantera de la reglilla a la parte trasera, por la piedra conductora, al mismo tiempo es desbastada por la piedra rectificadora y refrigerada por aceite soluble o taladrina</p>	
---	--

EQUIPOS DE MECANIZADO	RECTIFICADO INTERNO
	
<p>Alesadora de 4 husillos: Este equipo es un taladro de árbol con variación de velocidades en el husillo, El sistema de desplazamiento del carro fue transformado por industrias LAVCO de tornillo mecánico a sistema hidráulico.</p>	

EQUIPOS DE MECANIZADO	BRUÑIDO
	
<p>Bruñidora Electro neumática. El movimiento de rotación se realiza por medio de un sistema de corona-sinfin y un desplazamiento vertical por medio de un sistema neumático, posee una carrera útil de 12 pulgadas. Existen tres bruñidoras para esta operación, dos de ellas fueron modificadas de un sistema de mecánico a sistema neumático en el desplazamiento vertical del carro.</p>	

<p>Bruñidora Hidráulica. Un motor eléctrico proporciona el movimiento circular de los husillos y un cilindro hidráulico genera el movimiento horizontal, posee tres velocidades de rotación de los husillos y dos movimientos (lento y rápido) en el carro horizontal para el desbaste y el acabado.</p>	
--	--

EQUIPOS DE MECANIZADO	FRESADO LATERAL
<p data-bbox="365 273 714 346"></p> <p data-bbox="300 472 805 661">Fresadora lateral de Renault. Diseñada por industrias LAVCO para el fresado de las caras laterales en las camisas Renault, esta provista de una velocidad fija, y un sistema de transmisión por correas en V.</p>	

Equipos planta de fundición

EQUIPOS DE MECANIZADO	OPERACIÓN DE CENTRIFUGADO
 <p>Centrifugas Independientes. Diseñados y fabricados por industrias LAVCO, para el centrifugado de tubos en fundición gris, se encuentran montados en una base metálica ancladas al piso, el husillo es accionado por un motor eléctrico con una transmisión de correa en V.</p>	
EQUIPOS DE MECANIZADO	OPERACIÓN DE CORTE Y DESPUNTE
 <p>Centrifugas especiales. Estos equipos están montados en una estructura giratoria soportada por rodamientos axiales, sistema de transmisión por correas en V, el husillo es accionado por un motor eléctrico.</p>	
EQUIPOS DE MECANIZADO	OPERACIÓN DE CORTE Y DESPUNTE
 <p>Mezclador de pintura. Diseñado para la preparación de pintura refractaria a base de caolín, la cual es utilizada en el proceso de vaciado de los troqueles.</p>	

EQUIPOS DE MECANIZADO	AGITADO E INYECCION DE PINTURA
<p data-bbox="373 268 690 331">  LAVCO Liderazgo metalmeccánico </p> <p data-bbox="324 472 730 588"> Tanque agitador e inyector. Utilizado para inyectar pintura refractaria a base de bentonita en la matriz "Coquilla". </p>	

EQUIPOS DE MECANIZADO	OPERACIÓN DE CORTE Y DESPUNTE
<p data-bbox="373 779 690 842">  LAVCO Liderazgo metalmeccánico </p> <p data-bbox="324 892 738 1039"> Horno Cubilote. La planta cuenta con 3 hornos, 2 de 48 cm de diámetro y uno de 52 cm incluido el revestimiento. Está constituido por las siguientes partes: </p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="324 1039 738 1102">Envoltura cilíndrica de eje vertical, en chapa de acero roblonada o soldada. <li data-bbox="324 1102 738 1129">Revestimiento interior, refractario. <li data-bbox="324 1129 738 1213">Relleno intermedio entre la envoltura y el revestimiento que permite la dilatación de éste. <li data-bbox="324 1213 738 1241">Chimenea con su cobertura <li data-bbox="324 1241 738 1268">Boca de Carga <li data-bbox="324 1268 738 1388">Cámara de viento que circunda la envoltura, y por el cual pasa el aire que va a las toberas y que viene del ventilador. <li data-bbox="324 1388 738 1472">Toberas. Son las que conducen el aire de la cámara de viento al interior del cubilote <li data-bbox="324 1472 738 1499">Evacuador de escorias <li data-bbox="324 1499 738 1526">Canal de colada <li data-bbox="324 1526 738 1554">Solera o fondo de cubilote <li data-bbox="324 1554 738 1617">Puerta lateral de encendido y limpieza. <li data-bbox="324 1617 738 1680">Plancha base de la envoltura provista de una portilla para deshormar <li data-bbox="324 1680 738 1707">Columnas de apoyo <li data-bbox="324 1707 738 1734">Crisol 	

Condición actual de equipos en LAVCO

CÓDIGO	EQUIPO	FECHA DE COMPRA	VIDA ÚTIL [AÑOS]	VALOR DE COMPRA	DEPRECIACIÓN	AÑO DE FABRICACIÓN	AÑO DE INSTALACIÓN	AÑOS DE SERVICIO
M001	BRUÑIDORA ELECTRO NEUMÁTICA		10			1980	1993	20
M002	BRUÑIDORA HIDRÁULICA		10			1999	1999	14
M003	BRUÑIDORA ELECTRO NEUMÁTICA	07/07/2003	10	7576713.39	0	1980	1993	20
M004	BRUÑIDORA ELECTRO NEUMÁTICA		10					
M005	ESMERIL DE CORTE	11/11/1997	10	3505451.3	0	1993	1993	20
M007	FRESADORA LATERAL RENAULT	01/01/1993	10	10095639.9	0	1994	1994	19
M008	PUENTE GRÚA ELÉCTRICO	01/01/1993	10	2966734.25	0	1982	1982	31
M009	MANDRINADORA HIDRÁULICA DE 2 HUSILLOS	12/12/1995	10	16273193.3	0		1980	33
M010	MANDRINADORA HIDRÁULICA DE 4 HUSILLOS	08/08/1995	10	21524292.4	0		1991	22
M011	MANDRINADORA MÚLTIPLE	12/12/1995	10	0	0		1980	33
M012	MESA DE MARCACIÓN, LAVADO, PROTECCIÓN Y IDENTIFICACIÓN	11/11/1997	10	5944721.05	0	1997	1997	16
M015	PULIDOR DE SUPERFICIES PLANAS TIPO ÁRBOL		10				1985	28
M016	PULIDORA RADIAL DE PASTILLAS	08/08/1995	10	58518612.4	0		1995	18
M017	RECTIFICADORA SIN CENTROS DE 12"	06/06/1995	10	12436901.4	0			2013
M018	RECTIFICADORA SIN CENTROS DE 5"	11/11/1991	10	51850829.4	0	1974	1975	38
M019	RECTIFICADORA VERTICAL DE 4 HUSILLOS	11/11/1991	10	8453245.97	0	1982	1982	31
M020	TALADRO DE BISELADO	11/11/1997	10	19815734.8	0	1997	1997	16
M021	TALADRO DE BISELADO	11/11/1991	10	2670316.09	0	1997	1997	16
M022	ALESADORA DE 4 HUSILLOS	31/12/1997	10	9727264.38	0	1938	2003	10
M024	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	11/11/1997	10	21917251.5	0	1991	1991	22
M025	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	03/02/1992	10	37541544.8	0	1988	1989	24
M026	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	03/02/1992	10	37541544.8	0	1969	1970	43
M027	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	03/03/1991	10	0	0	1971	1971	42
M028	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	03/03/1993	10	55039540.4	0	1991	1991	22
M029	TORNO PARALELO CON COPA	12/12/1995	10	36289963	0	1968	1969	44
M030	TORNO PARALELO UNIVERSAL	21/11/2006	10	4476271.8	0	1996	1996	17
M031	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA Y COPIADOR	12/12/1994	10	37292835.5	0	1991	1991	22
M032	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA Y COPIADOR	04/04/1995	10	3109110.01	0	1992	1992	21
M033	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	12/12/1994	10	3651873.67	0	1993	1993	20
M034	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	05/05/1997	10	0	0	1993	1993	20
M035	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PUNTOS	03/03/1992	10	0	0	1991	1992	21

M036	TORNO PARALELO UNIVERSAL	02/02/1994	10	20246071.6	0	1996	1996	17
M037	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	08/08/1997	10	5112262.01	0	1996	1996	17
M038	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	11/12/2000	10	24517744.7	0	1993	1993	20
M039	TORNO PARALELO CON PINZA	1997705/05	10	5281901.78	0	1993	1993	20
M041	TORNO PARALELO CON MANDRIL	03/03/1997	10	37541544.8	0	1971	1975	38
M042	TORNO PARALELO CON MANDRIL	03/03/1992	10	37541544.8	0	1965	1965	48
M043	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON COPA	04/04/1997	10	1548804.7	0	1970	1970	43
M045	BASCULA ELECTRÓNICA	06/12/2005	10	873364.9	262009.47	2005	2006	7
M046	COMPRESOR	01/10/2003	10	1228567.16	0			
M047	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON COPIADOR	10/10/1995	10	17603372.7	0	2003	2003	10
M050	TORNO PARALELO UNIVERSAL	12/12/1995	10	0	0	2004	2005	8
M052	ESTIBADOR HIDRÁULICO (nuevo)	24/08/2007	10	0	0	2007	2007	6
M053	ESTIBADOR HIDRÁULICO (viejo)	25/05/2005	10	1480962.25	296192.45	2005	2005	8
M054	CNC DOOSAN LYNX 300		10	285248153	256723337.7	2011	2012	1
M055	CNC LEADWELL		10	199843733	179859359.7	2011	2012	1
M057	BRUÑIDORA VERTICAL HIDRÁULICA	2012/22/02	10	0	0	2011	2012	1
M058	CNC DAEWOO PUMA 400	12/08/2012	10	87930442	79137397.8		2012	1

ESTE COLOR INDICA QUE NO SE CONOCEN DATOS DEL EQUIPO

CÓDIGO	EQUIPO	FECHA DE COMPRA	VIDA ÚTIL AÑOS]	VALOR DE COMPRA	DEPRECIACIÓN	AÑO DE FABRICACIÓN	AÑO DE INSTALACIÓN	AÑOS DE SERVICIO
F001	BOMBA APAGA CHISPAS	29/02/2008	10	580000	0	1995	1995	18
F002	BOMBA DE AGUA FUNDICIÓN		10		0	2001	2001	12
F005	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	12/12/1997	10	9834110.79	0	1992	1992	21
F006	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	13/12/1997	10	2950233.73	0	1992	1992	21
F007	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	14/12/1997	10	2950233.73	0	1992	1992	21
F008	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	15/12/1997	10	2950233.73	0	1991	1991	22
F009	CENTRIFUGADORA INDEPENDIENTE (ALLEN)	08/08/1995	10	1422780.25	0	1991	1991	22
F010	CENTRIFUGADORA INDEPENDIENTE (ESPECIALES)	12/12/1997	10	8146711.23	0	1991	1991	22
F011	CENTRIFUGADORA INDEPENDIENTE (ESPECIALES)	13/12/1997	10	8146711.23	814671.123	2004	2004	9
F012	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	31/05/2004	10	7201910.33	0	1990	1990	23
F013	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	31/05/2004	10	7201910.33	0	1990	1990	23
F014	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	31/05/2004	10	7201910.33	0	1990	1990	23
F015	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	31/05/2004	10	7201910.29	0	1990	1990	23
F016	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	12/12/1997	10	7867288.61	0	1990	1990	23
F017	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	13/12/1997	10	9834110.79	0	1990	1990	23
F018	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	14/12/1997	10	2950233.73	0	1990	1990	23
F019	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	15/12/1997	10	2950233.73	0	1990	1990	23
F020	HORNO CUBILOTE 1		10		0	1990	1990	23
F021	HORNO CUBILOTE 2		10		0	1990	1990	23
F023	HORNILLO DE CARBÓN		10		0	1993	1993	20
F024	TANQUE MEZCLADOR E INYECTOR GRANDE	11/11/1991	10	1,994.404.48	0	1993	1993	20
F025	TANQUE MEZCLADOR E INYECTOR DE MEDIANO	05/05/1991	10	725907.4	0	2002	2002	11
F026	BASCULA MECÁNICA ANÁLOGA		10		0	1999	1999	14
F029	TURBINA ENFRIAMIENTO COOPER		10		0			
F030	TURBINA ENFRIAMIENTO COQUILLAS	06/08/2007	10	0	0			
F031	ELEVADOR DE MATERIAL (Malacate)	11/11/1991	10	2676568.9	0	1990	1990	23
F032	GRÚA DE PARTIR HIERRO	11/11/1991	10	2676425.92	0	1993	1993	20
F033	MEZCLADOR DE ARENA	02/02/1993	10	4086537.82	0	1993	1993	20
F034	TANQUE MEZCLADOR DE PINTURA	02/02/1993	10	4086537.82	0	1995	1995	18
F035	MEZCLADOR DE ARENA DE PALETAS	11/11/1997	10	0	0	1990	1990	23
F037	MOLINO DE MARTILLOS	12/12/1997	10	2950233.73	0	1992	1992	21
F038	TRITURADORA DE PIEDRA	12/12/1997	10	5900466.45	0	1992	1992	21
F042	ESMERIL	03/03/1993	10	1351866.32	0	1991	1991	22
F044	BÁSCULA MECÁNICA (del patio de fundición)	12/01/2001	10	0	0			

F045	CENTRIFUGADORA ESPECIALES	2005707/31	10	3628007.98	1088402.394	2006	2006	7
F046	GRÚA DIFERENCIAL		10		0	1988	1988	25
F047	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	31/07/2006	10	2481057.27	744317.181	2006	2006	7
F048	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	01/08/2006	10	2481057.27	744317.181	2006	2006	7
F049	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	02/08/2006	10	2481057.27	0			
F050	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	03/08/2006	10	2481057.27	744317.181	2006	2006	7
F051	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	06/02/2007	10	720510.78	216153.234	2006	2006	7
F052	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	07/02/2007	10	720510.78	216153.234	2006	2006	7
F053	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	08/02/2007	10	720510.78	216153.234	2006	2006	7
F054	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	09/02/2007	10	720510.78	216153.234	2006	2006	7
F055	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	10/02/2007	10	720510.78	216153.234	2006	2006	7
F056	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	11/02/2007	10	720510.78	216153.234	2006	2006	7
F057	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	12/02/2007	10	720510.78	216153.234	2006	2006	7
F058	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	13/02/2007	10	720510.78	216153.234	2006	2006	7
F059	BASCULA ELECTRÓNICA (PRO 1500)	26/01/2006	10	3371727.22	1011518.166	2005	2006	7
F062	CARRO PARA TRANSPORTE DE MATERIAL FUNDIDO	06/08/2007	10	1203318	481327.2	2007	2007	6
F064	TANQUE MEZCLADOR E INYECTOR DE PEQUEÑO	11/11/1997	10	1994404.48	797761.792	2007	2007	6
F065	HORNO PARA FUNDIR BRONCE Y ALUMINIO		10		0			
F066	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL (PROYECTO UNA)		10		0	2009	2009	4
F067	CENTRIFUGADORA DE TAPAS COQUILLAS		10		0	1990	1990	23
F068	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	14/12/1997	10	2950233.73	0	1990	1990	23
F069	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	13/12/1997	10	2950233.73	0			
F070	BASCULA MECÁNICA P-500FC	26/01/2006	10	3371727.22	1685863.61	2007	2008	5
F071	HORNO CUBILOTE 3		10			2006	2008	5
F072	TURBINA HORNO GRANDE		10			2011	2011	2
F073	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL		10			2012	2012	1
F074	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL		10			2012	2012	1
F075	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL		10			2012	2012	1
F076	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL		10			2012	2012	1

ESTE COLOR INDICA QUE NO SE CONOCEN DATOS DEL EQUIPO

CÓDIGO	EQUIPO	FECHA DE COMPRA	VIDA ÚTIL [AÑOS]	VALOR DE COMPRA	DEPRECIACIÓN	AÑO DE FABRICACIÓN	AÑO DE INSTALACIÓN	AÑOS DE SERVICIO
X001	EQUIPO DE SOLDADURA AUTÓGENA	03/03/1993	10	1351866.32	0			
X002	EQUIPO DE SOLDADURA ELÉCTRICA	11/11/1997	10	4953931.91	0	1960	1960	53
X003	ESMERIL	03/03/1993	10	1351866.32	0			
X004	FRESADORA UNIVERSAL	03/03/1991	10	50999900.04	0	1980	1980	33
X005	LIMADORA	11/11/1991	10	3496550.07	0	1970	1970	43
X006	PRENSA HIDRÁULICA	11/11/1991	10	648136.56	0	1962	1962	51
X007	SEGUETA MECÁNICA	08/08/1995	10	12010300.58	0	1985	1985	28
X008	TALADRO RADIAL	12/12/1997	10	3933643.09	0	1972	1972	41
X009	TALADRO ÁRBOL	12/12/1997	10	0	0			
X010	TORNO PARALELO CON COPA		10			1995	1995	18
X011	TORNO PARALELO CON COPA		10			1989	1989	24
X012	CIZALLA PARA LAMINA	11/11/1991	10	0	0			
X013	BANCO DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO.	11/11/1997	10	1981573.58	0			
X014	EQUIPO DE SOLDADURA ELÉCTRICA TIPO TRANSFORMADOR	04/10/2012	10	3849460	0	1989	1989	24


CÓDIGO	EQUIPO	FECHA DE COMPRA	VIDA ÚTIL [AÑOS]	VALOR DE COMPRA	DEPRECIACIÓN	AÑO DE FABRICACIÓN	AÑO DE INSTALACIÓN	AÑOS DE SERVICIO
T001	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	12/12/1995	10	97241608.66	0	1995	1995	18
T002	PLANTA ELÉCTRICA	05/05/1996	10	905827.9	0	1995	1995	18
T003	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	08/08/1993	10	0	0	1990	1990	23
T005	COMPRESOR DE PISTÓN	06/06/1995	10	3853885.91	0	1995	1995	18
T006	COMPRESOR DE PISTÓN	12/12/1997	10	0	0	1997	1997	16
T007	COMPRESOR DE PISTÓN	11/11/1997	10	6935505.68	0	1997	2000	13
T008	MONTACARGAS DE UÑAS	21/11/2000	10	5622205.46	0			
T009	PLANTA PARA TRATAMIENTO DE AGUA	08/03/2001	10	3246013.35	0	2001	2001	12
T016	COMPRESOR DE PISTONES	12/12/1997	10	4917057	2950234.2	2009	2009	4

ESTE COLOR INDICA QUE NO SE CONOCEN DATOS DEL EQUIPO

Análisis de criticidad basa en el método de factores ponderados

EVALUACIÓN DE EQUIPOS DE LA PLANTA DE MECANIZADO									
No.	Código	Equipo	Frecuencia de Fallas	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de Mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	Nivel de Criticidad
1	M001	BRUÑIDORA ELECTRO NEUMÁTICA	3	4	2	1	3	12	36
2	M002	BRUÑIDORA HIDRÁULICA	3	4	2	1	3	12	36
3	M003	BRUÑIDORA ELECTRO NEUMÁTICA	2	4	4	1	3	20	40
4	M004	BRUÑIDORA ELECTRO NEUMÁTICA	4	4	2	2	3	13	52
5	M005	ESMERIL DE CORTE	2	4	2	1	3	12	24
6	M007	FRESADORA LATERAL RENAULT	2	7	2	1	3	18	36
7	M008	PUENTE GRÚA ELÉCTRICO	2	4	2	1	3	12	24
8	M009	MANDRINADORA HIDRÁULICA DE 2 HUSILLOS	4	4	2	1	3	12	48
9	M010	MANDRINADORA HIDRÁULICA DE 4 HUSILLOS	4	4	2	2	3	13	52
10	M011	MANDRINADORA MÚLTIPLE	3	4	2	2	3	13	39
11	M012	MESA DE MARCACIÓN, LAVADO, PROTECCIÓN Y IDENTIFICACIÓN	4	4	2	2	3	13	52
12	M015	PULIDOR DE SUPERFICIES PLANAS TIPO ÁRBOL	1	1	2	1	3	6	6
13	M016	PULIDORA RADIAL DE PASTILLAS	1	4	2	1	3	12	12
14	M017	RECTIFICADORA SIN CENTROS DE 12"	4	7	2	2	3	19	76
15	M018	RECTIFICADORA SIN CENTROS DE 5"	4	7	2	2	3	19	76
16	M019	RECTIFICADORA VERTICAL DE 4 HUSILLOS	4	4	2	1	3	12	48
17	M020	TALADRO DE BISELADO	4	4	2	1	3	12	48
18	M021	TALADRO DE BISELADO	4	4	2	1	3	12	48
19	M022	ALESADORA DE 4 HUSILLOS	1	7	2	1	3	18	18
20	M024	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	4	4	2	1	3	12	48
21	M025	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	4	4	2	1	3	12	48
22	M026	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	4	4	2	1	3	12	48
23	M027	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	1	4	2	1	3	12	12
24	M028	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	4	4	2	1	3	12	48
25	M029	TORNO PARALELO CON COPA	1	4	2	1	3	12	12
26	M030	TORNO PARALELO UNIVERSAL	4	4	2	1	3	12	48
27	M031	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	4	4	2	2	3	13	52
28	M032	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	4	4	2	2	3	13	52
29	M033	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	4	4	2	1	3	12	48
30	M034	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	4	4	2	1	3	12	48

31	M035	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PUNTOS	4	4	2	1	3	12	48
32	M036	TORNO PARALELO UNIVERSAL	1	4	2	1	3	12	12
33	M037	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	3	4	2	1	3	12	36
34	M038	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	4	4	2	2	3	13	52
35	M039	TORNO PARALELO CON PINZA	4	4	2	1	3	12	48
36	M041	TORNO PARALELO CON MANDRIL	4	4	2	1	3	12	48
37	M042	TORNO PARALELO CON MANDRIL	3	4	2	2	3	13	39
38	M043	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON COPA	3	4	2	2	3	13	39
39	M045	BASCULA ELECTRÓNICA	1	4	4	1	1	18	18
40	M046	COMPRESOR	1	4	2	1	7	16	16
41	M047	TORNO PARALELO UNIVERSAL	4	4	2	1	3	12	48
42	M050	TORNO PARALELO UNIVERSAL	1	4	2	1	3	12	12
43	M052	ESTIBADOR HIDRÁULICO (nuevo)	1	4	2		1	9	9
44	M053	ESTIBADOR HIDRÁULICO (viejo)	1	4	2		1	9	9
45	M054	CNC DOOSAN LYNX 300	3	4	4	2	3	21	63
46	M055	CNC LEADWELL	3	4	4	1	3	20	60
47	M057	BRUÑIDORA VERTICAL HIDRÁULICA	2	4	4	1	3	20	40
48	M058	CNC DAEWOO PUMA 400	2	4	4	1	3	20	40

 El color verde significa que no se tiene información en este parámetro sobre el equipo analizado

EVALUACIÓN DE CRITICIDAD PLANTA DE FUNDICIÓN									
No.	Código	Equipo	Frecuencia de Fallas	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de Mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	Nivel de Criticidad
1	F001	BOMBA APAGA CHISPAS	1	1	2	1	1	4	4
2	F002	BOMBA DE AGUA FUNDICIÓN	4	4	2	1	1	10	40
3	F005	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	1	7	2	1	8	23	23
4	F006	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	3	7	2	1	8	23	69
5	F007	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2	1	8	23	46
6	F008	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	1	7	2	1	8	23	23
7	F009	CENTRIFUGADORA INDEPENDIENTE (ALLEN)	1	7	2	1	8	23	23
8	F010	CENTRIFUGADORA INDEPENDIENTE (ESPECIALES)	3	7	2	2	8	24	72
9	F011	CENTRIFUGADORA INDEPENDIENTE (ESPECIALES)	1	7	2	1	8	23	23
10	F012	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	3	7	2	1	8	23	69
11	F013	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2	1	8	23	46
12	F014	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2	1	8	23	46
13	F015	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2	1	8	23	46
14	F016	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2	1	8	23	46
15	F017	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2	1	8	23	46
16	F018	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2	1	8	23	46
17	F019	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2	1	8	23	46
18	F020	HORNO CUBILOTE 1	3	7	2	1	8	23	69
19	F021	HORNO CUBILOTE 2	2	7	2	1	8	23	46
20	F023	HORNILLO DE CARBÓN	2	4	2		3	11	22
21	F024	TANQUE MEZCLADOR E INYECTOR GRANDE	2	10	2	1	3	24	48
22	F025	TANQUE MEZCLADOR E INYECTOR DE MEDIANO	2	10	2	1	3	24	48
23	F026	BASCULA MECÁNICA ANÁLOGA	2	4	4	1	1	18	36
24	F029	TURBINA ENFRIAMIENTO COOPER	1	4	4		3	19	19
25	F030	TURBINA ENFRIAMIENTO COQUILLAS	3	4	4		3	19	57
26	F031	ELEVADOR DE MATERIAL (Malacate)	3	7	2		3	17	51
27	F032	GRÚA DE PARTIR HIERRO	2	4	2		3	11	22
28	F033	MEZCLADOR DE ARENA	2	4	2		1	9	18
29	F034	TANQUE MEZCLADOR DE PINTURA	1	7	2	1	8	23	23


30	F035	MEZCLADOR DE ARENA DE PALETAS	1	4	2	1	1	10	10
31	F037	MOLINO DE MARTILLOS	2	4	2		1	9	18
32	F038	TRITURADORA DE PIEDRA	2	4	2	1	3	12	24
33	F042	ESMERIL	3	4	2	1	3	12	36
34	F044	BÁSCULA MECÁNICA (del patio de fundición)	1	4	4		1	17	17
35	F045	CENTRIFUGADORA ESPECIALES	1	7	2	1	8	23	23
36	F046	GRÚA DIFERENCIAL	1	4	2		3	11	11
37	F047	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2	1	8	23	46
38	F048	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2		8	22	44
39	F049	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	1	7	2	1	8	23	23
40	F050	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2		8	22	44
41	F051	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2		8	22	44
42	F052	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	1	7	2	1	8	23	23
43	F053	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2		8	22	44
44	F054	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	1	7	2		8	22	22
45	F055	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	3	7	2	1	8	23	69
46	F056	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2		8	22	44
47	F057	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	3	7	2	1	8	23	69
48	F058	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	1	7	2		8	22	22
49	F059	BASCULA ELECTRÓNICA (PRO 1500)	1	4	4	1	1	18	18
50	F062	CARRO PARA TRANSPORTE DE MATERIAL FUNDIDO	1	7	2		1	15	15
51	F064	TANQUE MEZCLADOR E INYECTOR DE PEQUEÑO	2	7	2	1	3	18	36
52	F065	HORNO PARA FUNDIR BRONCE Y ALUMINIO	2	7	2		3	17	34
53	F066	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL (PROYECTO UNAL)	2	7	2	1	8	23	46
54	F067	CENTRIFUGADORA DE TAPAS COQUILLAS	1	7	2		8	22	22
55	F068	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2		8	22	44
56	F069	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	3	7	2	1	8	23	69
57	F070	BASCULA MECÁNICA P-500FC	1	4	4		1	17	17
58	F071	HORNO CUBILOTE 3	1	7	2	2	8	24	24
59	F072	TURBINA HORNO GRANDE	2	7	4		3	31	62
60	F073	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	1	7	2		8	22	22
61	F074	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	1	7	2		8	22	22
62	F075	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	3	7	2	1	8	23	69
63	F076	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	1	7	2		8	22	22
64	F077	TURBINA HORNO PEQUEÑO	1	7	4		3	31	31

EVALUACIÓN DE CRITICIDAD ÁREA DE MANTENIMIENTO									
No.	Código	Equipo	Frecuencia de Fallas	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de Mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	Nivel de Criticidad
1	X001	EQUIPO DE SOLDADURA AUTÓGENA	1	4	4		3	19	19
2	X002	EQUIPO DE SOLDADURA ELÉCTRICA	2	4	4	1	3	20	40
3	X003	ESMERIL	1	4	2	1	3	12	12
4	X004	FRESADORA UNIVERSAL	1	4	2	1	3	12	12
5	X005	LIMADORA	1	4	2		3	11	11
6	X006	PRENSA HIDRÁULICA	2	4	4	1	3	20	40
7	X007	SEGUETA MECÁNICA	1	4	2	1	3	12	12
8	X008	TALADRO RADIAL	2	4	2	1	3	12	24
9	X009	TALADRO ÁRBOL	1	4	2	1	3	12	12
10	X010	TORNO PARALELO CON COPA	4	4	2	1	3	12	48
11	X011	TORNO PARALELO CON COPA	1	4	2	1	3	12	12
12	X012	CIZALLA PARA LAMINA	1	4	3		3	15	15
13	X013	BANCO DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO.	1	4	3		1	13	13
14	X014	EQUIPO DE SOLDADURA ELÉCTRICA TIPO TRANSFORMADOR	1	4	4		3	19	19

EVALUACIÓN DE CRITICIDAD EQUIPOS AUXILIARES									
No.	Código	Equipo	Frecuencia de Fallas	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de Mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	Nivel de Criticidad
1	T001	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	2	7	2	1	3	18	36
2	T002	PLANTA ELÉCTRICA	1	7	2	2	3	19	19
3	T003	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	1	7	2		3	17	17
5	T005	COMPRESOR DE PISTÓN	3	7	2	1	7	22	66
6	T006	COMPRESOR DE PISTÓN	2	7	2	1	7	22	44
7	T007	COMPRESOR DE PISTÓN	1	7	2	1	7	22	22
8	T008	MONTACARGAS DE UÑAS	4	7	4	2	3	33	132
9	T009	PLANTA PARA TRATAMIENTO DE AGUA	1	4	2	1	8	17	17
10	T016	COMPRESOR DE PISTONES	1	7	2	1	7	22	22
11	T017	COMPRESOR DE ESPECIALES	1	7	2		7	21	21

JERARQUIZACIÓN DE EQUIPOS SEGÚN EL NIVEL DE CRITICIDAD PLANTA DE MECANIZADO										
No.	Código	Equipo	Frecuencia de Fallas	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de Mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	Nivel de Criticidad	Nivel de Criticidad
14	M017	RECTIFICADORA SIN CENTROS DE 12"	4	7	2	2	3	19	76	MC
15	M018	RECTIFICADORA SIN CENTROS DE 5"	4	7	2	2	3	19	76	MC
45	M054	CNC DOOSAN LYNX 300	3	4	4	2	3	21	63	MC
46	M055	CNC LEADWELL	3	4	4	1	3	20	60	MC
4	M004	BRUÑIDORA ELECTRO NEUMÁTICA	4	4	2	2	3	13	52	MC
9	M010	MANDRINADORA HIDRÁULICA DE 4 HUSILLOS	4	4	2	2	3	13	52	MC
11	M012	MESA DE MARCACIÓN, LAVADO, PROTECCIÓN Y IDENTIFICACIÓN	4	4	2	2	3	13	52	MC
27	M031	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	4	4	2	2	3	13	52	MC
28	M032	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	4	4	2	2	3	13	52	MC
34	M038	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	4	4	2	2	3	13	52	MC
8	M009	MANDRINADORA HIDRÁULICA DE 2 HUSILLOS	4	4	2	1	3	12	48	MC
16	M019	RECTIFICADORA VERTICAL DE 4 HUSILLOS	4	4	2	1	3	12	48	MC
17	M020	TALADRO DE BISELADO	4	4	2	1	3	12	48	MC
18	M021	TALADRO DE BISELADO	4	4	2	1	3	12	48	MC
20	M024	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	4	4	2	1	3	12	48	MC
21	M025	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	4	4	2	1	3	12	48	MC
22	M026	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	4	4	2	1	3	12	48	MC
24	M028	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	4	4	2	1	3	12	48	MC
26	M030	TORNO PARALELO UNIVERSAL	4	4	2	1	3	12	48	MC
29	M033	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PINZA	4	4	2	1	3	12	48	MC
30	M034	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	4	4	2	1	3	12	48	MC
31	M035	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON PUNTOS	4	4	2	1	3	12	48	MC
39	M039	TORNO PARALELO CON PINZA	4	4	2	1	3	12	48	MC
36	M041	TORNO PARALELO CON MANDRIL	4	4	2	1	3	12	48	MC
41	M047	TORNO PARALELO UNIVERSAL	4	4	2	1	3	12	48	MC
3	M003	BRUÑIDORA ELECTRO NEUMÁTICA	2	4	4	1	3	20	40	MC
47	M057	BRUÑIDORA VERTICAL HIDRÁULICA	2	4	4	1	3	20	40	MC
48	M058	CNC DAEWOO PUMA 400	2	4	4	1	3	20	40	MC
10	M011	MANDRINADORA MÚLTIPLE	3	4	2	2	3	13	39	MC
37	M042	TORNO PARALELO CON MANDRIL	3	4	2	2	3	13	39	MC

38	M043	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON COPA	3	4	2	2	3	13	39	MC
1	M001	BRUÑIDORA ELECTRO NEUMÁTICA	3	4	2	1	3	12	36	MC
2	M002	BRUÑIDORA HIDRÁULICA	3	4	2	1	3	12	36	MC
33	M037	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	3	4	2	1	3	12	36	MC
6	M007	FRESADORA LATERAL RENAULT	2	7	2	1	3	18	36	MC
5	M005	ESMERIL DE CORTE	2	4	2	1	3	12	24	NC
7	M008	PUENTE GRÚA ELÉCTRICO	2	4	2	1	3	12	24	NC
19	M022	ALESADORA DE 4 HUSILLOS	1	7	2	1	3	18	18	NC
39	M045	BASCULA ELECTRÓNICA	1	4	4	1	1	18	18	NC
40	M046	COMPRESOR	1	4	2	1	7	16	16	NC
13	M016	PULIDORA RADIAL DE PASTILLAS	1	4	2	1	3	12	12	NC
23	M027	TORNO PARALELO UNIVERSAL CON BARRA	1	4	2	1	3	12	12	NC
25	M029	TORNO PARALELO CON COPA	1	4	2	1	3	12	12	NC
32	M036	TORNO PARALELO UNIVERSAL	1	4	2	1	3	12	12	NC
42	M050	TORNO PARALELO UNIVERSAL	1	4	2	1	3	12	12	NC
43	M052	ESTIBADOR HIDRÁULICO (nuevo)	1	4	2		1	9	9	NC
44	M053	ESTIBADOR HIDRÁULICO (viejo)	1	4	2		1	9	9	NC
12	M015	PULIDOR DE SUPERFICIES PLANAS TIPO ÁRBOL	1	1	2	1	3	6	6	NC

 El color verde significa que no se tiene información en este parámetro sobre el equipo analizado

JERARQUIZACIÓN DE EQUIPOS SEGÚN EL NIVEL DE CRITICIDAD PLANTA DE FUNDICIÓN										
No.	Código	Equipo	Frecuencia de Fallas	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de Mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	Nivel de Criticidad	Nivel de Criticidad
8	F010	CENTRIFUGADORA INDEPENDIENTE (ESPECIALES)	3	7	2	2	8	24	72	MC
4	F006	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	3	7	2	1	8	23	69	MC
10	F012	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	3	7	2	1	8	23	69	MC
18	F020	HORNO CUBILOTE 1	3	7	2	1	8	23	69	MC
45	F055	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	3	7	2	1	8	23	69	MC
47	F057	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	3	7	2	1	8	23	69	MC
56	F069	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	3	7	2	1	8	23	69	MC
62	F075	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	3	7	2	1	8	23	69	MC
59	F072	TURBINA HORNO GRANDE	2	7	4		3	31	62	MC
25	F030	TURBINA ENFRIAMIENTO COQUILLAS	3	4	4		3	19	57	MC
26	F031	ELEVADOR DE MATERIAL (Malacate)	3	7	2		3	17	51	MC
21	F024	TANQUE MEZCLADOR E INYECTOR GRANDE	2	10	2	1	3	24	48	MC
22	F025	TANQUE MEZCLADOR E INYECTOR DE MEDIANO	2	10	2	1	3	24	48	MC
5	F007	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2	1	8	23	46	MC
13	F013	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2	1	8	23	46	MC
12	F014	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2	1	8	23	46	MC
13	F015	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2	1	8	23	46	MC
14	F016	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2	1	8	23	46	MC
15	F017	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2	1	8	23	46	MC
16	F018	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2	1	8	23	46	MC
17	F019	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2	1	8	23	46	MC
19	F021	HORNO CUBILOTE 2	2	7	2	1	8	23	46	MC
37	F047	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2	1	8	23	46	MC
53	F066	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL (PROYECTO UNAL)	2	7	2	1	8	23	46	MC
38	F048	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2		8	22	44	MC
40	F050	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2		8	22	44	MC
41	F051	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2		8	22	44	MC
43	F053	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2		8	22	44	MC
46	F056	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2		8	22	44	MC
55	F068	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	2	7	2		8	22	44	MC
2	F002	BOMBA DE AGUA FUNDICIÓN	4	4	2	1	1	10	40	MC
23	F026	BASCULA MECÁNICA ANÁLOGA	2	4	4	1	1	18	36	NC

33	F042	ESMERIL	3	4	2	1	3	12	36	NC
51	F064	TANQUE MEZCLADOR E INYECTOR DE PEQUEÑO	2	7	2	1	3	18	36	NC
52	F065	HORNO PARA FUNDIR BRONCE Y ALUMINIO	2	7	2		3	17	34	NC
64	F077	TURBINA HORNO PEQUEÑO	1	7	4		3	31	31	NC
32	F038	TRITURADORA DE PIEDRA	2	4	2	1	3	12	24	NC
58	F071	HORNO CUBILOTE 3	1	7	2	2	8	24	24	NC
3	F005	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	1	7	2	1	8	23	23	NC
6	F008	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	1	7	2	1	8	23	23	NC
7	F009	CENTRIFUGADORA INDEPENDIENTE (ALLEN)	1	7	2	1	8	23	23	NC
9	F011	CENTRIFUGADORA INDEPENDIENTE (ESPECIALES)	1	7	2	1	8	23	23	NC
29	F034	TANQUE MEZCLADOR DE PINTURA	1	7	2	1	8	23	23	NC
35	F045	CENTRIFUGADORA ESPECIALES	1	7	2	1	8	23	23	NC
39	F049	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	1	7	2	1	8	23	23	NC
42	F052	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	1	7	2	1	8	23	23	NC
20	F023	HORNILLO DE CARBÓN	2	4	2		3	11	22	NC
27	F032	GRÚA DE PARTIR HIERRO	2	4	2		3	11	22	NC
44	F054	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	1	7	2		8	22	22	NC
48	F058	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	1	7	2		8	22	22	NC
54	F067	CENTRIFUGADORA DE TAPAS COQUILLAS	1	7	2		8	22	22	NC
60	F073	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	1	7	2		8	22	22	NC
61	F074	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	1	7	2		8	22	22	NC
63	F076	CENTRIFUGADORA INDIVIDUAL	1	7	2		8	22	22	NC
24	F029	TURBINA ENFRIAMIENTO COOPER	1	4	4		3	19	19	NC
28	F033	MEZCLADOR DE ARENA	2	4	2		1	9	18	NC
31	F037	MOLINO DE MARTILLOS	2	4	2		1	9	18	NC
49	F059	BASCULA ELECTRÓNICA (PRO 1500)	1	4	4	1	1	18	18	NC
34	F044	BÁSCULA MECÁNICA (del patio de fundición)	1	4	4		1	17	17	NC
57	F070	BASCULA MECÁNICA P-500FC	1	4	4		1	17	17	NC
50	F062	CARRO PARA TRANSPORTE DE MATERIAL FUNDIDO	1	7	2		1	15	15	NC
36	F046	GRÚA DIFERENCIAL	1	4	2		3	11	11	NC
30	F035	MEZCLADOR DE ARENA DE PALETAS	1	4	2	1	1	10	10	NC
1	F001	BOMBA APAGA CHISPAS	1	1	2	1	1	4	4	NC

JERARQUIZACIÓN DE EQUIPOS SEGÚN EL NIVEL DE CRITICIDAD ÁREA DE MANTENIMIENTO										
No.	Código	Equipo	Frecuencia de Fallas	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de Mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	Nivel de Criticidad	Nivel de Criticidad
10	X010	TORNO PARALELO CON COPA	4	4	2	1	3	12	48	MC
2	X002	EQUIPO DE SOLDADURA ELÉCTRICA	2	4	4	1	3	20	40	MC
6	X006	PRENSA HIDRÁULICA	2	4	4	1	3	20	40	MC
8	X008	TALADRO RADIAL	2	4	2	1	3	12	24	NC
1	X001	EQUIPO DE SOLDADURA AUTÓGENA	1	4	4		3	19	19	NC
14	X014	EQUIPO DE SOLDADURA ELÉCTRICA TIPO TRANSFORMADOR	1	4	4		3	19	19	NC
12	X012	CIZALLA PARA LAMINA	1	4	3		3	15	15	NC
13	X013	BANCO DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO.	1	4	3		1	13	13	NC
3	X003	ESMERIL	1	4	2	1	3	12	12	NC
4	X004	FRESADORA UNIVERSAL	1	4	2	1	3	12	12	NC
7	X007	SEGUETA MECÁNICA	1	4	2	1	3	12	12	NC
9	X009	TALADRO ÁRBOL	1	4	2	1	3	12	12	NC
11	X011	TORNO PARALELO CON COPA	1	4	2	1	3	12	12	NC
5	X005	LIMADORA	1	4	2		3	11	11	NC

JERARQUIZACIÓN DE EQUIPOS SEGÚN EL NIVEL DE CRITICIDAD AUXILIARES										
No.	Código	Equipo	Frecuencia de Fallas	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de Mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	Nivel de Criticidad	Nivel de Criticidad
8	T008	MONTACARGAS DE UÑAS	4	7	4	2	3	33	132	C
5	T005	COMPRESOR DE PISTÓN	3	7	2	1	7	22	66	MC
6	T006	COMPRESOR DE PISTÓN	2	7	2	1	7	22	44	MC
1	T001	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	2	7	2	1	3	18	36	NC
7	T007	COMPRESOR DE PISTÓN	1	7	2	1	7	22	22	NC
10	T016	COMPRESOR DE PISTONES	1	7	2	1	7	22	22	NC
11	T017	COMPRESOR DE ESPECIALES	1	7	2		7	21	21	NC
2	T002	PLANTA ELÉCTRICA	1	7	2	2	3	19	19	NC
3	T003	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	1	7	2		3	17	17	NC
9	T009	PLANTA PARA TRATAMIENTO DE AGUA	1	4	2	1	8	17	17	NC

Anexo D. Análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto

AMEF procedimiento para su elaboración

FORMATO	DESCRIPCIÓN
PROCESO	Registrar el nombre del proceso u operación sobre el cual se está haciendo el análisis.
FUNCIÓN PROCESO	Dar una descripción breve de la función del proceso analizado, anotando las principales etapas del proceso y su función correspondiente.
MODO DE FALLA	Manera en que el proceso (sistema, componente) podría potencialmente fallar en el cumplimiento de requerimientos
EFFECTO DE FALLA	Suponiendo que la falla ha ocurrido, en esta etapa se deben describir todos los efectos potenciales de los modos de falla señalados en el paso previo. ¿Qué ocasionará?
SEVERIDAD	La severidad de los efectos potenciales de falla se evalúa en una escala del 1 al 10 y representa la gravedad de la falla para el cliente o para una operación posterior
CAUSA DE FALLA	Hacer una lista de todas las posibles causas para cada modo potencial de falla. Entendiendo como causa de falla a la manera como podría ocurrir la falla.
OCURRENCIA	Frecuencia con la que se espera ocurra la falla debido a cada una de las causas potenciales listadas
CONTROL ACTUAL DE DETECCIÓN	Hacer una lista de los controles actuales del proceso
DETECCIÓN	Con una escala del 1 al 10, estimar la probabilidad de que los controles, detecten la falla
NPR	Producto de los rangos de severidad, ocurrencia y detección $NPR = (S) \times (O) \times (D)$
ACCIONES RECOMENDADAS	Descripción de las acciones correctivas recomendadas para los NPR más altos
RESPONSABLE	Especificar el área y personas responsables de la ejecución de las acciones recomendadas

Criterios de evaluación sugeridos para la severidad del efecto

EFECTO	EFECTO EN EL CLIENTE/ MANUFACTURA		CALIFICACIÓN
SEVERIDAD			
Peligroso sin aviso	Calificación de severidad muy alta cuando un modo potencial de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental, sin aviso	Puede exponer al peligro al operador (maquina) sin aviso	10
Peligroso con aviso	Calificación de severidad muy alta cuando un modo potencial de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental, con aviso	Puede exponer al peligro al operador (maquina) con aviso	9
Muy alto	El producto es inoperable (perdida de la función primaria)	El 100% del producto puede tener que ser desechado	8
Alto	El producto es operable pero con un reducido nivel de desempeño. Cliente muy insatisfecho	El producto tiene que ser seleccionado y una parte desechada o reparada en un tiempo y costo muy alto	7
Moderado	Producto operable pero cliente insatisfecho	Una parte del producto puede tener que ser desechado, sin selección o reparado con un costo y un tiempo muy alto	6
Bajo	Producto operable a niveles de desempeño bajos	El 100% del producto puede tener que ser retrabajado o reparado fuera de línea	5
Muy bajo	No se cumple con el ajuste, acabado. Defecto notado por el 75% de los clientes	El producto puede tener que ser seleccionado, sin desecho y una parte retrabajada	4
Menor	No se cumple con el ajuste, acabado. Defecto notado por el 50% de los clientes	El producto puede tener que ser retrabajado, sin desecho, en línea pero fuera de la estación	3
Muy menor	No se cumple con el ajuste, acabado. Defecto notado por clientes muy críticos	Ligero inconveniente para la operación u operador, sin efecto	2
Ninguno	Sin efecto perceptible		1

Criterios de evaluación sugeridos para la ocurrencia

OCURRENCIA		
Remota	Falla improbable. No existe fallas asociadas con este proceso o con un producto casi idéntico	1
Muy poca	Solo fallas aisladas asociadas con este proceso o con un procesos casi idéntico	2
Poca	Fallas aisladas con procesos similares	3
Moderada	Este procesos o uno similar ha tenido fallas ocasionales	4
Alta	Este proceso o uno similar han fallado a menudo	5
Muy alta	La falla es casi inevitable	6


Criterios de evaluación sugeridos para la detección

DETECCIÓN		
Alta	El defecto es una característica funcionalmente obvia	1
Medianamente alta	Es muy probable detectar la falla. El defecto es una característica obvia	2
Baja	El defecto es una característica fácilmente identificable	6
Muy baja	No es fácil detectar la falla por métodos usuales o pruebas manuales	9
Improbable	La característica no se puede recheckar fácilmente en el proceso	10

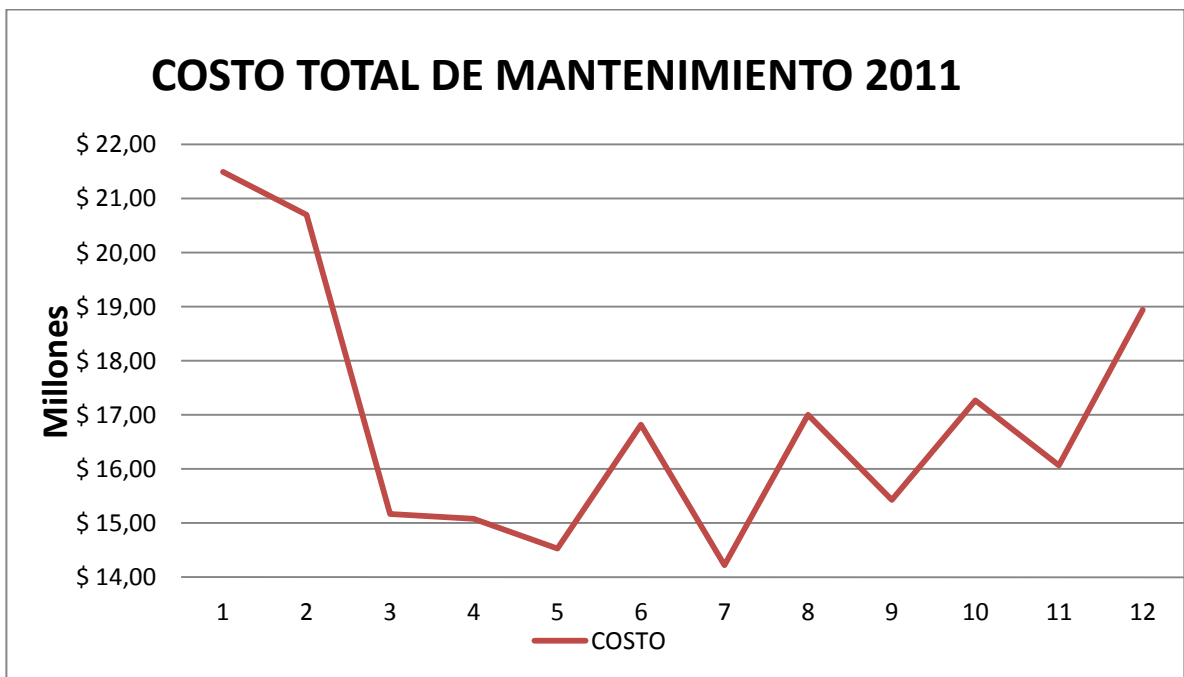
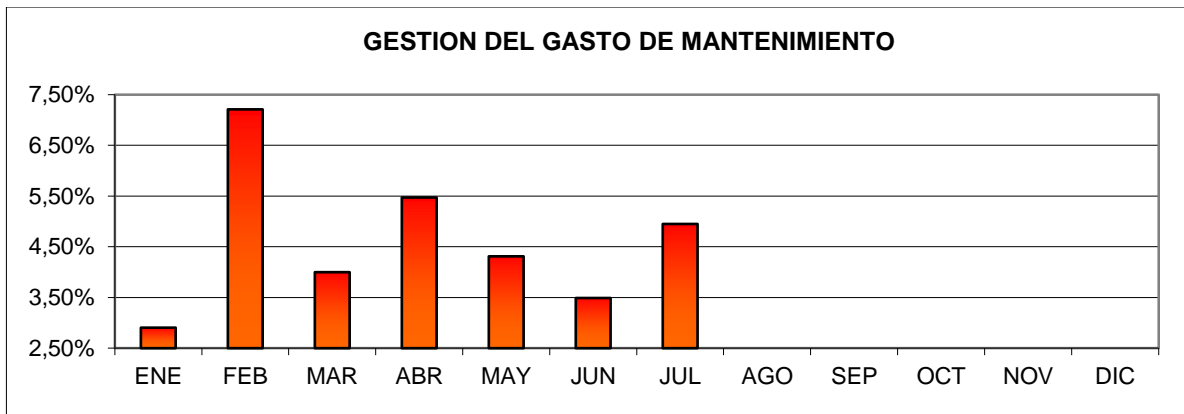
ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LA FALLA POTENCIAL										
Nombre de la pieza o proceso: Sistema de aire comprimido					Área responsable: MECANIZADO					Fecha: 25 de junio de 2012
Descripción del proceso		Modo de falla potencial	Efecto de falla	Severidad	Causa potencial de falla	Ocurrencia	Controles actuales	Detección	NPR	Acciones recomendadas
Identificación	Función									
Red de aire comprimido	Alimentar las bruñidoras	Bruñido inapropiado	El lote que se procesa queda incompleto, mayor tiempo de operación, re trabajo de la pieza, Mayor tiempo de operación	6	Caída de presión	7		2	84	Cambio del diámetro de la tubería que alimenta las bruñidoras
					Contaminación de la red hacia los componentes de las maquinas	8	Trampas de agua	6	288	
					Paro de máquinas durante la jornada de trabajo por fugas	5	Espera del operario hasta que cargan los compresores	2	0	
	presurizar los tanques de inyección de pintura	Aspersión incorrecta, flujo variable de pintura	Retrasos, mayor tiempo de operación, baja eficiencia, mayor variabilidad en la dureza de los tubos	7	Caída de presión	7	Defecto Fundición	2	98	Cambio de tanques y boquillas para la operación de inyección del material refractario, Cambio de diámetro de tubería en los tanques
					Diseño inapropiado de la red de aire comprimido	6		2	84	
					Detención de la operación	5	Defecto Fundición, calibración por parte del operario	6	210	
					Fugas de aire	7	mantenimiento máquina	2	98	
	Sala de compresores	Generar la demanda de aire necesaria para todos los equipos de la empresa	Parada de maquinas	Mayor tiempo de operación, baja eficiencia, fractura de la pieza	6	Costos de energía elevados	8		2	96
						6		2	72	
Selección inadecuada de los equipos						8		2	96	
Mantenimiento prolongados						7	Conexión de compresor auxiliar	2	84	
Desgaste de componentes						5		6	180	

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LA FALLA POTENCIAL										
Nombre de la pieza o proceso: Agitado e inyección de pintura refractaria					Área responsable: FUNDICIÓN					Fecha: 26 de junio de 2012
descripción del proceso		Modo de falla potencial	Efecto de falla	Severidad	Causa potencial de falla	Ocurrencia	controles actuales	Detección	NPR	Acciones recomendadas
identificación	Función									
Preparación pintura	Revestir la coquilla con material refractario	Recipiente para la preparación	contaminación de la pintura	8	contaminación por oxidación, corrosión, erosión del recipiente utilizado para la preparación					Cambio de recipiente
		Mezclador	Variabilidad en el comportamiento de la densidad y viscosidad de la mezcla que dificulta la extracción de los tubos colados	9	No se aprovechan la propiedades del refractario, causa problemas cuando se retira el tubo del molde	4	Procedimiento mezcla	9	324	Inclusión de nuevos Formatos, procedimientos, equipos de control
Revestido de moldes metálicos "coquillas"	Proteger los moldes, generar producto de calidad.	Sala de compresores	Presión insuficiente para la inyección de la pintura	9	Trazado de la red de aire inapropiado	4				Cambio de las tuberías de la red a un diámetro mayor
		Pistolas de inyección	Atomización inadecuada de la pintura		Diseño inapropiado, recubrimiento insuficiente e inapropiado					Adaptación de boquillas adecuadas para el proceso
		Tanque agitador e inyector	Recipiente deteriorado, inapropiado para función, inseguro	Materia prima inapropiada	8	1	Análisis de materia prima	1	8	Proveedores garantizados
				Mezcla inapropiada	8	1	Operario	1	8	Comunicar Know-how/ cambio de los tanques
			Poros, Dureza							

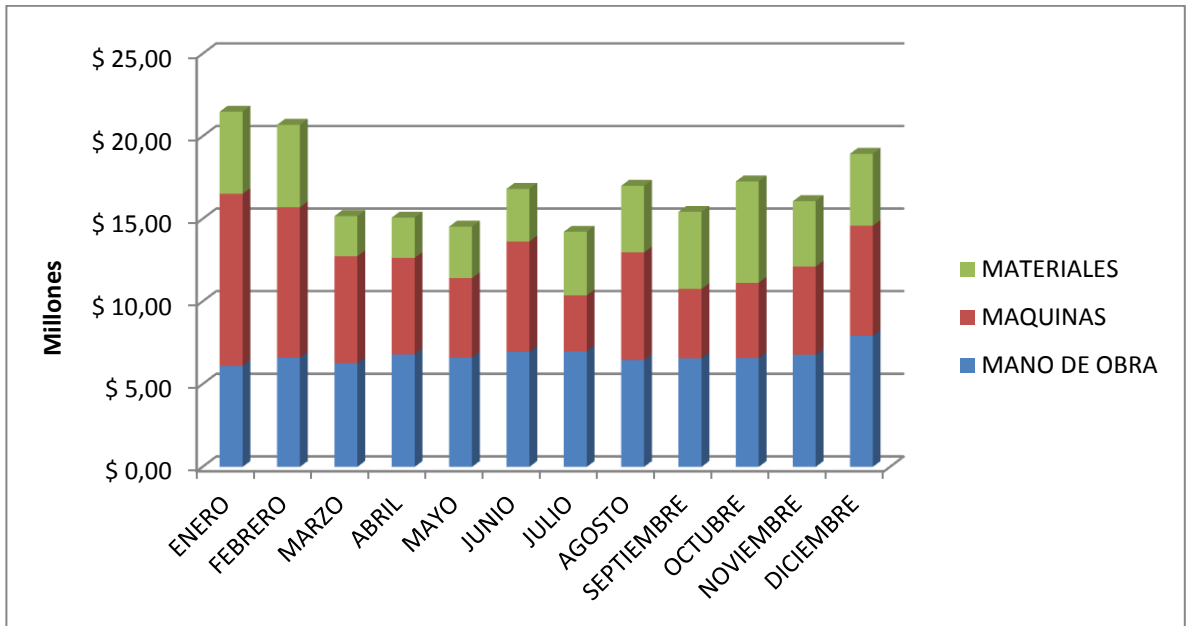
Anexo E. Evaluación, formulación y planteamiento de índices y procedimiento de control en las actividades de mantenimiento

																	
INDICADOR	DESEMPEÑO				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
	Superior	Normal	Bajo														
Confiabilidad de Equipos	Más de 99,5%	Entre 99% y 99,5%	Menos de 99%	DESEM P.	99.24%	97.70%	98.57%	94.91%	98.60%	99.68%	99.41%	97.19%				99.52%	98.31%
				CALIFIC.	80.00%	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%	100.00%	80.00%	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%	100.00%
Disponibilidad Programada en Planta	Más de 99,5%	Entre 99% y 99,5%	Menos de 99%	DESEM P.	99.98%	99.94%	99.96%	99.93%	99.98%	99.99%	100.00%	99.94%				99.73%	99.94%
				CALIFIC.	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	40.00%	40.00%	40.00%	100.00%	85.00%
Gestión del gasto del proceso de Mtto	Menos de 6%	Entre 6% y 8%	Más de 8%	DESEM P.	2.90%	7.21%	4.00%	5.47%	4.31%	3.49%	4.95%					3.49%	4.48%
				CALIFIC.	100.00%	80.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO 2011




Este un resumen del comportamiento de los costos en todo el año 2011, donde se aprecia que el mes de julio fue el que tuvo los menores costos



Costos totales por mes en cada uno de las tres fases de su análisis: Mano de obra, Maquinas y Materiales.

Indicadores de mantenimiento 2012

																			
NOMBRE DEL INDICADOR	FORMULA	META	DESEMPEÑO				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
			Superior	Normal	Bajo														
Pérdidas de tiempo en producción por paros de máquinas no programadas	Σ cantidad de horas de parada requeridas en la atención de mantenimiento correctivo por periodo	70 horas	Menos de 70	Entre 70 y 80	Más de 80	CANT	58.0	40.5	32.5	35.0	34.0	49.1	45.0	32.00 %					
						CALIFIC.	100.00%	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %					
Numero de órdenes de trabajo para mantenimiento correctivo	Σ cantidad de Órdenes de Trabajo para reparación de máquinas siempre y cuando impliquen parada de máquina por periodo.	12	Menos de 12	Entre 12 y 17	Más de 17	CANT	17.0	19.0	9.0	11.0	9.0	10.0	8.0	12.00 %					
						CALIFIC.	80.00%	40.00%	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %					
Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo	Σ cantidad de chequeos ejecutados en el periodo	90%	Más de 95%	Entre 95% y 90%	Menos de 90%	DESEMP.	100.00%	100.00 %	100.00 %	84.00 %	87.00 %	100.00 %	100.00 %	200.00 %					
	Total de chequeos programadas en el periodo					CALIFIC.	100.00%	100.00 %	100.00 %	40.00 %	80.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %					

	Σ cantidad de actividades preventivas ejecutados en el periodo	90%	Más de 95%	Entre 95% y 90%	Menos de 90%	DESEMP.	200.00%	240.00%	50.00%	160.00%	500.00%	250.00%	200.00%	300.00%					
	Total de mts preventivos programados en el periodo					CALIFIC.	100.00%	100.00%	40.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		
Disponibilidad programada en planta	Σ cantidad de horas reales de producción por periodo (Horas Operativas)	Más de 99,5%	Más de 99,5%	Entre 99% y 99,5%	Menos de 99%	DESEMP.	99.81%	99.70%	99.83%	99.93%	99.84%	99.62%	99.92%	99.93%					
	Σ Horas operativas + Σ horas de fallo					CALIFIC.	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		
Gestión del gasto del proceso mantenimiento	Σ Total gastos insumos, accesorios, material fabricación y herramientas y mano de obra para la gestión del mantenimiento por periodo.	Menos de 6%	Menos de 6%	Entre 6% y 8%	Más de 8%	DESEMP.	3.51%	3.72%	3.67%	3.96%	3.90%	5.13%	3.48%	6.23%					
	Total gastos de la empresa del periodo					CALIFIC.	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	80.00%			

Objetivos de los nuevos indicadores de mantenimiento

OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	FORMULA	FRECUENCIA	META	RESPONSABLE	HERRAMIENTA O MEDIO
Mide los gastos totales de mano externa como contratación eventual y/o gastos de mano de obra proporcional a los servicios de contratos permanentes, y la mano de obra total empleada en los servicios, durante el periodo considerado.	MANO DE OBRA EXTERNA	CMOC = Costo de mano de obra externa. CMOC = Costo de mano de obra contratada. CMOP = Costo de mano de obra permanente. (Contratada y directa)	Mensual			Base de datos de mantenimiento archivo en Excel
		$CMOE = \frac{(Totalidad)CMOC}{(Totalidad)(CMOC + CMOP)}$				
Pone en manifiesto el grado de utilización de técnicas preventivas frente a las correctivas	COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR MANTENIMIENTOS TOTALES	CTM = Costo total de mantenimiento (Preventivo + Correctivo).	Mensual		Director de mantenimiento	Base de datos de mantenimiento archivo en Excel
		$CPTC = \frac{CT}{CTM}$				
Mide la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriament	FIABILIDAD	HROP = Horas de Operación. ΣNT FALLAS = Numero de fallas detectadas.	Mensual			Base de datos de mantenimiento archivo en Excel

e las funciones para que fue diseñado, durante el periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones de operación dada		$TPEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$			
Mide la probabilidad de que un equipo en estado de fallo, pueda ser reparado a una condición especificada en un periodo de tiempo dado, y usando unos recursos determinados.	MANTENIBILIDAD	<p>TTF = Tiempo total en reparación por fallas. $\sum N$ TFALLAS = Número total de fallas.</p> $TPPR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$	Mensual		Base de datos de mantenimiento archivo en Excel
Mide la probabilidad de que una máquina esté preparada para producción en un periodo de tiempo determinado, o sea que no esté parada por averías o ajustes	DISPONIBILIDAD	<p>TPEF = Tiempo medio entre fallas. TPPR = Tiempo promedio de reparación.</p> $D = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR}$	Mensual		Base de datos de mantenimiento archivo en Excel

Formatos de Excel para registro de fallas

INDICADORES DE MANTENIMIENTO Y CONTROL DE FALLAS

1. [CONSULTAS](#)
2. [ene-13](#)
3. [feb-13](#)
4. [mar-13](#)
5. [abr-13](#)
6. [may-13](#)
7. [jun-13](#)
8. [jul-13](#)
9. [ago-13](#)
10. [sep-13](#)
11. [oct-13](#)
12. [nov-13](#)
13. [dic-13](#)
14. [TOTALES](#)
15. [DESCRIPCIÓN DE FALLO ENERO 2013](#)
16. [DESCRIPCIÓN DE FALLO FEBRERO 2013](#)
17. [DESCRIPCIÓN DE FALLO MARZO 2013](#)
18. [DESCRIPCIÓN DE FALLO ABRIL2013](#)
19. [DESCRIPCIÓN DE FALLO MAYO 2013](#)
20. [DESCRIPCIÓN DE FALLO JUNIO 2013](#)
21. [DESCRIPCIÓN DE FALLO JULIO 2013](#)
22. [DESCRIPCIÓN DE FALLO AGOSTO 2013](#)
23. [DESCRIPCIÓN DE FALLO SEPTIEMBRE 2013](#)
24. [DESCRIPCIÓN DE FALLO OCTUBRE 2013](#)
25. [DESCRIPCIÓN DE FALLO NOVIEMBRE 2013](#)
26. [DESCRIPCIÓN DE FALLO DICIEMBRE 2013](#)
27. [DESCRIPCIÓN DE FALLAS TOTALES 2013](#)
28. [INFORMACION ADICIONAL DE CONSULTA](#)
29. [NOTAS](#)

2. INSTRUCTIVO PARA EL MANEJO DE LOS INDICADORES DE MANTENIMIENTO

2.1 REGISTROS DE LOS INDICADORES DE MANTENIMIENTO

2.1.1 Indicadores principales. Los indicadores de Mantenibilidad, disponibilidad y fiabilidad manejan Tiempo en horas, estos tiempos se obtienen de la siguiente manera:

T FALLAS. Hace referencia al número de fallas totales que presenta el equipo/máquina durante el intervalo de tiempo de control (el mes analizado para cada máquina), estas fallas registradas en las ordenes de mantenimiento son las que se deben ingresarse en la hoja de Excel, todas las fallas que presente la máquina durante el mes analizado se deben digitar en el formato.

TTF y TPPR. Hacen referencia al tiempo que nos demande repara la falla que presento el equipo, este tiempo se saca de las ordenes de mantenimiento, cuando el operario de la maquina tiene la maquina lista para operar nuevamente, el dictamina el tiempo real que duro la falla desde que se presentó hasta que se arregló.

TPEF y HROP. Hacen referencia al tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad, sin interrupciones dentro de un periodo considerado de estudio, es decir es el tiempo de operación de la maquina en el mes analizado, este tiempo lo entrega el coordinador de cada planta ya que ellos son los encargados de designar lo que cada máquina va a trabajar.

Para los equipos de mantenimiento como tornos, prensa, fresadora, etc., y los equipos auxiliares como compresores, plantas eléctricas, etc., deben ser dictados por los operadores de estos equipos.

En el área de mantenimiento no se usan todo el tiempo estos equipos así que ellos deben dictar estos tiempos y es mejor tener un control diario de ellos para garantizar el tiempo real de operación de los mismos.

Los equipos como compresores y plantas eléctricas deben ser dictados por el señor Abrahán que es el encargado de los mismos. Para otros equipos se le preguntara al operario encargado.

Para llevar un orden de estos tiempo es bueno crear una hoja de Excel aparte para registrar los tiempos en los equipos de mantenimiento ya que estos son muy variados, estos equipos estan destinados a operaciones generales de todo tipo, por eso su control es más dispendioso, y diligente, recomendación para la toma de estos tiempos diligenciar el formato impreso para los equipos del área de mantenimiento y que el operario lo llene diariamente, este formato sea recogido en horas de la mañana o al finalizar el turno para su respectiva digitación en los formatos de Excel.

En los equipos auxiliares como compresores y plantas si se podría decir que los tiempos de operación son estables, varían de acuerdo a los turnos de programación y horas extras programadas. Para el registro de estos tiempos se tomara el tiempo dictado por el encargado de prenderlos y apagarlos; y se le adicionara cuando se trabajen los días domingos y festivos y las horas extras, se tiene que ser muy diligente para estos equipos. Recomendación para la toma de

estos tiempos diligenciar el formato impreso designado para los equipos auxiliares, y que el operario lo llene diariamente, este formato sea recogido en horas de la mañana o al finalizar el turno para su respectiva digitación en los formatos de Excel.

Nota: los formatos para el control de tiempos de utilización de los equipos de mantenimiento y los equipos auxiliares se encuentran en la carpeta de manejo de indicadores de mantenimiento. El código que aparece en el este formato como “código formato” utiliza la siguiente nomenclatura: X-01-13 y T-01-13. La letra X y la letra T hacen referencia a la letra inicial del código con que se identifican estos equipos, X para los equipos de mantenimiento y T para el equipo que son auxiliares, pero se conocen como equipos de empresa. El “01” hace referencia al mes de registro y el “13” hace referencia al año que se está trabajando. Estos valores cambian de acuerdo al mes y año que se trabaje.

Este formato debe cambiarse mes a mes, y se debe llenar diariamente, los días que no se llenan se asumen como días que no se trabaja con estos equipos.

2.1.2 Principales indicadores de gestión de mantenimiento.

- **Disponibilidad.** Es el indicador principal en gestión de mantenimiento, pues afecta directamente el tiempo de producción. Se define como la probabilidad de que el equipo se encuentre listo para operar en un periodo de tiempo determinado.

Matemáticamente se define como:

$$D = \frac{T_o}{T_o + T_p}$$

Dónde:

To =Tiempo total de operación.

Tp= Tiempo total de parada por fallas en la máquina.

Los tiempos de parada programados por mantenimiento preventivo no son tomados en cuenta. Esto se debe a que es imposible programar mantenimiento preventivo y esperar que el equipo opere al mismo tiempo. En otras palabras, el periodo de tiempo determinado del cual se habla en la definición de disponibilidad no puede entrar en colisión con un mantenimiento preventivo.

Una definición más práctica utiliza los tiempos medios entre fallas del equipo:

$$D = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR}$$

Dónde:

TPEF = Tiempo medio entre fallas.

TPPR = Tiempo promedio de reparación.

- **Fiabilidad o Confiabilidad.** Se define como la probabilidad de que una maquina realice sus funciones durante un periodo de tiempo determinado y bajo ciertas condiciones de operación determinadas. Para medirlo numéricamente, se utiliza el concepto de tiempo promedio entre fallas (TPEF).

$$TPEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$$

Dónde:

HROP = Horas de Operación.

NT FALLAS = Numero de fallas detectadas.

Este concepto mide la cantidad de horas que puede trabajar correctamente y sin interrupciones, durante un periodo de estudio determinado.

- **Mantenibilidad.** La mantenibilidad determina la probabilidad de que un equipo que acaba de experimentar una falla, pueda ser reparado hasta cierto punto dado, dentro de un lapso de tiempo determinado y con ciertos recursos. Dado que no tiene un valor numérico específico, se mide utilizando el concepto de tiempo promedio para reparación (TPPR).

$$TPPR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$$

Dónde:

TTF = Tiempo total en reparación por fallas.

NT FALLAS = Número total de fallas.

CÓDIGO	TTF	# T FALLAS	MANTENIBILIDAD	TPEF	TPPR	DISPONIBILIDAD	HROP	# T FALLAS	FIABILIDAD	CT	CTM	CPTC	CMOC	CMOP	CMOE
M017			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M018			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M054			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M055			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M004			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M010			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M012			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M031			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M032			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M038			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M009			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M019			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M020			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M021			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M024			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M025			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M026			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M028			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M030			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M033			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M034			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M035			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M039			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M041			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M047			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M003			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M057			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M058			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
M011			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!

M042			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!
M043			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!
M001			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!
M002			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!
M037			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!
M007			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!
M005			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!
M008			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!
M022			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!
M045			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!
M046			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!
M016			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!
M027			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!
M029			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!
M036			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!
M050			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!
M052			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!
M053			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!
M015			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!			#i DIV/0!

Formato para graficar los resultados de los indicadores

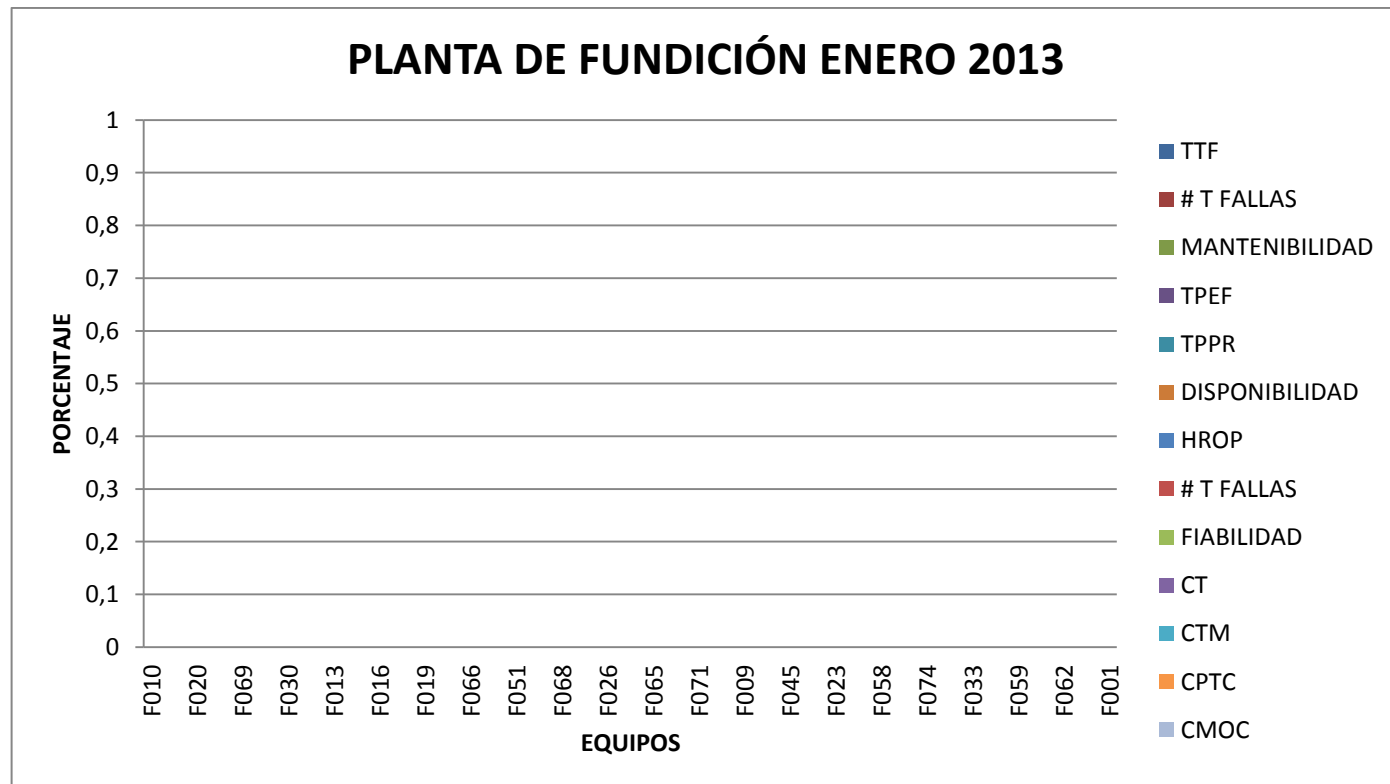


CÓDIGO	TTF	# T FALLAS	MANTENIBILIDAD	TPEF	TPPR	DISPONIBILIDAD	HROP	# T FALLAS	FIABILIDAD	CT	CTM	CPTC	CMOC	CMOP	CMOE
F010			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F006			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F012			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F020			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F055			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F057			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F069			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F075			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F072			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F030			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F031			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F007			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F013			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F014			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F015			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F016			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F017			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F018			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F019			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F021			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F047			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F066			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F048			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F050			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F051			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F053			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F056			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F068			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F002			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!

F024			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F026			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F042			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F064			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F065			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F077			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F038			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F071			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F005			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F008			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F009			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F011			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F034			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F045			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F049			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F052			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F023			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F032			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F054			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F058			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F067			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F073			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F074			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F076			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F029			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F033			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F037			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F025			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F059			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F044			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F070			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!

F062			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F046			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F035			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
F001			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!

Formato para graficar los resultados de los indicadores



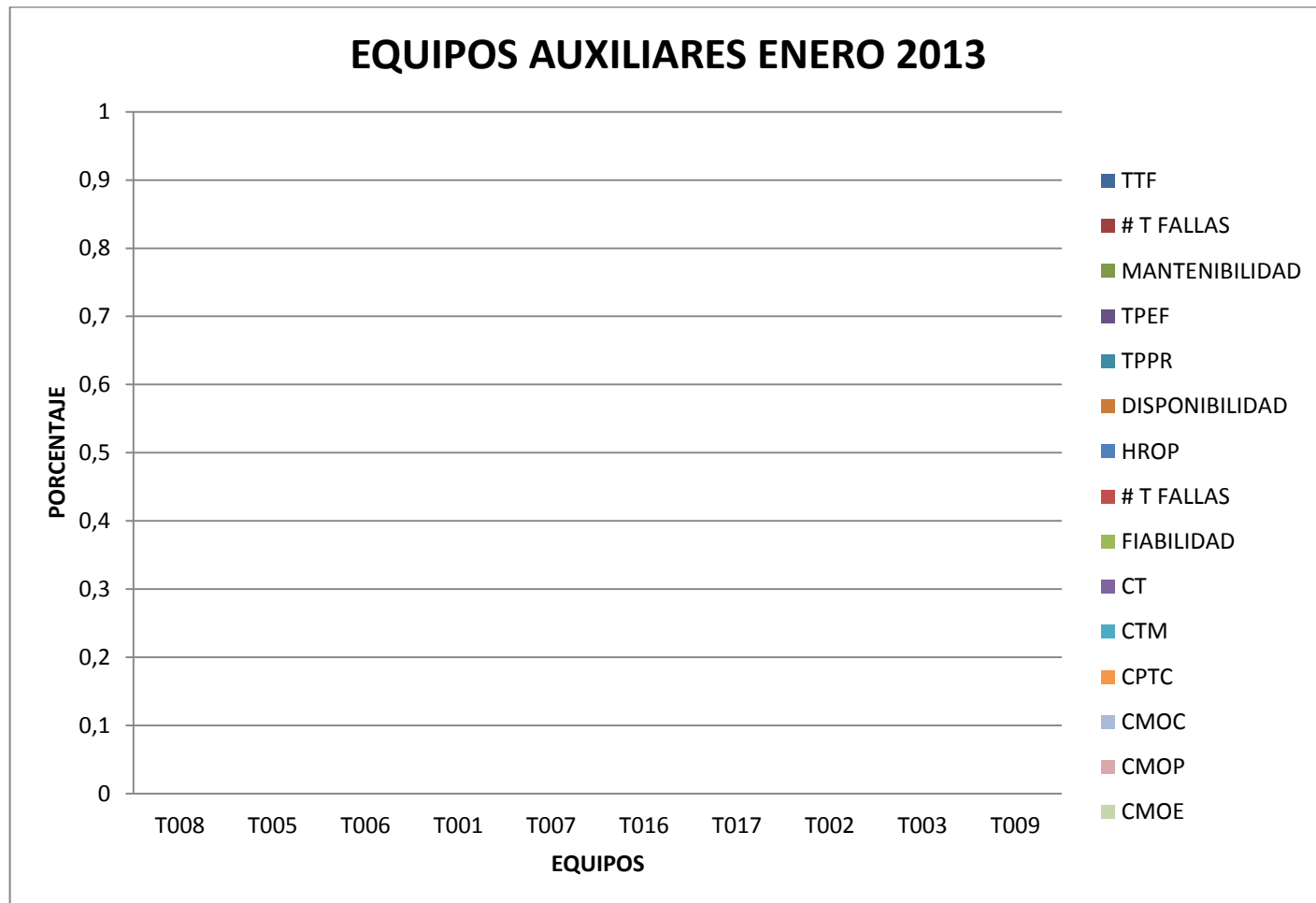
CÓDIGO	TTF	# T FALLAS	MANTENIBILIDAD	TPEF	TPPR	DISPONIBILIDAD	HROP	# T FALLAS	FIABILIDAD	CT	CTM	CPTC	CMOC	CMOP	CMOE
X010			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
X002			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
X006			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
X008			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
X001			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
X014			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
X012			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
X013			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
X003			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
X004			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
X007			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
X009			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
X011			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
X005			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!

CÓDIGO	TTF	# T FALLAS	MANTENIBILIDAD	TPEF	TPPR	DISPONIBILIDAD	HROP	# T FALLAS	FIABILIDAD	CT	CTM	CPTC	CMOC	CMOP	CMOE
T008			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
T005			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
T006			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
T001			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
T007			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
T016			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
T017			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
T002			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
T003			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!
T009			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!			#iDIV/0!

Formato para graficar los resultados de los indicadores



Formato para graficar los resultados de los indicadores



Formato para la descripción y tiempos de reparación de fallas

FECHA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	TIEMPO DE DURACIÓN
	M017		
	M018		
	M054		
	M055		
	M004		
	M010		
	M012		
	M031		
	M032		
	M038		
	M009		
	M019		
	M020		
	M021		
	M024		
	M025		
	M026		
	M028		
	M030		
	M033		
	M034		
	M035		
	M039		
	M041		
	M047		
	M003		
	M057		
	M058		
	M011		
	M042		
	M043		
	M001		
	M002		
	M037		
	M007		
	M005		
	M008		
	M022		
	M045		
	M046		
	M016		
	M027		
	M029		
	M036		
	M050		
	M052		
	M053		
	M015		

	F010		
	F006		
	F012		
	F020		
	F055		
	F057		
	F069		
	F075		
	F072		
	F030		
	F031		
	F007		
	F013		
	F014		
	F015		
	F016		
	F017		
	F018		
	F019		
	F021		
	F047		
	F066		
	F048		
	F050		
	F051		
	F053		
	F056		
	F068		
	F002		
	F024		
	F026		
	F042		
	F064		
	F065		
	F077		
	F038		
	F071		
	F005		
	F008		
	F009		
	F011		
	F034		
	F045		
	F049		
	F052		
	F023		
	F032		
	F054		
	F058		

	F067		
	F073		
	F074		
	F076		
	F029		
	F033		
	F037		
	F025		
	F059		
	F044		
	F070		
	F062		
	F046		
	F035		
	F001		
	X010		
	X002		
	X006		
	X008		
	X001		
	X014		
	X012		
	X013		
	X003		
	X004		
	X007		
	X009		
	X011		
	X005		
	T008		
	T005		
	T006		
	T001		
	T007		
	T016		
	T017		
	T002		
	T003		
	T009		

3. INSTRUCTIVO PARA EL MANEJO DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO

3.1 REGISTROS DE LOS INDICADORES DE MANTENIMIENTO

3.1.1 Indicadores secundarios. Los indicadores de Costos de mano de obra externa y costos por mantenimiento preventivo manejan los datos en valores numéricos de dinero, estos costos se obtienen de la siguiente manera:

CMOC. Hace referencia a los costos de mano de obra externa. Esta información se obtiene de la factura de cobro o el sistema que se maneje con la empresa contratada para realizar este tipo de mantenimientos, en esta factura se debe indicar el valor de costo de la mano de obra ofrecida y será el que se digitara en la hoja de Excel del indicador a controlar.

CMOP. Hace referencia a los costos de mano de obra externa y directa de la empresa. Esta información se obtiene de la siguiente manera el costo de mano de obra externa como ya se explicó anteriormente y para la mano de obra directa de la empresa se hace con el salario del operario involucrado en el tiempo que dure su intervención, (el costo de salario en días u horas trabajada por el).

CT. Hace referencia a los costos por mantenimiento preventivo. Esta información se obtiene del formato de control de costos por mantenimiento que lleva en la hoja de Excel, este costo tiene asociado el valor de la mano de obra involucrada, el costo de los insumos, y si es caso el costo por producción que no se realiza debido a esta operación, (costo del producto no fabricado, salario en horas o días del operario a cargo de la máquina que se encuentra en mantenimiento).

CTM. Hace referencia al costo total del mantenimiento correctivo + el mantenimiento preventivo. Esta información se obtiene de como ya se explicó anteriormente para el mantenimiento preventivo, y para el mantenimiento correctivo, también se lleva un formato de hoja de Excel que tiene asociados los mismos ítems del mantenimiento preventivo, salvo que aquí los costos por producción no efectuada se deben a paradas no programadas. Esta información se digita en la hoja de Excel de los indicadores a controlar.

Adicionalmente en la hoja de Excel que llevara los registros de costos de mantenimiento, también esta una hoja para el control de costos de inventario de insumos y repuestos de almacén. Esta información es independiente de los costos de mantenimiento, pero fueron adicionados a esta hoja con el propósito de llevar un orden para el registro de las operaciones de mantenimiento asociadas a cada máquina y por ende los repuestos a utilizar, esto con el fin de no tener inventarios grandes de repuestos o insumos en el almacén, y por el contrario tener a la mano la información de estos insumos para la toma de decisiones en cuanto al manejo de proveedores, costos y tiempos de entrega o fabricación de dichos insumos.

Esta información debe ser llenada con base a los registros de mantenimiento y la información disponible de los inventarios de insumos en el almacén y los repuestos críticos a utilizar, para cada equipo.

3.2 INDICADORES SECUNDARIOS DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO

Para los indicadores de Costos de mano de obra externa y costos por mantenimiento preventivo se manejan los datos en valores numéricos de dinero; se debe hacer uso de la información registrada en el formato de Excel establecido para llevar el historial de estos costos mes a mes. Este formato debe ser

controlado y digitado según el historial de repuestos y fallos que presenten cada uno de los equipos.

- **Mano de Obra Externa.** Este indicador auxiliar determina la cantidad proporcional de dinero gastado en mano de obra externa por contratación eventual con respecto a la mano de obra por contratación permanente tanto interna como externa.

$$CMOE = \frac{(Totalidad)CMOC}{(Totalidad)(CMOC + CMOP)}$$

Dónde:

CMOE = Costo de mano de obra externa.

CMOC = Costo de mano de obra contratada.

CMOP = Costo de mano de obra permanente. (Contratada y directa)

- **Costo de Mantenimiento Preventivo por Mantenimientos Totales.** Ese indicador determina el dinero gastado en técnicas de mantenimiento preventivo con respecto al mantenimiento correctivo.

$$CPTC = \frac{CT}{CTM}$$

Dónde:

CPTC = Costo de mantenimiento preventivo por mantenimientos totales.

CT = Costo preventivo.

CTM = Costo total de mantenimiento (Preventivo + Correctivo).

CONTROL DE COSTOS PARA EL MANTENIMIENTO

CONTENIDO

MANTENIMIENTO PRVENTIVO

- 1 [ene-13](#)
- 2 [feb-13](#)
- 3 [mar-13](#)
- 4 [abr-13](#)
- 5 [may-13](#)
- 6 [jun-13](#)
- 7 [jul-13](#)
- 8 [ago-13](#)
- 9 [sep-13](#)
- 10 [oct-13](#)
- 11 [nov-13](#)
- 12 [dic-13](#)
- 13 [TOTAL 2013](#)

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

- 14 [01/01/2013 CORRECTIVO](#)
- 15 [01/02/2013 CORRECTIVO](#)
- 16 [01/03/2013 CORRECTIVO](#)
- 17 [01/04/2013 CORRECTIVO](#)
- 18 [01/05/2013 CORRECTIVO](#)
- 19 [01/06/2013 CORRECTIVO](#)
- 20 [01/07/2013 CORRECTIVO](#)
- 21 [01/08/2013 CORRECTIVO](#)
- 22 [01/09/2013 CORRECTIVO](#)
- 23 [01/10/2013 CORRECTIVO](#)
- 24 [01/11/2013 CORRECTIVO](#)
- 25 [01/12/2013 CORRECTIVO](#)
- 26 [TOTAL 2013 CORRECTIVO](#)

CONTROL DE COSTOS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

FECHA INICIO DE MANTENIMIENTO	FECHA DE ENTREGA	CÓDIGO	COSTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	OPERADOR(ES) QUE REALIZAN EL MANTENIMIENTO	COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA DE LA EMPRESA PARA EL MANTENIMIENTO	COSTO DE LA MANO DE OBRA EXTERNA PARA EL MANTENIMIENTO	COSTO DE INSUMOS UTILIZADOS PARA EL MANTENIMIENTO	DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN AFECTADA	COSTO DE PARADA PROGRAMADA (CANTIDAD DE PRODUCTO NO FABRICADO)
		M017								
		M018								
		M054								
		M055								
		M004								
		M010								
		M012								
		M031								
		M032								
		M038								
		M009								
		M019								
		M020								
		M021								
		M024								
		M025								
		M026								
		M028								
		M030								
		M033								
		M034								
		M035								
		M039								
		M041								

		M047								
		M003								
		M057								
		M058								
		M011								
		M042								
		M043								
		M001								
		M002								
		M037								
		M007								
		M005								
		M008								
		M022								
		M045								
		M046								
		M016								
		M027								
		M029								
		M036								
		M050								
		M052								
		M053								
		M015								
		F010								
		F006								
		F012								
		F020								

		F055								
		F057								
		F069								
		F075								
		F072								
		F030								
		F031								
		F007								
		F013								
		F014								
		F015								
		F016								
		F017								
		F018								
		F019								
		F021								
		F047								
		F066								
		F048								
		F050								
		F051								
		F053								
		F056								
		F068								
		F002								
		F024								
		F026								
		F042								

		F064								
		F065								
		F077								
		F038								
		F071								
		F005								
		F008								
		F009								
		F011								
		F034								
		F045								
		F049								
		F052								
		F023								
		F032								
		F054								
		F058								
		F067								
		F073								
		F074								
		F076								
		F029								
		F033								
		F037								
		F025								
		F059								
		F044								
		F070								

		F062								
		F046								
		F035								
		F001								
		X010								
		X002								
		X006								
		X008								
		X001								
		X014								
		X012								
		X013								
		X003								
		X004								
		X007								
		X009								
		X011								
		X005								
		T008								
		T005								
		T006								
		T001								
		T017								
		T002								
		T003								
		T009								

CONTROL DE COSTOS PARA EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO

FECHA INICIO DE MANTENIMIENTO	FECHA DE ENTREGA	CÓDIGO	COSTO MANTENIMIENTO CORRECTIVO	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	OPERADOR(ES) QUE REALIZAN EL MANTENIMIENTO	COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA DE LA EMPRESA PARA EL MANTENIMIENTO	COSTO DE LA MANO DE OBRA EXTERNA PARA EL MANTENIMIENTO	COSTO DE INSUMOS UTILIZADOS PARA EL MANTENIMIENTO	DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN AFECTADA	COSTO DE PARADA NO PROGRAMADA (CANTIDAD DE PRODUCTO NO FABRICADO)
		M017								
		M018								
		M054								
		M055								
		M004								
		M010								
		M012								
		M031								
		M032								
		M038								
		M009								
		M019								
		M020								
		M021								
		M024								
		M025								
		M026								
		M028								
		M030								
		M033								
		M034								
		M035								
		M039								
		M041								

		M047								
		M003								
		M057								
		M058								
		M011								
		M042								
		M043								
		M001								
		M002								
		M037								
		M007								
		M005								
		M008								
		M022								
		M045								
		M046								
		M016								
		M027								
		M029								
		M036								
		M050								
		M052								
		M053								
		M015								
		F010								
		F006								
		F012								
		F020								
		F055								

		F057								
		F069								
		F075								
		F072								
		F030								
		F031								
		F007								
		F013								
		F014								
		F015								
		F016								
		F017								
		F018								
		F019								
		F021								
		F047								
		F066								
		F048								
		F050								
		F051								
		F053								
		F056								
		F068								
		F002								
		F024								
		F026								
		F042								
		F064								
		F065								

		F077								
		F038								
		F071								
		F005								
		F008								
		F009								
		F011								
		F034								
		F045								
		F049								
		F052								
		F023								
		F032								
		F054								
		F058								
		F067								
		F073								
		F074								
		F076								
		F029								
		F033								
		F037								
		F025								
		F059								
		F044								
		F070								
		F062								
		F046								
		F035								

		F001								
		X010								
		X002								
		X006								
		X008								
		X001								
		X014								
		X012								
		X013								
		X003								
		X004								
		X007								
		X009								
		X011								
		X005								
		T008								
		T005								
		T006								
		T001								
		T007								
		T016								
		T017								
		T002								
		T003								
		T009								

Anexo F. Estandarización, Control, Optimización, Aplicación del recubrimiento refractario.

Cálculos densidad de las fases de estudio

Fase 1

$$\rho_{\text{agua}} = 997.3 \text{ [g]}$$

$$W_{\text{agua}} = 50 \text{ [g]}$$

$$W_{\text{recubrimiento}} = 51 \text{ [g]}$$

$$\rho_{\text{pintura}} = 1016 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$\rho_{\text{recubrimiento}} = \frac{W_{\text{recubrimiento}}}{W_{\text{agua}}} \cdot \rho_{\text{agua}}$$

Fase 2

$$W_{\text{agua}} = 7.52 \text{ [g]}$$

$$W_{\text{recubrimiento}} = 6.85 \text{ [g]}$$

$$\rho_{\text{recubrimiento}} = 908.4 \text{ [Kg/m}^3\text{]}$$

$$\rho_{\text{recubrimiento}} = \frac{W_{\text{recubrimiento}}}{W_{\text{agua}}} \cdot \rho_{\text{agua}}$$

Primera etapa fase 3

$$W_{\text{agua}} = 6.3473 \text{ [g]}$$

$$W_{\text{recubrimiento}} = 6.466 \text{ [g]}$$

$$\rho_{\text{recubrimiento}} = 1016 \text{ [Kg/m}^3\text{]}$$

$$\rho_{\text{recubrimiento}} = \frac{W_{\text{recubrimiento}}}{W_{\text{agua}}} \cdot \rho_{\text{agua}}$$

Segunda etapa fase 3

$$W_{\text{agua}} = 24.2221$$

$$W_{\text{recubrimiento}} = 24.2452 \text{ [g]}$$

$$\rho_{\text{recubrimiento}} = \frac{W_{\text{recubrimiento}}}{W_{\text{agua}}} \cdot \rho_{\text{agua}}$$

$$\rho_{\text{recubrimiento}} = 998.3 \text{ [Kg/m}^3\text{]}$$

4. Control de los parámetros de fabricación del refractario

El formato de control de preparación de la pintura “recubrimiento refractario” se ha complementado con la adición de nuevas casillas para pesar y controlar el comportamiento del recubrimiento durante la fase de preparación y la fase de utilización.

Para facilitar la operación de control de la densidad del recubrimiento refractario, se ha elaborado un procedimiento que consiste en pesar las muestras de cada recipiente que se prepare, y a partir de ahí llenar el formato de control de preparación de la pintura.

Se ha elaborado un procedimiento soportado por formatos en hojas de Excel, para que la persona encargado del proceso de calidad, pueda llenarlos a partir de la información contenida en los formatos de control de preparación de la pintura, y posteriormente esta persona pueda generar y entregar informes mensuales de las variaciones o estabilidades que presente la pintura “recubrimiento refractario”, y por ende dictaminar las mejoras presentadas en el proceso, tanto de preparación, agitación y aplicación del refractario; o de lo contrario.



FORMATO CONTROL PREPARACIÓN PINTURA

OFD-I.PT-01

Rev. 1

Fecha preparación:						COLADA			
PARAMETROS	CARACTERÍSTICAS	STANDARES		Cantidad Real	Observaciones Calidad insumo	Tiempo total mezclado	Marcas utilizadas	Observaciones sobre la Marca	Stock mínimo
INSUMOS		Cantidad	Unidad						
Agua	Limpia		litros						
Dextrina	Preferiblemente disolución facil y color blanca		gramos			2 minutos inicial	Malto dextrina ProtoKimica china		1 Bulto x 25 Kilos
Bentonita,	Color verde ocre, textura fría y pesada al tacto.		Kilos			15- 35 minutos	Bentocol - Arcicol		15 bultos x 50 kilos
Arena Silica Grano 200,	Arenosa suave NO TALCO		Kilos			20 minutos	Sogamoso		12 bultos x 50 kilos
Arylon	Solicitar en almacen		gramos			10 min.			30 kilos / caneca de 50 kilos
Recipientes a utilizar día de preparación:				Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4	Horno utilizado/Codigo:	
Capacidad /Recipiente: [Galones]				50	50	50	50	Novedad en relación a la pintura el día de preparación:	
Hora inicio preparación para cada recipiente de pintura									
Peso mezcla / Muestra día de preparación: [gramos]									
Peso mezcla / Muestra a primera hora día de fundición: [Gramos]									
Fecha día de fundición:						COLADA			
Peso mezcla / si se le ha adicionado o modificado en algún componente día de fundición: [gramos]								Novedad en relación a la pintura el día de fundición:	
Cantidad mezcla /sobrante dia posterior a la fundicion : [gramos]									
Se reutiliza:	Si	No							
Peso mezcla/ Muestra cantidad sobrante reutilizada combinada dia de fundicion: [Gramos]									
TANQUES EN OPERACIÓN				F024	F025	F064			
Peso Mezcla / Muestra tanque en funcionamiento [Gramos]		Hora:							
Peso Mezcla / Muestra tanque en funcionamiento [Gramos]		Hora:							
Responsable de la preparación:				Responsable de la autorización cualquier modificación a la mezcla :					

Nota: Cualquier modificación a la preparación de pintura descrita en el instructivo OFC-I.PT y según lo indicado en este formato aún contando con la autorización de alguno de los coordinadores de Fundición debe ser reportada en el mismo día a la Dirección del Sistema Integrado de Gestión.

5. Procedimiento para el control de la densidad de la pintura usada como recubrimiento de la matriz “coquilla”

La siguiente expresión permite calcular la gravedad específica “o densidad relativa” de la mezcla para el recubrimiento de coquillas; el valor obtenido se multiplica por la densidad de la sustancia que se toma como referencia “agua”, para obtener así el valor de la densidad de la mezcla mediante el uso de un picnómetro. Este proceso ha sido realizado en el laboratorio y se tiene el valor estándar de la densidad.

$$\rho_{recubrimiento} = 998.3 \left[\text{Kg}/\text{m}^3 \right]$$

Por la textura y los elementos constituyentes de la mezcla se obviara el uso del picnómetro, y en su lugar se utilizara un vaso de precipitado de 50 ml para controlar este parámetro con mayor agilidad en el proceso.

$$SG_e = \frac{\frac{(W_{recubrimiento} + W_{vaso precipitado})}{V_{recubrimiento}}}{\frac{(W_{agua} + W_{vaso precipitado})}{V_{agua}}} = \frac{W_{recubrimiento} + W_{vaso precipitado}}{W_{agua} + W_{vaso precipitado}}$$

Dónde:

$SG_e = Gravedad\ específica$

$W_i = Peso$

$V_i = Volumen$

$$\rho_{agua} = 996.31 \left[\text{Kg}/\text{m}^3 \right]$$

$$\rho_{recubrimiento} = SG_e * \rho_{agua} \left[\text{Kg}/\text{m}^3 \right]$$

Materiales

- ✓ Vaso de precipitado 50ml
- ✓ Balanza análoga
- ✓ Agua
- ✓ Pintura “Bentonita Activada”

Procedimiento:

1. Verificar que la balanza este calibrada y libre de suciedad para evitar errores en la medición.
2. Se determina la masa del vaso de precipitado de 50 ml vacío con ayuda de la balanza.
3. Llenar el vaso de precipitado con agua hasta el valor hasta el borde. Antes de colocar el recipiente en la balanza, asegúrese de que este bien seco en las paredes externas del mismo para evitar errores en la medición.
4. Medir la masa del vaso de precipitado lleno del material refractario el borde, asegurarse de tener las paredes externas del recipiente limpias para evitar errores en la medición.

Recipiente vacío



Recipiente con agua



Recipiente con pintura



Valores de la masa descrita en el procedimiento:

- Masa recipiente vacío: 22 gramos
- Masa recipiente con agua: 100 gramos
- Masa recipiente con pintura: 100 gramos

Una vez tomados los valores de la masa del vaso de precipitado vacío, y con agua, estos valores serán fijos y quedarán registrados. El único valor de la masa a controlar por su variación es la muestra que se toma de la mezcla. El procedimiento a seguir consiste en tomar una muestra por cada recipiente que se prepare; compararlo con el valor mostrado anteriormente, si es igual o está dentro del margen aceptado de tolerancia (12 kg/m^3) por encima, posteriormente se multiplica por el valor estándar de densidad del agua descrito, su valor se registra en el formato de control de la preparación de la mezcla, de esta manera se tiene control en la estandarización de la densidad. Si el valor está por fuera del rango, la mezcla debe agitarse por más tiempo hasta alcanzar el valor adecuado. Este procedimiento debe hacer el día de preparación de la mezcla y a primera hora el día de fundición previamente antes de cargar los tanques agitadores e inyectores.

El valor del recipiente con pintura fue: 100 gramos, este valor lo dividimos entre el valor del recipiente con agua.

$$SG_e = \frac{100 \text{ gramos}}{100 \text{ gramos}} = 1$$

Entonces:

$$\rho_{\text{recubrimiento}} = SG_e * \rho_{\text{agua}} \left[\text{Kg}/\text{m}^3 \right]$$

$$\rho_{\text{recubrimiento}} = 1.01_e * 996.31 \left[\text{Kg}/\text{m}^3 \right] \rho_{\text{recubrimiento}} = 996.31 \left[\text{Kg}/\text{m}^3 \right]$$

El valor obtenido se compara con el valor estándar para saber si estamos en el rango: $998.3 - 996.31 = 1.99 \text{ Kg/m}^3$, estamos dentro del rango de 12 Kg/m^3 ,

Valor estándar de densidad para la pintura en el revestimiento de coquillas

$$\rho_{\text{recubrimientol}} = 998.3 \left[\text{Kg/m}^3 \right]$$

El rango de tolerancia se hizo con base a las pruebas tomadas cuando los operadores tenían problemas.

Mezclador de pintura F034



Recipiente para el mezclado



OBSERVACIONES

El cambio del recipiente que se utilizaba para pesar las muestras que se toman por cada recipiente que se prepara de pintura, se debe a la variación que presentan los datos en los registros llevados en el formato de control de la preparación de la pintura; esta variación se atribuye a que la textura de la pintura es espumosa y por lo tanto presenta burbujas de aire que impiden el llenado adecuado del recipiente y por lo tanto se registran datos erróneos.

6. Control densidad recubrimiento refractario

El objetivo del control del recubrimiento refractario es monitorear su comportamiento desde el momento de la preparación para conocer el estado de sus características durante el tiempo de almacenamiento y su desempeño en el momento de inyección en los moldes metálicos (Coquillas).

Procedimiento:

- Revisar y digitar la información pertinente de los pesos de cada muestra que se tomaron en cada uno de los recipientes que se preparó con pintura, y cuya información se registró en el formato de control de preparación de la pintura.
- El formato de Excel calculará automáticamente el valor de la densidad para cada recipiente respecto a la información digitada en él, las fórmulas de cálculo son las mismas descritas en el procedimiento de cálculo de la densidad y que se encuentran en el formato de Word titulado.

6.1 Procedimiento para el control de la densidad de la pintura usada como recubrimiento de la matriz “coquilla”.

- La hoja Excel graficará automáticamente la información registrada en este formato.
- La información contenida en estos formatos permitirá al encargado de llevar los registros, generar un reporte diario, semanal, mensual, trimestralmente, etc. Que dependerá del conocimiento prioritario en cuanto a las variaciones de su comportamiento, a variaciones grandes en los valores de su densidad, o de lo contrario saber si su comportamiento es estable o existen pequeñas variaciones que no alteran su desempeño.
- Todos estos cambios o comportamientos a través de los formatos y gráficas generados podrán ser comunicados a las directivas y coordinadores respectivos para su conocimiento, con el propósito de saber si se están presentando problemas en el desarrollo de las actividades de la planta de fundición referentes a los procesos de pintado, extracción, dureza, porosidad, etc., para descartar la posibilidad de atribuir estos cambios a la pintura de mostrar un comportamiento estable en sus características, o de lo contrario si su comportamiento es muy variante atribuir estas fallas a la pintura. Para no perder tiempo buscando otras variantes que no tienen relevancia o simplemente no tienen nada que ver con el proceso.

Nota: Para que estos formatos se conviertan en herramientas cruciales en la toma de decisiones referente a cambios que deben realizarse ya sea en los elementos que componen la pintura, todo en cuanto a tiempo de mezclado y

métodos de preparación, se debe ser consiente que los datos ingresados tanto en el formato de control de preparación, la información de los días de fundición, y la información digitada en los formatos del control de densidad deben ser totalmente reales y verdaderos, para que las decisiones a tomar no tengan represiones más adelante que pudieron ser evitadas debido a estos registros mal llevados.

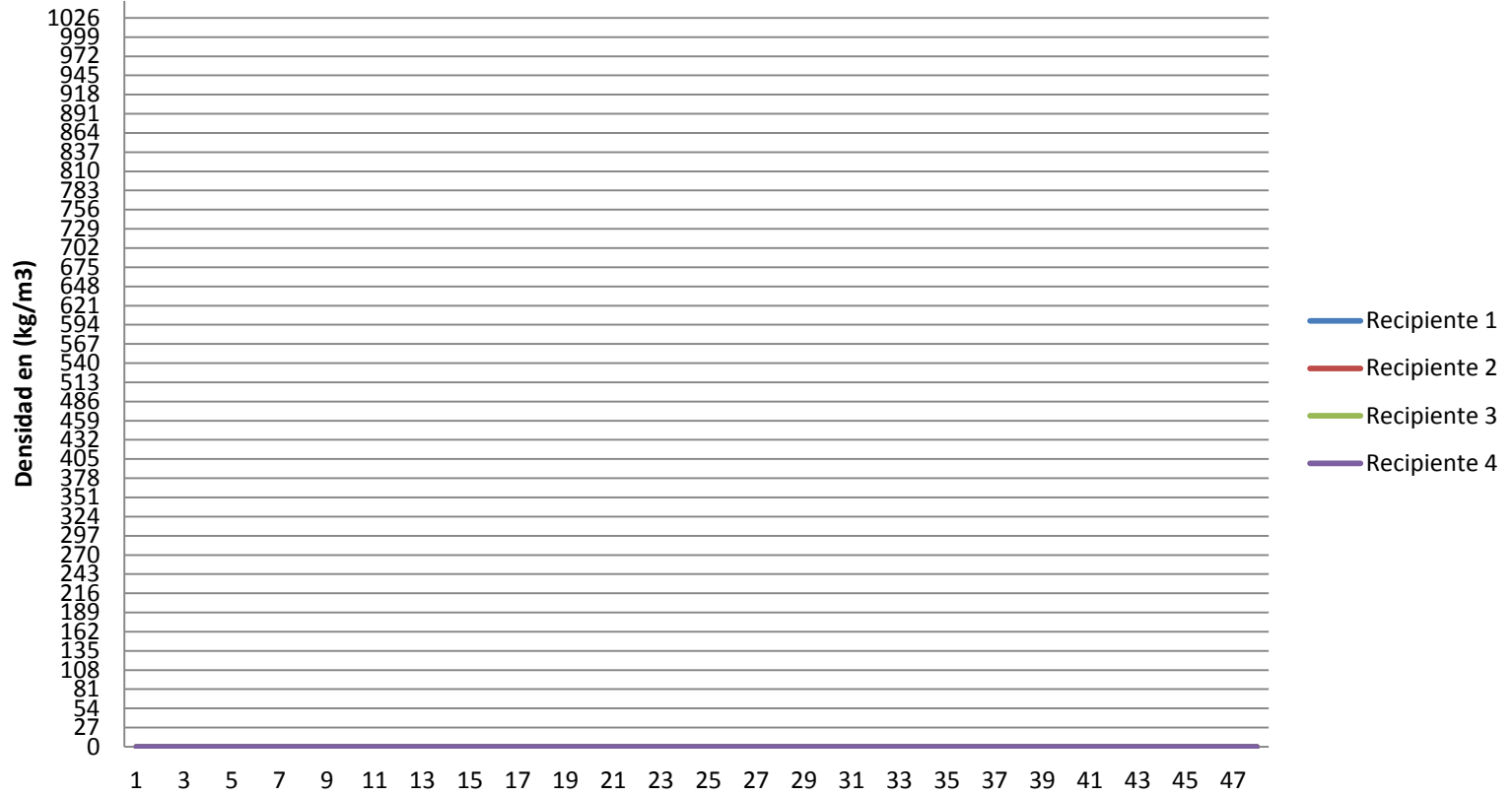
OBSERVACIONES: Cuando se acaben las casillas donde se llena los datos, se debe ubicar en la casilla inmediatamente anterior o en cualquiera que tenga espacio, selecciona toda la fila, le da clic derecho e inserta otra fila y así sucesivamente va insertando las filas que necesite para seguir con los registros de datos, esto para que la gráfica le tome los datos que está digitando nuevamente y se los grafique, en las casillas de cálculo de la densidad se debe para una vez ingresadas las filas, en cada una y tirar esta casillas hacia abajo para que se copie la formula en las columna para los cuatro recipientes, la gráfica le grafique estos valores. Si no lo hace así y registra los valores en nuevas casillas debajo de los registros que tenía la gráfica no le tomara estos registro y esta información no será graficada.

CONTROL PARA LA DENSIDAD Y COMPORTAMIENTO DE LA PINTURA REFRACTARIA EN FASE DE PREPARACION Y FASE DE TRBAJO

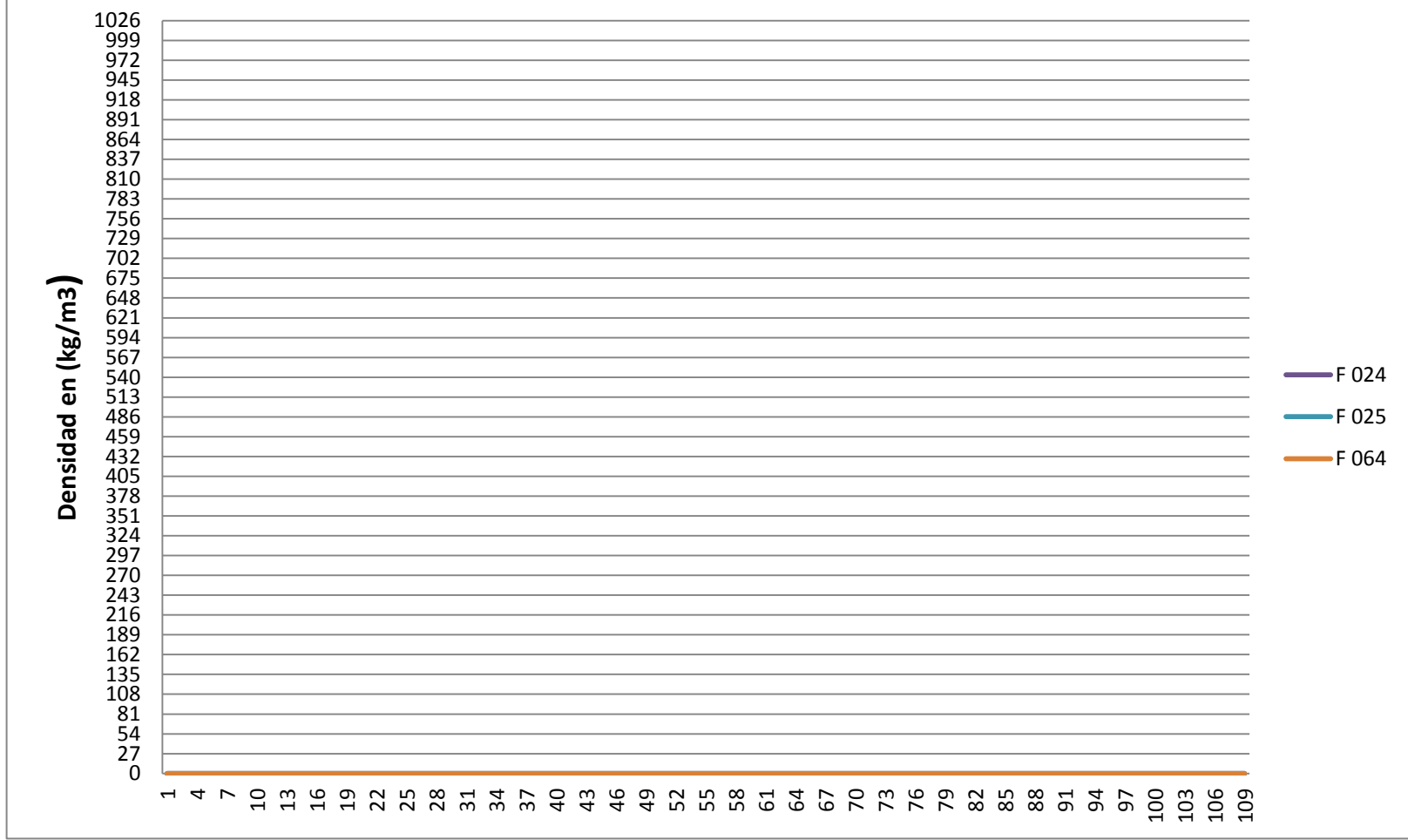
CONTENIDO

- 1 [CONSULTAS](#)
- 2 [MARZO PREPARACION](#)
- 3 [MARZO FUNDICION](#)
- 4 [ABRIL PREPARACION](#)
- 5 [ABRIL FUNDICION](#)
- 6 [MAYO PREPARACION](#)
- 7 [MAYO FUNDICION](#)
- 8 [JUNIO PREPARACION](#)
- 9 [JUNIO FUNDICION](#)
- 10 [JULIO PREPARACION](#)
- 11 [JULIO FUNDICION](#)
- 12 [AGOSTO PREPARACION](#)
- 13 [AGOSTO FUNDICION](#)
- 14 [SEPTIEMBRE PREPARACION](#)
- 15 [SEPTIEMBRE FUNDICION](#)
- 16 [OCTUBRE PREPARACION](#)
- 17 [OCTUBRE FUNDICION](#)
- 18 [NOVIEMBRE PREPARACION](#)
- 19 [NOVIEMBRE FUNDICION](#)
- 20 [DICIEMBRE PREPARACION](#)
- 21 [DICIEMBRE FUNDICION](#)

Comportamiento de la densidad de la pintura para recubrimiento fase de preparación



Comportamiento de la densidad de la pintura para recubrimiento fase de trabajo



Anexo G. Evaluación, análisis e implementación del proceso de mejoramiento del sistema de aire comprimido

Base de datos de la red de aire comprimido manejada por hipervínculos

CONTENIDO DE LA INFORMACION DISPONIBLE DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO

[INFORME DE LA RED](#)

[LINEA PRINCIPAL](#)

[LINEA SECUNDARIA](#)

[LINEA DE SERVICIO](#)

[CAIDA DE PRESION LINEA PRINCIPAL](#)

[CAIDA DE PRESION LINEA SECUNDARIA](#)

[CAIDA DE PRESION LINEA DE SERVICIO](#)

[CAUDAL DE CONSUMO Y CAIDA DE PRESION TOTAL](#)

[PLANO RED DE AIRE PLANTA DE MECANIZADO](#)

[PLANO RED DE AIRE PLANTA DE FUNDICION](#)

[PLANO RED DE AIRE SALA DE COMPRESORES](#)

[PLANO 3D DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO DE LAVCO](#)

[RED DE AIRE COMPRIMIDO DE INDUSTRIA LAVCO](#)

[COMPRESORES](#)

[CONSUMO TEORICO DE CAUDAL EQUIPOS DE MECANIZADO](#)

[CONSUMO TEORICO DE CAUDAL EQUIPOS DE FUNDICION](#)

[FACTOR DE UTILIZACION EQUIPOS PLANTA DE MECANIZADO](#)

[FACTOR DE UTILIZACION EQUIPOS PLANTA DE FUNDICION](#)

[CONSUMO REAL DE AIRE Y FACTORES DE UTILIZACION Y SIMULTANEIDAD](#)

[CATALOGO COMPRESOR IHM](#)

[CATALOGO COMPRESOR QUINCY](#)

[COMPLEMENTO CATALOGO IHM](#)

[COMPLEMENTO CATALOGO QUINCY](#)

[COSTOS DE ENERGIA DE OPERACIÓN DE LOS COMPRESORE](#)

[VALORIZACION COMPRESORES DE RED AIRE COMPRIMIDO](#)

[FICHA TECNICA COMPRESOR M046](#)

[FICHA TECNICA COMPRESOR T005](#)

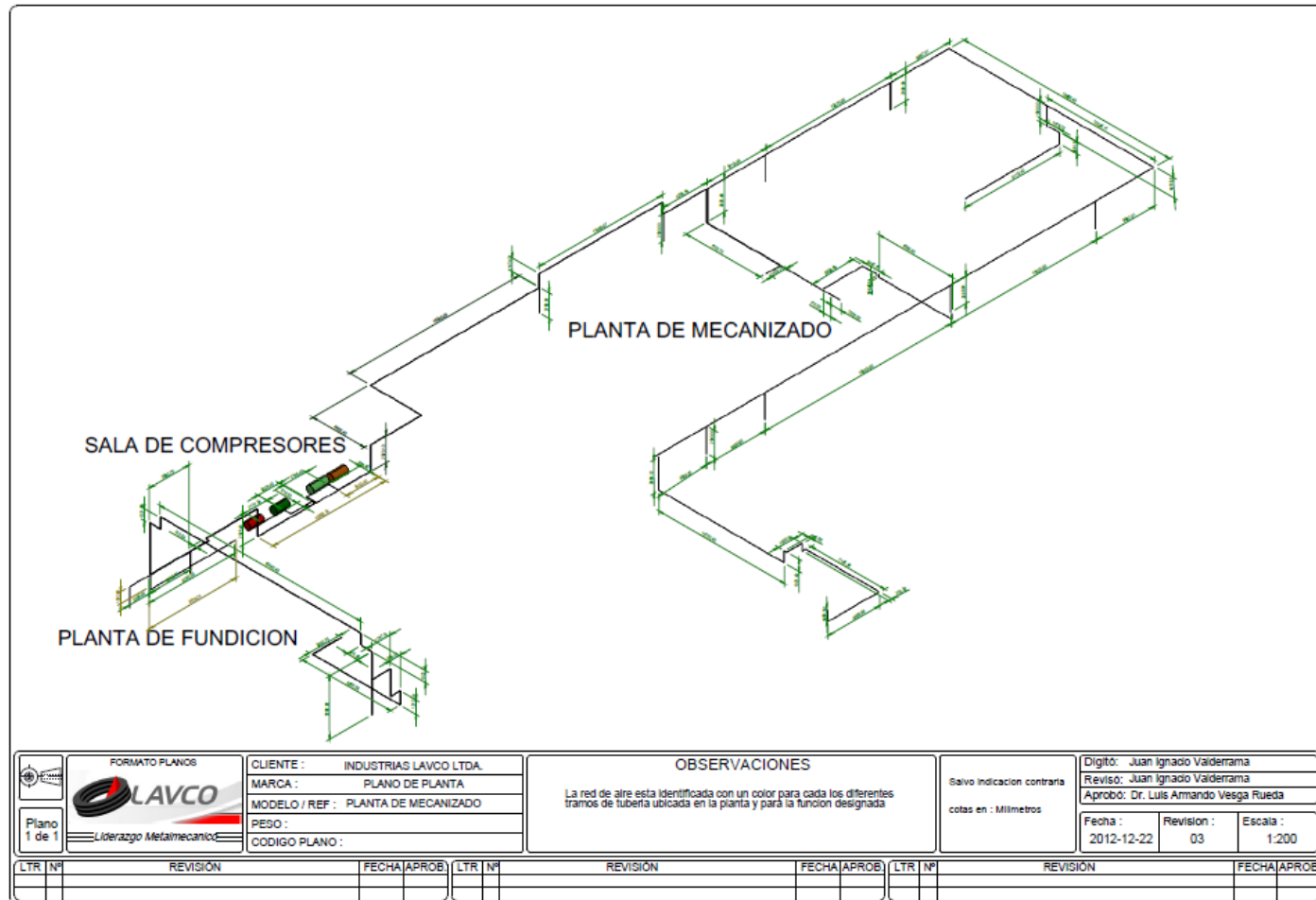
[FICHA TECNICA COMPRESOR T006](#)

[FICHA TECNICA COMPRESOR T007](#)

[MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO COMPRESOR](#)

[COSTO POR FUGAS EN LA RED DE AIRE COMPRIMIDO](#)

Red de aire comprimido de industrias LAVCO



Descripción de compresores

COMPRESOR DE PISTON SOBRE DEPOSITO HORIZONTAL	
Numero de cilindros	2
Marca	ATLASCOPCO
Presion Nominal (bares)	7
Potencia Instalada (Hp)	4.8
Modelo	VA-80
Capacidad deposito (galones)	60
Caudal de entrega (CFM)	13.43



COMPRESOR DE PISTON SOBRE DEPOSITO HORIZONTAL	
Numero de cilindros	3
Marca	IHM
Presion Nominal (bares)	7
Potencia Instalada (Hp)	18
Modelo	TA-120
Capacidad deposito (galones)	120
Caudal de entrega (CFM)	52.1



COMPRESOR DE PISTON SOBRE DEPOSITO HORIZNTAL	
Numero de cilindros	3
Marca	IHM
Presion Nominal (bares)	7
Potencia Instalada (Hp)	18
Modelo	HTA-120
Capacidad deposito (galones)	120
Caudal de entrega (CFM)	43.5
	

COMPRESOR DE PISTON SOBRE DEPOSITO HORIZNTAL	
Numero de cilindros	2
Marca	QUINCY
Presion Nominal (bares)	7
Potencia Instalada (Hp)	13.2
Modelo	325 PNG
Capacidad deposito (galones)	24.9
Caudal de entrega (CFM)	1
	

AIRE	MODELO	REFRIGERACIÓN
COMPRESOR 1.	HTA -120	Interenfriador aleteado, Culatas frías, Volante – Abanico compensado
COMPRESOR 2.	TA - 120	Interenfriador aleteado, Culatas frías, Volante – Abanico compensado
COMPRESOR 3.	VA- 80	Interenfriador aleteado, Culatas frías, Volante – Abanico compensado
COMPRESOR 4.	325 PNG	Interenfriador aleteado

Medio de refrigeración de los compresores descritos

ENFRIAMIENTO. Una vez el aire es generado por los compresores pasa a los intercambiadores de calor (Interenfriadores aleteados, Culatas frías, Volante – Abanico Compensado). Los interenfriadores tienen aletas circulares grandes para una mayor disipación de calor, las culatas frías son provistas de amplias aletas convenientemente orientadas y pasajes de perfil aerodinámico, que generan un enfriamiento más rápido, el volante – abanico compensado, tiene radios en forma de aspa, suministran un chorro de aire continuo de aire frío sobre todas las partes del compresor.

7. Determinación del factor de utilización de los equipos

7.1 Planta de mecanizado

Para conocer el consumo de aire que requiere la planta de Mecanizado se ha considerado la fabricación de piezas por turno y un tiempo promedio de soplado sobre cada una de estas, también se ha tomado un tiempo de limpieza que es utilizado para algunas de estas máquinas, en segundos en cada turno por cada máquina involucrada.

Máquina CNC DOOSAN: Turno 12 horas

Nº piezas (sopladas/turno)	Tiempo (s) soplado pieza + dispositivo	Tiempo total (s) soplado/turno	UR
190	8	1520	0.035

UR Soplado DOOSAN: 0.035

Máquina CNC LEADWELL: Turno 12 horas

Nº piezas (sopladas/turno)	Tiempo (s) soplado pieza + dispositivo	Tiempo total (s) soplado/turno	UR
150	8	1200	0.027

UR Soplado LEADWELL: 0.027

Máquina CNC PUMMA 400: Turno 12 horas

Nº piezas (sopladas/turno)	Tiempo (s) soplado pieza + dispositivo	Tiempo total (s) soplado/turno	UR
90	8	720	0.017

UR Soplado PUMMA 400: 0.017

Máquina bruñidora hidráulica M019: Turno 8 horas

Teniendo en cuenta condiciones desfavorables y siendo conservador, se estima una frecuencia de utilización de la pistola de aire

Nº piezas o dispositivo (sopladas/turno)	Tiempo soplado (s)	Tiempo (s) soplado/turno	Tiempo (s) limpieza maquina	Tiempo (s) total / turno	UR
150	3	450	12	462	0.016

UR Soplado M019: 0.027

Máquina Mandrinadora hidráulica M022: Turno 8 horas

Teniendo en cuenta condiciones desfavorables y siendo conservador, se estima una frecuencia de utilización de la pistola de aire

Nº piezas (sopladas/turno)	Tiempo soplado (s)	Tiempo (s) soplado/turno	Tiempo (s) limpieza maquina	Tiempo (s) total / turno	UR
128	3	384	12	396	0.014

UR Soplado M022: 0.014

Tornos convencionales: Turno 8 horas

Se utiliza solamente en el aseo de las máquinas.

Nº maquinas convencionales (sopladas/turno)	Tiempo (s) limpieza maquina	Tiempo (s) total / turno	UR
5	18	75	0.0026

UR Soplado maquinas: 0.0017

Bruñidora neumática: Turno 8 Horas

Tipo de maquina	Caudal (l/min)	UR
Bruñidora	84.95	0.88

UR Bruñidora: 0.88

7.2 Planta de fundición

Para conocer el consumo de aire en la planta de Fundición se siguió el mismo procedimiento descrito anteriormente en la planta de Mecanizado. En las máquinas centrifugas de la planta, se ha considerado la fabricación de piezas por turno y un tiempo promedio de soplado de los moldes metálicos para cada una de estas. Se estima también el tiempo de limpieza de las propias máquinas, segundos en cada turno por cada máquina. Involucrada. En los tanques de agitación e inyección de pintura se ha tomado el tiempo para alcanzar el equilibrio de la presión entre estos y los compresores que lo abastecen, calculando la masa de aire que fluye así el.

Centrifugas individuales: Turno 9 horas

Nº piezas (sopladas/turno)	Tiempo soplado (s)	Tiempo (s) soplado/turno	Tiempo (s) limpieza maquina	Nº maquinas	Tiempo (s) total / turno	UR
1050	3	3150	3	30	3240	0.1

UR Soplado centrifugas individuales: 0.1

Centrifugas especiales: Turno 9 horas

Nº piezas (sopladas/turno)	Tiempo soplado (s)	Tiempo (s) soplado/turno	Tiempo (s) limpieza maquina	Nº maquinas	Nº maquinas Activas en el turno	Tiempo (s) total / turno	UR
25	5	125	5	5	2	135	0.0041

UR Soplado centrifugas especiales: 0.0041

Tanque F024/ Centrifugas individuales: Turno 9 horas

Nº piezas (pintadas/turno)	Tiempo pintado (s)	Tiempo (s) pintado/turno	Limpieza máquina	Tiempo (s) total / turno	UR
700	2	1400	30	3240	0.1

UR pintado piezas tanque F024: 0.1

Tanque F025/ Centrifugas individuales: Turno 9 horas

Nº piezas (pintadas/turno)	Tiempo pintado (s)	Tiempo (s) pintado/turno	Limpieza máquina	Tiempo (s) total / turno	UR
350	2	700	30	3240	0.1

UR pintado piezas tanque F025: 0.1

Tanque F064/Centrifugas especiales: Turno 9 horas

Nº piezas (pintadas/turno)	Tiempo pintado (s)	Tiempo (s) pintado/turno	Limpieza máquina	Tiempo (s) total / turno	UR
25	3	75	2	135	0.0041

UR pintado piezas especiales: 0.1

FLUJO EN EL EQUILIBRIO DE PRESIÓN TANQUE F024: Turno 9 horas

Tipo de maquina	Caudal (l/min)	UR
F024	298.74	0.0037

UR Equilibrio piezas especiales: 0.1

FLUJO EN EL EQUILIBRIO DE PRESIÓN TANQUE F025: Turno 9 horas

Tipo de maquina	Caudal (l/min)	UR
F025	351.128	0.0037

UR Equilibrio piezas especiales: 0.1

FLUJO EN EL EQUILIBRIO DE PRESIÓN TANQUE F064: Turno 9 horas

Tipo de maquina	Caudal (l/min)	UR
F064	303.84	0.0037

UR Equilibrio piezas especiales: 0.1

7.3 Memorias de cálculo del caudal real

Calculo del caudal de consumo en los equipos de fundición

volumen de aire que llena la bombona grande

prime rgrupo de coquillas

$$v = \frac{\pi}{4} \cdot h \cdot (D_1^2 - d_2^2)$$

$$D_1 = 0.071$$

$$d_2 = 0.07$$

$$h = 0.56$$

$$V_{\text{total},1} = v \cdot 4$$

segundo grupo de coquillas

$$v_2 = \frac{\pi}{4} \cdot h_1 \cdot (D_3^2 - d_4^2)$$

$$D_3 = 0.07$$

$$d_4 = 0.069$$

$$h_1 = 0.392$$

$$V_{\text{total},2} = v_2 \cdot 4$$

volumen de aire que llena la bombona mediana

$$v_3 = \frac{\pi}{4} \cdot h_2 \cdot (D_5^2 - d_6^2)$$

$$h_2 = 0.24$$

$$D_5 = 0.016$$

$$d_6 = 0.015$$

$$V_{\text{total},3} = v_3 \cdot 6$$

volumen de aire que llena la bombona pequeña

$$v_4 = \frac{\pi}{4} \cdot h_3 \cdot (D_7^2 - d_8^2)$$

$$h_3 = 1.11$$

$$D_7 = 0.283$$

$$d_8 = 0.282$$

flujo que entra al tanque grande

$$V_p = V_{total,1} + V_{total,2}$$

$$v_{p1} = 0.4665 - (0.3785 - v_p)$$

flujo que entra al tanque mediano

$$v_{p2} = 0.298 - (0.2347 - v_{total,3})$$

flujo que entra al tanque pequeño

$$v_{p3} = 0.2042 - (0.1893 - v_4)$$

masa de aire y flujo que llena tanque F024 para alcanzar el nivel de presión

$$v_e = \frac{R \cdot T}{P}$$

$$R = 0.287$$

$$T = 301$$

$$P = 689.47$$

$$m_{F024} = \frac{V_{F024}}{v_e}$$

$$V_{F024} = 0.088$$

$$\dot{V}_{F024} = \frac{m_{F024}}{1.174 \cdot 60}$$

masa de aire y flujo que llena tanque F025 para alcanzar el nivel de presion

$$m_{F025} = \frac{V_{F025}}{v_e}$$

$$V_{F025} = 0.0633$$

$$\dot{V}_{F025} = \frac{m_{F025}}{1.174 \cdot 43}$$

masa de aire y flujo que llena tanque F064 para alcanzar el nivel de presion

$$m_{F064} = \frac{V_{F064}}{v_e}$$

$$V_{F064} = 0.0149$$

$$\dot{V}_{F064} = \frac{m_{F064}}{1.174 \cdot 10.15}$$

flujo de aire que se requiere para pintar las coquillas tanque F024

$$\dot{V}_{F024,pintura} = \frac{\frac{v_{p1} - 0.088}{v_e}}{16 \cdot 1.174}$$

flujo de aire que se requiere para pintar las coquillas tanque F025

$$\dot{V}_{F025,pintura} = \frac{\frac{v_{p2} - 0.0633}{v_e}}{12 \cdot 1.174}$$

flujo de aire que se requiere para pintar las coquillas tanque F064

$$\dot{V}_{F064,pintura} = \frac{\frac{v_{p3} - 0.0149}{v_e}}{3 \cdot 1.174}$$

RESULTADOS

$$D_1 = 0.071 \text{ [m]}$$

$$d_4 = 0.069 \text{ [m]}$$

$$D_7 = 0.283 \text{ [m]}$$

$$h_1 = 0.392 \text{ [m]}$$

$$m_{F024} = 0.7023 \text{ [Kg]}$$

$$P = 689.5$$

$$v = 0.00006202 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$v_4 = 0.0004926 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{F025} = 0.01001 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$\dot{V}_{F064,pintura} = 0.001116 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$V_{F025} = 0.0633 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$v_{p1} = 0.08842 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$v_{total,1} = 0.0002481 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$d_2 = 0.07 \text{ [m]}$$

$$D_5 = 0.016 \text{ [m]}$$

$$d_8 = 0.282 \text{ [m]}$$

$$h_2 = 0.24 \text{ [m]}$$

$$m_{F025} = 0.5052 \text{ [Kg]}$$

$$R = 0.287$$

$$v_2 = 0.00004279 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{F024} = 0.009971 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$\dot{V}_{F025,pintura} = 0.00001986 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$v_e = 0.1253 \text{ [m}^3\text{/Kg]}$$

$$V_{F064} = 0.0149$$

$$v_{p2} = 0.06334 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$v_{total,2} = 0.0001712 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$D_3 = 0.07 \text{ [m]}$$

$$d_6 = 0.015 \text{ [m]}$$

$$h = 0.56 \text{ [m]}$$

$$h_3 = 1.11 \text{ [m]}$$

$$m_{F064} = 0.1189 \text{ [Kg]}$$

$$T = 301$$

$$v_3 = 0.000005843 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\dot{V}_{F024,pintura} = 0.0001781 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$\dot{V}_{F064} = 0.00998 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$V_{F024} = 0.088 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$v_p = 0.0004192 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$v_{p3} = 0.01539 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$v_{total,3} = 0.00003506 \text{ [m}^3\text{]}$$

7.4 Calculo del consumo de aire en las mangueras de limpieza planta de mecanizado

En la limpieza de máquinas y piezas fabricadas se utilizan pistolas de soplado que consumen mayor cantidad de aire en función del diámetro de su orificio. Por medio de la siguiente tabla, se corrobora el caudal calculado con el área de la tubería de servicio en la red y la velocidad tomada con un Anemómetro en estos equipos

Diámetro orificio (mm)	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Caudal (l/min)	22	75	290	710	1130	1550	1970	2390	2810	3230	3650

CALCULO DEL FLUJO DE AIRE PLANTA DE MECANIZADO

$$Q = V \cdot A$$

Consumo de aire pistola maquina X010

$$Q_{X010} = V_{X010} \cdot A_{X010}$$

$$V_{X010} = 1350$$

$$A_{X010} = \pi \cdot \frac{0.0048^2}{4}$$

Consumo de aire pistola maquina M019

$$Q_{M019} = V_{M019} \cdot A_{M019}$$

$$V_{M019} = 1669$$

$$A_{M019} = \pi \cdot \frac{0.0023^2}{4}$$

Consumo de aire pistola maquina M022

$$Q_{M022} = V_{M022} \cdot A_{M022}$$

$$V_{M022} = 1645$$

$$A_{M022} = \pi \cdot \frac{0.0032^2}{4}$$

Consumo de aire pistola maquina M041

$$Q_{M041} = V_{M041} \cdot A_{M041}$$

$$V_{M041} = 1370$$

$$A_{M041} = \pi \cdot \frac{0.0049^2}{4}$$

Consumo de aire pistola maquina M022

$$Q_{M002} = V_{M002} \cdot A_{M002}$$

$$V_{M002} = 1422$$

$$A_{M002} = \pi \cdot \frac{0.0044^2}{4}$$

Consumo de aire pistola maquina M050

$$Q_{M050} = V_{M050} \cdot A_{M050}$$

$$V_{M050} = 1386$$

$$A_{M050} = \pi \cdot \frac{0.0046^2}{4}$$

Consumo de aire pistola maquina M043

$$Q_{M043} = V_{M043} \cdot A_{M043}$$

$$V_{M043} = 1370$$

$$A_{M043} = \pi \cdot \frac{0.0049^2}{4}$$

Consumo de aire pistola maquina M054

$$Q_{M054} = V_{M054} \cdot A_{M054}$$

$$V_{M054} = 1538$$

$$A_{M054} = \pi \cdot \frac{0.002^2}{4}$$

Consumo de aire pistola maquina M055

$$Q_{M055} = V_{M055} \cdot A_{M055}$$

$$V_{M055} = 1538$$

$$A_{M055} = \pi \cdot \frac{0.002^2}{4}$$

Consumo de aire pistola maquina M058

$$Q_{M058} = V_{M058} \cdot A_{M058}$$

$$V_{M058} = 1538$$

$$A_{M058} = \pi \cdot \frac{0.002^2}{4}$$

Resultados

$$A_{M002} = 0.00001521 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_{M041} = 0.00001886 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_{M054} = 0.000003142 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_{X010} = 0.0000181 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$Q_{M022} = 0.01323 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$Q_{M050} = 0.02303 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$Q_{M058} = 0.004832 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$V_{M019} = 1669 \text{ [m/s]}$$

$$V_{M043} = 1370 \text{ [m/s]}$$

$$V_{M055} = 1538 \text{ [m/s]}$$

$$A_{M019} = 0.000004155 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_{M043} = 0.00001886 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_{M055} = 0.000003142 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$Q_{M002} = 0.02162 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$Q_{M041} = 0.02583 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$Q_{M054} = 0.004832 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$Q_{X010} = 0.02443 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$V_{M022} = 1645 \text{ [m/s]}$$

$$V_{M050} = 1386 \text{ [m/s]}$$

$$V_{M058} = 1538 \text{ [m/s]}$$

$$A_{M022} = 0.000008042 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_{M050} = 0.00001662 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_{M058} = 0.000003142 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$Q_{M019} = 0.006934 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$Q_{M043} = 0.02583 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$Q_{M055} = 0.004832 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$V_{M002} = 1422 \text{ [m/s]}$$

$$V_{M041} = 1370 \text{ [m/s]}$$

$$V_{M054} = 1538 \text{ [m/s]}$$

$$V_{X010} = 1350 \text{ [m/s]}$$

Caudal real de consumo en los equipos neumáticos

CAUDAL REAL DE LA PLANTA

CONSUMO DE AIRE REAL EN LA PLANTA DE FUNDICION

CONSUMO DE AIRE REAL EQUIPO F064 EQUILIBRIO DE PRESION

$$Q_{\text{real},F064,\text{presion}} = Q_{\text{teorico},F064,\text{presion}} \cdot F_{\text{uso},F064,\text{presion}} \cdot F_{\text{simultaneidad},F064,\text{presion}}$$

$$Q_{\text{teorico},F064,\text{presion}} = 10.73$$

$$F_{\text{simultaneidad},F064,\text{presion}} = 0.9$$

$$F_{\text{uso},F064,\text{presion}} = 0.0037$$

CONSUMO DE AIRE REAL EQUIPO F024 EQUILIBRIO DE PRESION

$$Q_{\text{real},F024,\text{presion}} = Q_{\text{teorico},F024,\text{presion}} \cdot F_{\text{uso},F024} \cdot F_{\text{simultaneidad},F024,\text{presion}}$$

$$Q_{\text{teorico},F024,\text{presion}} = 10.56$$

$$F_{\text{simultaneidad},F024,\text{presion}} = 0.9$$

$$F_{\text{uso},F024,\text{presion}} = 0.0037$$

CONSUMO DE AIRE REAL EQUIPO F025 EQUILIBRIO DE PRESION

$$Q_{\text{real},F025,\text{presion}} = Q_{\text{teorico},F025,\text{presion}} \cdot F_{\text{uso},F025,\text{presion}} \cdot F_{\text{simultaneidad},F025,\text{presion}}$$

$$Q_{\text{teorico},F025,\text{presion}} = 12.4$$

$$F_{\text{simultaneidad},F025,\text{presion}} = 0.9$$

$$F_{\text{uso},F025,\text{presion}} = 0.0037$$

CONSUMO DE AIRE REAL EQUIPO DE PINTADO F064

$$Q_{\text{real},F064} = Q_{\text{teorico},F064} \cdot F_{\text{uso},F064} \cdot F_{\text{simultaneidad},F064}$$

$$Q_{\text{teorico},F064} = 2.37$$

$$F_{\text{simultaneidad},F064} = 0.9$$

$$F_{\text{uso},F064} = 0.0041$$

CONSUMO DE AIRE REAL EQUIPO DE PINTADO F024

$$Q_{\text{real},F024} = Q_{\text{teorico},F024} \cdot F_{\text{uso},F024} \cdot F_{\text{simultaneidad},F024}$$

$$Q_{\text{teorico},F024} = 0.4$$

$$F_{\text{simultaneidad},F024} = 0.9$$

$$F_{\text{uso},F024} = 0.1$$

CONSUMO DE AIRE REAL EQUIPO DE PINTADO F025

$$Q_{\text{real},F025} = Q_{\text{teorico},F025} \cdot F_{\text{uso},F025} \cdot F_{\text{simultaneidad},F025}$$

$$Q_{\text{teorico},F025} = 0.04$$

$$F_{\text{simultaneidad},F025} = 0.9$$

$$F_{\text{uso},F025} = 0.1$$

CONSUMO DE AIRE REAL MANGUERA DE LIMPIEZA COQUILLAS INDIVIDUALES

$$Q_{\text{real},\text{mangueras},I} = Q_{\text{teorico},\text{mangueras},I} \cdot F_{\text{uso},I} \cdot F_{\text{simultaneidad},I}$$

$$Q_{\text{teorico},\text{mangueras},I} = 773.4$$

$$F_{\text{simultaneidad},I} = 0.8$$

$$F_{\text{uso},I} = 0.1$$

CONSUMO DE AIRE REAL MANGUERA DE LIMPIEZA COQUILLAS ESPECIALES

$$Q_{\text{real},\text{mangueras},E} = Q_{\text{teorico},\text{mangueras},E} \cdot F_{\text{uso},E} \cdot F_{\text{simultaneidad},E}$$

$$Q_{\text{teorico},\text{mangueras},E} = 128$$

$$F_{\text{simultaneidad},E} = 1$$

$$F_{\text{uso},E} = 0.0041$$

CONSUMO DE AIRE REAL EN LA PLANTA DE MECANIZADO

CONSUMO DE AIRE REAL EQUIPO M001 BRUÑIDORA

$$Q_{\text{real},M001} = Q_{\text{teorico},M001} \cdot F_{\text{uso},M001} \cdot F_{\text{simultaneidad},M001}$$

$$Q_{\text{teorico},M001} = 4$$

$$F_{\text{simultaneidad},M001} = 1$$

$$F_{\text{uso},M001} = 0.94$$

CONSUMO DE AIRE REAL EQUIPO M004 BRUÑIDORA

$$Q_{\text{real},M004} = Q_{\text{teorico},M004} \cdot F_{\text{uso},M004} \cdot F_{\text{simultaneidad},M004}$$

$$Q_{\text{teorico},M004} = 4$$

$$F_{\text{simultaneidad},M004} = 1$$

$$F_{\text{uso},M004} = 0.94$$

Manguera de limpieza en la planta de Mecanizado torno CNC DOOSAN

$$Q_{\text{real},M054} = Q_{\text{teorico},M054} \cdot F_{\text{uso},M054} \cdot F_{\text{simultaneidad},M054}$$

$$Q_{\text{teorico},M054} = 10.24$$

$$F_{\text{simultaneidad},M054} = 1$$

$$F_{\text{uso},M054} = 0.035$$

Manguera de limpieza en la planta de Mecanizado torno CNC LEADWELL

$$Q_{\text{real},M055} = Q_{\text{teorico},M055} \cdot F_{\text{uso},M055} \cdot F_{\text{simultaneidad},M055}$$

$$Q_{\text{teorico},M055} = 10.24$$

$$F_{\text{simultaneidad},M055} = 1$$

$$F_{\text{uso},M055} = 0.027$$

Manguera de limpieza en la planta de Mecanizado torno CNC PUMMA 400

$$Q_{\text{real},M058} = Q_{\text{teorico},M058} \cdot F_{\text{uso},M058} \cdot F_{\text{simultaneidad},M058}$$

$$Q_{\text{teorico},M058} = 10.24$$

$$F_{\text{simultaneidad},M058} = 1$$

$$F_{\text{uso},M058} = 0.017$$

Manguera de limpieza en la planta de Mecanizado bruñidora M019

$$Q_{\text{real},M019} = Q_{\text{teorico},M019} \cdot F_{\text{uso},M019} \cdot F_{\text{simultaneidad},M019}$$

$$Q_{\text{teorico},M019} = 14.69$$

$$F_{\text{simultaneidad},M019} = 1$$

$$F_{\text{uso},M019} = 0.016$$

Manguera de limpieza en la planta de Mecanizado Mandrinadora M022

$$Q_{\text{real},M022} = Q_{\text{teorico},M022} \cdot F_{\text{uso},M022} \cdot F_{\text{simultaneidad},M022}$$

$$Q_{\text{teorico},M022} = 28.03$$

$$F_{\text{simultaneidad},M022} = 1$$

$$F_{\text{uso},M022} = 0.014$$

Manguera de limpieza en la planta de Mecanizado torno convencional X010

$$Q_{\text{real},X010} = Q_{\text{teorico},X010} \cdot F_{\text{uso},X010} \cdot F_{\text{simultaneidad},X010}$$

$$Q_{\text{teorico},X010} = 51.77$$

$$F_{\text{simultaneidad},X010} = 1$$

$$F_{\text{uso},X010} = 0.0026$$

Manguera de limpieza en la planta de Mecanizado torno convencional M041

$$Q_{\text{real},M041} = Q_{\text{teorico},M041} \cdot F_{\text{uso},M041} \cdot F_{\text{simultaneidad},M041}$$

$$Q_{\text{teorico},M041} = 54.73$$

$$F_{\text{simultaneidad},M041} = 1$$

$$F_{\text{uso},M041} = 0.0026$$

Manguera de limpieza en la planta de Mecanizado torno convencional M002

$$Q_{\text{real},M002} = Q_{\text{teorico},M002} \cdot F_{\text{uso},M002} \cdot F_{\text{simultaneidad},M002}$$

$$Q_{\text{teorico},M002} = 45.83$$

$$F_{\text{simultaneidad},M002} = 1$$

$$F_{\text{uso},M002} = 0.0026$$

Manguera de limpieza en la planta de Mecanizado torno convencional M050

$$Q_{\text{real},M050} = Q_{\text{teorico},M050} \cdot F_{\text{uso},M050} \cdot F_{\text{simultaneidad},M050}$$

$$Q_{\text{teorico},M050} = 48.8$$

$$F_{\text{simultaneidad},M050} = 1$$

$$F_{\text{uso},M050} = 0.0026$$

Manguera de limpieza en la planta de Mecanizado torno convencional M043

$$Q_{\text{real},M043} = Q_{\text{teorico},M043} \cdot F_{\text{uso},M043} \cdot F_{\text{simultaneidad},M043}$$

$$Q_{\text{teorico},M043} = 54.73$$

$$F_{\text{simultaneidad},M043} = 1$$

$$F_{\text{uso},M043} = 0.0026$$

Flujo Total

$$Q_{total,real} = Q_{real,M043} + Q_{real,M050} + Q_{real,M002} + Q_{real,M041} + Q_{real,M010} + Q_{real,M022} + Q_{real,M019} + Q_{real,M058} + Q_{real,M055} + Q_{real,M054} + Q_{real,M004} + Q_{real,M001} + Q_{real,mangueras,E} + Q_{real,mangueras,I} + Q_{real,F025} + Q_{real,F024} + Q_{real,F064} + Q_{real,F025,presion} + Q_{real,F024,presion} + Q_{real,F064,presion}$$

RESULTADOS

$$F_{simultaneidad,E} = 1$$

$$F_{simultaneidad,F064} = 0.9$$

$$F_{simultaneidad,M004} = 1$$

$$F_{simultaneidad,M050} = 1$$

$$F_{uso,E} = 0.0041$$

$$F_{uso,F064} = 0.0041$$

$$F_{uso,M004} = 0.94$$

$$F_{uso,M050} = 0.0026$$

$$Q_{real,F024} = 0.036 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{real,F064,presion} = 0.03573 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{real,M022} = 0.3924 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{real,M058} = 0.1741 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,F024} = 0.4 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,F064,presion} = 10.73 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,M022} = 28.03 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,M055} = 10.24 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{total,real} = 73.09 \text{ [CFM]}$$

$$F_{simultaneidad,F024} = 0.9$$

$$F_{simultaneidad,F064,presion} = 0.9$$

$$F_{simultaneidad,M019} = 1$$

$$F_{simultaneidad,M054} = 1$$

$$F_{uso,F024} = 0.1$$

$$F_{uso,F064,presion} = 0.0037$$

$$F_{uso,M019} = 0.016$$

$$F_{uso,M054} = 0.035$$

$$Q_{real,F024,presion} = 0.9504 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{real,M001} = 3.76 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{real,M043} = 0.1423 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{real,M041} = 0.1423 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,F024,presion} = 10.56 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,M001} = 4 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,M041} = 54.73 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,M058} = 10.24 \text{ [CFM]}$$

$$F_{simultaneidad,F024,presion} = 0.9$$

$$F_{simultaneidad,I} = 0.8$$

$$F_{simultaneidad,M022} = 1$$

$$F_{simultaneidad,M055} = 1$$

$$F_{uso,F024,presion} = 0.0037$$

$$F_{uso,I} = 0.1$$

$$F_{uso,M022} = 0.014$$

$$F_{uso,M055} = 0.027$$

$$Q_{real,F025} = 0.0036 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{real,M002} = 0.1192 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{real,M050} = 0.1269 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{real,mangueras,E} = 0.5248 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,F025} = 0.04 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,M002} = 45.83 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,M043} = 54.73 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,mangueras,E} = 128 \text{ [CFM]}$$

$$F_{simultaneidad,F025} = 0.9$$

$$F_{simultaneidad,M001} = 1$$

$$F_{simultaneidad,M041} = 1$$

$$F_{simultaneidad,M058} = 1$$

$$F_{uso,F025} = 0.1$$

$$F_{uso,M001} = 0.94$$

$$F_{uso,M041} = 0.0026$$

$$F_{uso,M058} = 0.017$$

$$Q_{real,F025,presion} = 0.04129 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{real,M004} = 3.76 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{real,M054} = 0.3584 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{real,mangueras,I} = 61.87 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,F025,presion} = 12.4 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,M004} = 4 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,M050} = 48.8 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,mangueras,I} = 773.4 \text{ [CFM]}$$

$$F_{simultaneidad,F025,presion} = 0.9$$

$$F_{simultaneidad,M002} = 1$$

$$F_{simultaneidad,M043} = 1$$

$$F_{simultaneidad,X010} = 1$$

$$F_{uso,F025,presion} = 0.0037$$

$$F_{uso,M002} = 0.0026$$

$$F_{uso,M043} = 0.0026$$

$$F_{uso,X010} = 0.0026$$

$$Q_{real,F064} = 0.008745 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{real,M019} = 0.235 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{real,M055} = 0.2785 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{real,X010} = 0.1346 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,F064} = 2.37 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,M019} = 14.69 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,M054} = 10.24 \text{ [CFM]}$$

$$Q_{teorico,X010} = 51.77 \text{ [CFM]}$$

PERDIDAS DE CARGA EN LA RED DE AIRE COMPRIMIDO

TUBERIA PRINCIPAL + LONGITUD EQUIVALENTES EN LOS ACCESORIOS

Seccion	NODOS	Equipo	L real m	CODOS		VALVULAS ESFERICAS		TE'S		L. Equiv m	L. Total m
				1/2 (12,7 mm)		1/2 (12,7 mm)		1/2 (12,7 mm)			
				Cant.	m	Cant.	m	Cant.	m		
Sala de compresores		Linea de distribución hasta área de consumo	28.45	3	0.6					1.8	30.25
		Linea de distribución hasta área de consumo	28.45	3	0.6					1.8	30.25
	SALA DE COMPRESORES Nodo A	T006 -T046	8.7	7	0.6	1	0.2	4	0.7	7.2	15.9
	SALA DE COMPRESORES Nodo B	T007-T005- T006	6.56	7	0.6	3	0.2	2	0.7	6.2	12.76
	SALA DE COMPRESORES Nodo C	T007-T005	8.6	7	0.6	2	0.2	2	0.7	6	14.6
	SALA DE COMPRESORES Nodo D	T007-T005	9	4	0.6	1	0.2	2	0.7	4	13
		Linea de distribución hasta área de consumo		5.3	2	0.6					1.2
	Linea de distribución hasta área de consumo		5.3	2	0.6					1.2	6.5

TUBERIA SECUNDARIA " DISTRIBUCION" + LONGITUD EQUIVALENTES EN LOS ACCESORIOS

Seccion	NODOS	Equipo	L real m	CODOS		VALVULAS ESFERICAS		TE'S		L. Equiv m	L. Total m
				1/2 (12,7 mm) Cant.	m	1/2 (12,7 mm) Cant.	m	1/2 (12,7 mm) Cant.	m		
Maquinas de control numerico llaves de limpieza	Nodo A1	CNC DOOSAN LYNX 300	12.01	5	0.6	1	0.2	2	0.7	4.6	16.61
		CNC LEADWHEEL	12.36	4	0.6	1	0.2			2.6	14.96
Area de mantenimiento	Nodo A2	X 010	4.075			1	0.2	2	0.7	1.6	5.675
Planta de mecanizado	Nodo A3	M043	8.69	1	0.6	1	0.2	1	0.7	1.5	10.19
	Nodo A4	M050	20.333			1	0.2	2	0.7	1.6	21.933
		M019	7.061	4	0.6	1	0.2			2.6	9.661
	Nodo A5	M002	20.483	1	0.6	1	0.2	1	0.7	1.5	21.983
	Nodo A6	M022	9.94	3	0.6	1	0.2			2	11.94
		M041	17.167	1	0.6	1	0.2	2	0.7	2.2	19.367
	Nodo A8	Puntos muertos (M010)	17.484	1	0.6	1	0.2	2	0.7	2.2	19.684
	Nodo A9	Puntos muertos (M029)	19.914	1	0.6	1	0.2	1	0.7	1.5	21.414
Bruñidoras neumaticas / CNC	Nodo A7	CNC PUMA 400	15.2	3	0.6	1	0.2	1	0.7	2.7	17.9
	Nodo B1	M004	12.78	1	0.6	1	0.2	1	0.7	1.5	14.28
		M003	2.13	2	0.6	1	0.2	1	0.7	2.1	4.23
		M001	4.26	1	0.6	1	0.2	1	0.7	1.5	5.76
Planta de Mecanizado	Nodo A10	Punto muerto (M018)	11.53	1	0.6	1	0.2	1	0.7	1.5	13.03
	Nodo A11	Punto muerto (Mto/Electricista)	8.864	4	0.6					2.4	11.264
Sala de compresores	Nodo B	Linea Secundaria	28.45	3	0.6					1.8	30.25
	Nodo A	Linea Secundaria	28.45	3	0.6					1.8	30.25
Planta de fundicion llaves de limpieza/ Linea de centrifugas individuales	Nodo C1	F076-F050-F049-F048-F047	0.35			1	0.2	1	0.7	0.9	1.25
		F075-F058-F057-F056-F055				1	0.2	1	0.7	0.9	0.9
Planta de fundicion tanques agitadores e inyectores de pintura	Nodo C2	F024	5.76	1	0.6	2	0.2	2	0.7	2.4	8.16
Planta de fundicion llaves de limpieza/ Linea de centrifugas individuales	Nodo D1	F007-F006-F005-F008	10.52			1	0.2	1	0.7	0.9	11.42
		F054-F053-F052-F051				1	0.2	1	0.7	0.9	0.9
Planta de fundicion tanques agitadores e inyectores de pintura	Nodo C3	F025	5.68	2	0.6	2	0.2	2	0.7	3	8.68
Planta de fundicion llaves de limpieza/ Linea de centrifugas especiales	Nodo D2	F067-F011-F045-F066-F009-F010	47.342	12	0.6	1	0.2	3	0.7	9.5	56.842
Planta de fundicion tanques agitadores e inyectores de pintura	Nodo C4	F064	47.342	12	0.6	1	0.2	3	0.7	9.5	56.842

TUBERIA DE SERVICIO + LONGITUD EQUIVALENTES EN LOS ACCESORIOS

Seccion	NODOS	Equipo	L real m	REDUCCION 2d a d 1/2 (12,7 mm)		VALVULA ESFERICA 1/2 (12,7 mm)		L. Equiv m	L. Total m
				Cant.	m	Cant.	m		
Maquinas de control numerico llaves de limpieza	Nodo A1	CNC DOOSAN LYNX 300	4.2	1	0.45	1	0.2	0.65	4.85
		CNC LEADWHEEL	5	1	0.45	1	0.2	0.65	5.65
Area de mantenimiento	Nodo A2	X 010	5.3	1	0.45	1	0.2	0.65	5.95
Planta de mecanizado	Nodo A3	M043	7.85	1	0.45	1	0.2	0.65	8.5
	Nodo A4	M050	3.8	1	0.45	1	0.2	0.65	4.45
		M019	3	1	0.45	1	0.2	0.65	3.65
	Nodo A5	M002	7.69	1	0.45	1	0.2	0.65	8.34
	Nodo A6	M022	12.39	1	0.45	1	0.2	0.65	13.04
		M041	10.07	1	0.45	1	0.2	0.65	10.72
	Nodo A8	Puntos muertos (M010)	0	1	0.45	1	0.2	0.65	0.65
	Nodo A9	Puntos muertos (M029)	0	1	0.45	1	0.2	0.65	0.65
Bruñidoras electroneumaticas / CNC	Nodo A7	CNC PUMA 400	3	1	0.45	1	0.2	0.65	3.65
	Nodo B1	M004	1.5	1	0.45	1	0.2	0.65	2.15
		M003	1.5	1	0.45	1	0.2	0.65	2.15
		M001	1	1	0.45	1	0.2	0.65	1.65
Planta de Mecanizado	Nodo A10	Punto muerto (M018)	0	1	0.45	1	0.2	0.65	0.65
	Nodo A11	Punto muerto (Mto/Electricista)	0	1	0.45	1	0.2	0.65	0.65
Planta de fundicion llaves de limpieza/ Linea de centrifugas individuales	Nodo C1	F076-F050-F049-F048-F047	10.46			1	0.2	0.2	10.66
		F075-F058-F057-F056-F055	7.2			1	0.2	0.2	7.4
Planta de fundicion tanques agitadores e inyectores de pintura	Nodo C2	F024	2			2	0.2	0.4	2.4
Planta de fundicion llaves de limpieza/ Linea de centrifugas individuales	Nodo D1	F007-F006-F005-F008	7.3			1	0.2	0.2	7.5
		F054-F053-F052-F051	10.6			1	0.2	0.2	10.8
Planta de fundicion tanques agitadores e inyectores de pintura	Nodo C3	F025	2			2	0.2	0.4	2.4
Planta de fundicion llaves de limpieza/ Linea de centrifugas especiales	Nodo D2	F067-F011-F045-F066-F009-F010	9.85			1	0.2	0.2	10.05
Planta de fundicion tanques agitadores e inyectores de pintura	Nodo C4	F064	9.85			2	0.2	0.4	10.25
Planta de fundicion llaves de limpieza/ Linea de centrifugas individuales	Nodo D3	F015-F014-F-013-F012-F069-F074	6.7			1	0.2	0.2	6.9
		F019-F018-F017-F016-F068-F073	10.9			1	0.2	0.2	11.1

Calculo de la velocidad. La velocidad de circulación del aire, en cualquier punto de la instalación se puede calcular por la expresión:

$$V = 378 \cdot \frac{Q \cdot Z}{P \cdot D^2} \quad ; \quad V = 50.57 \cdot \frac{Q}{D^2}$$

V= Velocidad de circulación en m/s

Q= Caudal en m³ /h

Z= Factor de compresibilidad (con Z aproximadamente = 1 para el aire)

P= presión absoluta en bar.

D= Diámetro de la conducción en mm

Otro criterio que se emplea es el de fijar un máximo de 6 a 10 m/s de velocidad de aire comprimido por las tuberías.

La velocidad máxima del aire que pasa por las tuberías secundarias no debe sobrepasar los 8 m/s. Para las tuberías de servicio la máxima velocidad no debe sobrepasar los 15 m/s.

De acuerdo a la tipología y a la geometría de la red, los caudales, longitudes, caídas de presión y velocidad de circulación del aire en cada trama y en cada boca de salida son los siguientes:

PERDIDA POR CARGA Y VELOCIDAD DE CIRCULACION DE AIRE EN LA LINEA DE SERVICIO

Seccion	Equipo	L m	Q m ³ /h	D m	Δpresion	V (m/s)
Maquinas de control numerico llaves de limpieza	CNC DOOSAN LYNX 300	4.85	0.61	6.35	0.000924703	0.7650245
	CNC LEADWHEEL	5.65	0.47	6.35	0.000670234	0.5894451
Area de mantenimiento	X 010	5.95	0.23	6.35	0.00019223	0.2884519
Planta de mecanizado	M043	8.5	0.25	6.35	0.000319617	0.3135346
	M050	4.45	0.22	6.35	0.000132596	0.2759105
	M019	3.65	0.4	6.35	0.000322851	0.5016554
	M002	8.34	0.21	6.35	0.000228331	0.2633691
	M022	13.04	0.67	6.35	0.00294913	0.8402728
	M041	10.72	0.25	6.35	0.000403093	0.3135346
	Puntos muertos (M010)					
	Puntos muertos (M029)					
Bruñidoras neumaticas / CNC	M004	2.15	6.4	6.35	0.029556032	8.0264865
	M003	2.15				
	M001	1.65	6.4	6.35	0.022682536	8.0264865
Planta de Mecanizado	CNC PUMA 400	3.65	0.3	6.35	0.000191255	0.3762416
	Punto muerto (M018)					
	Punto muerto (Mto/Electricista)					
Planta de fundicion llaves de limpieza/ Linea de centrifugas individuales	F076-F050-F049-F048-F047	10.66	17.52	12.7	0.032432827	5.4931267
	F075-F058-F057-F056-F055	7.4	17.52	12.7	0.022514345	5.4931267
Planta de fundicion tanques agitadores e inyectores de pintura	F024	6.16	1.63	12.7	0.000248747	0.5110614
Planta de fundicion llaves de limpieza/ Linea de centrifugas individuales	F007-F006-F005-F008	7.5	17.52	12.7	0.022818593	5.4931267
	F054-F053-F052-F051	10.8	17.52	12.7	0.032858774	5.4931267
Planta de fundicion tanques agitadores e inyectores de pintura	F025	8.29	0.08	12.7	1.38731E-06	0.0250828
Planta de fundicion llaves de limpieza/ Linea de centrifugas	F067-F011-F045-F066-F009-F010	10.05	0.9	12.7	0.000137684	0.2821812
Planta de fundicion tanques agitadores e inyectores de pintura	F064	10.25	0.02	12.7	1.37592E-07	0.0062707
Planta de fundicion llaves de limpieza/ Linea de centrifugas individuales	F015-F014-F-013-F012-F069-F070	6.9	17.52	12.7	0.020993106	5.4931267
	F019-F018-F017-F016-F068-F073	11.1	17.52	12.7	0.033771518	5.4931267
	TOTAL	163.86	124.16		0.224349729	

	El color rojo significa que es un punto muerto que no se esta utilizando
	El color azul significa que es un equipo que no se esta utilizando

PERDIDA POR CARGA Y VELOCIDAD DE CIRCULACION DE AIRE EN RAMALES SECUNDARIOS

Seccion	Equipo	L m	Q m³/h	D m	Δpresion	V (m/s)
Maquinas de control numerico llaves de limpieza	CNC DOOSAN LYNX 300	15.6	0.61	12.7	0.000105298	0.1912561
	CNC LEADWHEEL	7.8	0.47	12.7	3.27573E-05	0.1473613
Area de mantenimiento	X 010	5.675	0.23	12.7	6.49092E-06	0.072113
Planta de mecanizado	M043	10.19	0.25	12.7	1.3565E-05	0.0783837
	M050	31.594	0.62	12.7	0.000219661	0.1943915
	M019					
	M002	21.983	0.21	12.7	2.1307E-05	0.0658423
	M022	101.05	0.92	12.7	0.001440873	0.2884519
	M041					
	Puntos muertos (M010)					
Puntos muertos (M029)						
Bruñidoras neumaticas / CNC	M004	50.05	12.8	12.7	0.086004617	4.0132432
	M003					
	M001					
Planta de Mecanizado	CNC PUMA 400	17.9	0.3	12.7	3.32054E-05	0.0940604
	Punto muerto (M018)					
	Punto muerto (Mto/Electricista)					
Planta de fundicion llaves de limpieza/ Linea de centrifugas individuales	F076-F050-F049-F048-F047	0.3	35.04	12.7	0.105275733	10.986253
	F075-F058-F057-F056-F055					
Planta de fundicion tanques agitadores e inyectores de pintura	F024	2.16	1.63	12.7	8.72229E-05	0.5110614
Planta de fundicion llaves de limpieza/ Linea de centrifugas individuales	F007-F006-F005-F008	7.32	35.04	12.7	0.078634527	10.986253
	F054-F053-F052-F051					
Planta de fundicion tanques agitadores e inyectores de pintura	F025	3.68	0.08	12.7	6.15839E-07	0.0250828
Planta de fundicion llaves de limpieza/ Linea de centrifugas especiales	F067-F011-F045-F066-F009-F0	56.842	0.9	12.7	0.000778729	0.2821812
Planta de fundicion tanques agitadores e inyectores de pintura	F064	56.842	0.02	12.7	7.63026E-07	0.0062707
Planta de fundicion llaves de limpieza/ Linea de centrifugas individuales	F015-F014-F-013-F012-F069-F0	9.5	35.04	12.7	0.102053006	10.986253
	F019-F018-F017-F016-F068-F0					
TOTAL		398.49	124.16		0.374708371	

CAIDA DE PRESION EN LA LINEA PRINCIPAL

SECCION	EQUIPO	L m	Q m ³ /h	D m	ΔPRESION	V (m/s)
Planta de Mecanizado	lineas de distribucion hasta area de consumo	28.45	12.7	12.7	0.048194844	3.981889764
		28.45	3.61	12.7	0.004883609	1.131860004
Sala de compresores	T006-T046	15.9	3.31	12.7	0.002330664	1.037799616
	T007-T005-T006	12.76	13.1	12.7	0.022870727	4.107303615
	T007-T005	14.6	37.65	12.7	0.178747781	11.80457871
	T007-T005	13	70.1	12.7	0.493339268	21.97877736
Planta de Fundicion	lineas de distribucion hasta area de consumo	5.3	32.77	12.7	0.050400928	10.27452973
		5.3	70.98	12.7	0.205749562	22.25468783

A continuación se muestra los consumos de cada uno de los equipos y herramientas neumáticas en la planta de mecanizado, en la planta de fundición y sus respectivas pérdidas de presión en cada una de ellas.

También muestra la pérdida de presión en la línea principal que sale de la sala de compresores y el caudal total de consumo de todos los equipos de la empresa.

CONSUMO TOTAL DE AIRE Y PERDIDA DE PRESION

		EQUIPO	CAUDAL PLANTA DE MECANIZADO [CFM]	Δ CAIDA PRESION [BARES] MECANIZADO
Conducto secundario 1 Linea 1 (limpieza)	Maquinas de control numerico	M055	0.36	1.03E-03
		M054	0.28	7.03E-04
	Equipo para Mantenimiento	X010	0.14	1.9872-04
	Equipos convencionales Para trabajos especiales	M043	0.14	3.33E-04
		M050	0.13	6.75E-04
	Equipo para mecanizado interior	M019	0.24	
		M041	0.14	4.80E-03
	Equipo para mecanizado Interior	M022	0.39	
	Equipo convencional para tranajos especiales	M002	0.12	2.13E-05
	Equipo CNC	M058	0.17	2.25E-04
		TOTAL	2.11	7.79E-03
Conducto secundario 2 Linea 2 (Bruñido / limpieza)	Celda de Bruñidoras	M001	3.76	0.1382
		M004	3.76	
		TOTAL	7.52	0.1382
		TOTAL PLANTA DE MECANIZADO	9.63	0.145987141

		EQUIPO	CAUDAL PLANTA DE FUNDICION [CFM]	Δ CAIDA PRESION [BARES] FUNDICION
Conducto secundario 3 Linea 3 (limpieza / Pintado)	Centrifugas Individuales	F076-F050-F049-F048-F047	10.31	0.14
		F075-F058-F057-F056-F055	10.31	
	Tanque agitador e inyector	F024	0.99	3.36E-04
	Tanque agitador e inyector	F064	0.05	9.00E-07
	Tanque agitador e inyector	F025	0.05	2.00E-06
TOTAL		TOTAL	21.71	0.1403389
Conducto secundario 4 Linea 4 (limpieza / Pintado)	Centrifugas Individuales	F007-F006-F005-F008	10.31	0.14
		F054-F053-F052-F051	10.31	
		F015-F014-F-013-F012-F069-F068	10.31	0.16
		F019-F018-F017-F016-F068-F067	10.31	
	Centrifugas Especiales	F067-F011-F045-F066-F009-F008	0.5248	9.16E-04
	TOTAL	TOTAL	41.7648	0.300916
		TOTAL PLANTA DE FUNDICION	63.4748	0.4412549

		EQUIPO	CAUDAL DE CONSUMO [CFM]	ΔPRESION
Conducto principal	Sala de compresores	T006-T046	1.95	7.20E-03
		T007-T005-T006	7.72	0.071
		T007-T005	22.16	0.23
		T007-T005	41.27	0.7
		TOTAL	TOTAL	73.1

CONSUMO TOTAL DE AIRE [CFM]	73.1048
Δ CAIDA TOTAL PRESION [BARES]	1.595442041

7.5 Procedimiento de mantenimiento en equipos compresores

A. Hacer un inventario de los compresores instalados.

- Cantidad, localización en planta, tipo de compresor.
- Determinar el ciclo de trabajo, tiempo cargando vs. tiempo descargando de cada compresor.

B. Determinar la disponibilidad de capacidad de aire en reserva en cada área de servicio.

- Evaluar los efectos de una interrupción de la operación en cada área para predecir el aspecto de crisis de un compresor que esté temporalmente fuera de servicio.
- A partir de estos efectos, se podrá establecer áreas críticas y asignar prioridades en los programas de mantenimiento.

C. Determinar requerimientos diarios normales de cada unidad.

- Aceite.
- Chequeos visuales y audibles.
- Establecer hoja de registro de rutina para ser llevada por las personas responsables de la máquina.
- Revisar las hojas conjuntamente con el personal.
- Planear con anticipación como resultado de estas de registro: piezas en existencia, reemplazamiento de piezas, chequeos periódicos, etc.

Como complemento a los aspectos anteriores se miraran los siguientes puntos:

- En primer lugar está la localización del compresor.
- Debe haber suficiente espacio alrededor y por encima de la unidad para hacer el trabajo de rutina diaria.

Se debe dejar espacio también para:

- Una adecuada recirculación del aire con el fin de evitar sobrecalentamientos del motor y de otros dispositivos eléctricos sensibles como también del aire de admisión.
- Si la unidad se instala en un sitio donde es difícil encontrarla, verla o moverla alrededor de ella, el personal de mantenimiento hallará una excusa para evitarla, es una reacción humana normal.

En segundo lugar está el filtro de aire de entrada. Un compresor de aire es un respirador. Si se le suministra aire sucio, húmedo y cargado de abrasivos entonces la vida útil de los elementos internos del compresor se acortarán considerablemente.

El compresor prestará un mejor servicio si:

- Lo mantiene limpio.
- Lo mantiene adecuadamente enfriado.
- Lo mantiene debidamente aceitado.

En cuanto a lubricación se puede hacer los siguientes comentarios:

- Seleccione un aceite que cumpla las especificaciones del fabricante del compresor. Consulte el manual de instrucciones para las especificaciones exactas.
- Lleve registros sobre cuanto usa y cuando se hacen los cambios.

En resumen, el mantenimiento de los compresores se realiza mejor si tiene en cuenta las siguientes sugerencias:

- Ubique la unidad en un área accesible.
- Manténgala limpia por dentro y por fuera.
- Manténgala lubricada. Controle la cantidad y la calidad del aceite.

- Lleve registro del tipo que le convenga a sus necesidades. Le ayudará a determinar los intervalos de mantenimiento preventivo.
- Concéntrese en lo que usted realmente puede ser con los recursos disponibles.

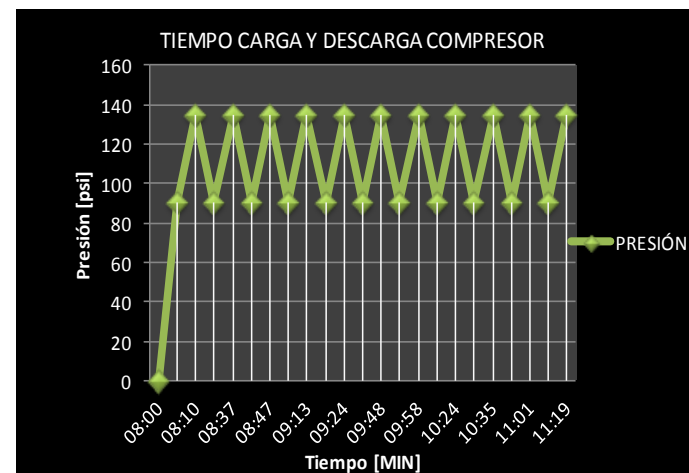
RUTINA DE MANTENIMIENTO PARA COMPRESOR ALTERNATIVO ENFRIADO POR AIRE	
Diariamente	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener niveles de lubricante entre niveles alto y medio. • Drenar el tanque y las trampas de humedad del sistema. • Realizar inspección visual del compresor. • Revisar cualquier ruido o vibración inusual. • Revisar fugas y presión sistema de lubricación.
Semanal	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar funcionamiento válvulas de alivio. • Limpiar superficies sistema de refrigeración del compresor. • Revisar fugas de aire en compresor y línea de distribución. • Inspeccionar estado del lubricante (nivel de contaminación). • Limpiar o reemplazar el filtro de aire del tanque.
Mensual	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar la tensión de la correa de transmisión.
Trimestral	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar el aceite (mayor frecuencia en ambientes severos).
Semestral	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar fugas en válvulas del compresor.
Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar los contactos de arranque del motor.

Tiempos de carga y descarga de los compresores con la antigua conexión

TIEMPO DE CARGA Y DESCARGA DEL COMPRESOR M046 MES DE SEPTIEMBRE Y OCTUBRE 2012

HORA	TIEMPO DE CARGA	TIEMPO DE DESCARGA
08:10	4	6.5
08:37	14	12.5
08:47	3.5	6.1
09:13	14.1	12.3
09:24	4.05	6.45
09:48	13.58	11.4
09:58	4	6
10:24	14	12
10:35	4.15	6.55
11:01	14.05	12.2
11:19	3.56	6.2
11:38	14.07	12.4

TIEMPO	PRESIÓN
08:00	0
08:04	90
08:10	135
08:24	90
08:37	135
08:40	90
08:47	135
09:07	90
09:13	135
09:17	90
09:24	135
09:37	90
09:48	135
09:52	90
09:58	135
10:12	90
10:24	135
10:29	90
10:35	135
10:49	90
11:01	135
11:05	90



TIEMPO DE CARGA Y DESCARGA COMPRESOR T006 MES DE SEPTIEMBRE Y OCTUBRE 2012

HORA	TIEMPO DE CARGA	TIEMPO DE DESCARGA
08:01	1	3.21
08:04	1.38	2.32
08:08	1.07	3.37
08:12	2.21	5.48
08:20	1	4.11
08:25	1.57	4.53
08:31	1	2.52
08:35	1.16	2.57
08:38	1.35	2.1
08:42	1.28	2.25
08:45	2.18	5.17
08:53		

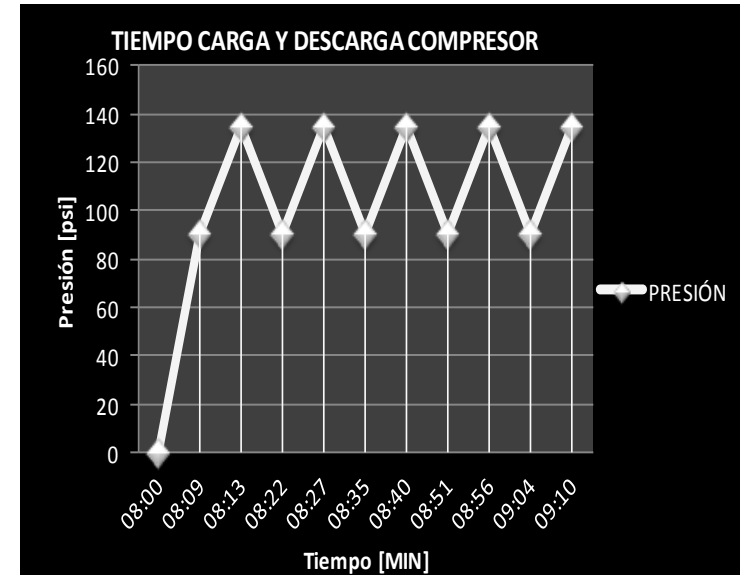
TIEMPO	PRESIÓN
08:00	0
08:01	90
08:04	135
08:06	90
08:08	135
08:12	90
08:15	135
08:20	90
08:21	135
08:25	90
08:27	135
08:31	90
08:32	135
08:35	90
08:36	135
08:38	90
08:40	135
08:42	90
08:43	135
08:45	90
08:48	135



TIEMPO DE CARGA Y DESCARGA COMPRESOR T007 MES DE SEPTIEMBRE Y OCTUBRE 2012

HORA	TIEMPO DE CARGA	TIEMPO DE DESCARGA
08:09	9.2	4.33
08:13	8.08	5.2
08:27	8.37	4.51
08:40	11	5.56
08:56	7.58	6.23
09:10		

TIEMPO	PRESIÓN
08:00	0
08:09	90
08:13	135
08:22	90
08:27	135
08:35	90
08:40	135
08:51	90
08:56	135
09:04	90
09:10	135



Tiempos de carga y descarga con la nueva conexión

TIEMPO DE CARGA Y DESCARGA DEL COMPRESOR COMPRESOR M046 MES DE NOVIEMBRE Y DICIEMBRE

COMPRESOR M046

HORA	TIEMPO DE CARGA	TIEMPO DE DESCARGA
08:10	4	6.5
08:37	14	12.5
08:47	3.5	6.1
09:13	14.1	12.3
09:24	4.05	6.45
09:48	13.58	11.4
09:58	4	6
10:24	14	12
10:35	4.15	6.55
11:01	14.05	12.2
11:19	3.56	6.2
11:38	14.07	12.4

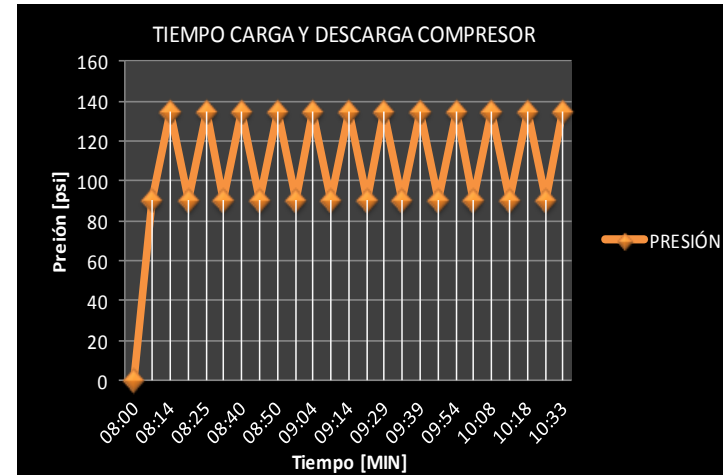
TIEMPO	PRESIÓN
08:00	0
08:04	90
08:10	135
08:24	90
08:37	135
08:40	90
08:47	135
09:07	90
09:13	135
09:17	90
09:24	135
09:37	90
09:48	135
09:52	90
09:58	135
10:12	90
10:24	135
10:29	90
10:35	135
10:49	90
11:01	135
11:05	90
11:19	135



TIEMPO DE CARGA Y DESCARGA DEL COMPRESOR COMPRESOR T005 MES DE NOVIEMBRE Y DICIEMBRE

HORA	TIEMPO DE CARGA	TIEMPO DE DESCARGA
08:02	2.1	12.25
08:14	2.2	8.15
08:25	2.35	12.4
08:40	2.3	8.2
08:50	1.45	12.1
09:04	2.05	8.35
09:14	2	12.5
09:29	2.2	8.2
09:39	2.4	12.4
09:54	2.35	12.15
10:08	2.4	8.15
10:18	2.1	12.05

TIEMPO	PRESIÓN
08:00	0
08:02	90
08:14	135
08:17	90
08:25	135
08:27	90
08:40	135
08:42	90
08:50	135
08:52	90
09:04	135
09:06	90
09:14	135
09:16	90
09:29	135
09:31	90
09:39	135
09:41	90
09:54	135
09:56	90
10:08	135
10:11	90
10:18	135
10:21	90
10:33	135



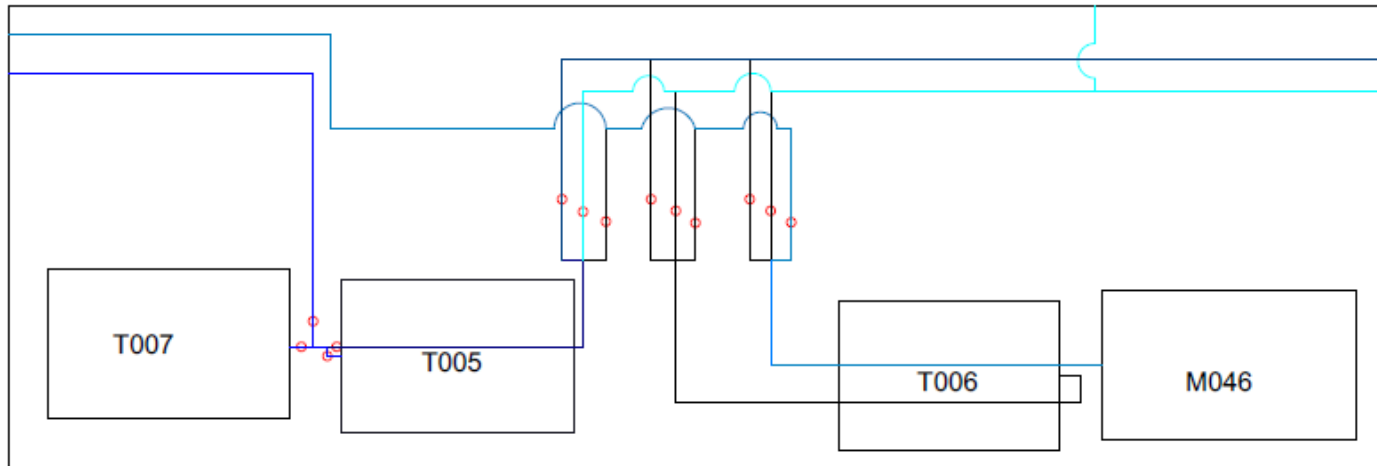
TIEMPO DE CARGA Y DESCARGA COMPRESOR T007 MES DE NOVIEMBRE Y DICIEMBRE

HORA	TIEMPO DE CARGA	TIEMPO DE DESCARGA
08:12	12.3	7.5
08:20	11.51	7
08:38	12.55	7.4
08:58	12.25	7.5
09:18	11.55	7.3
09:37	11.3	7
09:55	12.1	7.1
10:14	12.05	7.2
10:34	12.3	7.55
10:53	12.4	7
11:13	11.55	6.2
11:30	12.1	6.05

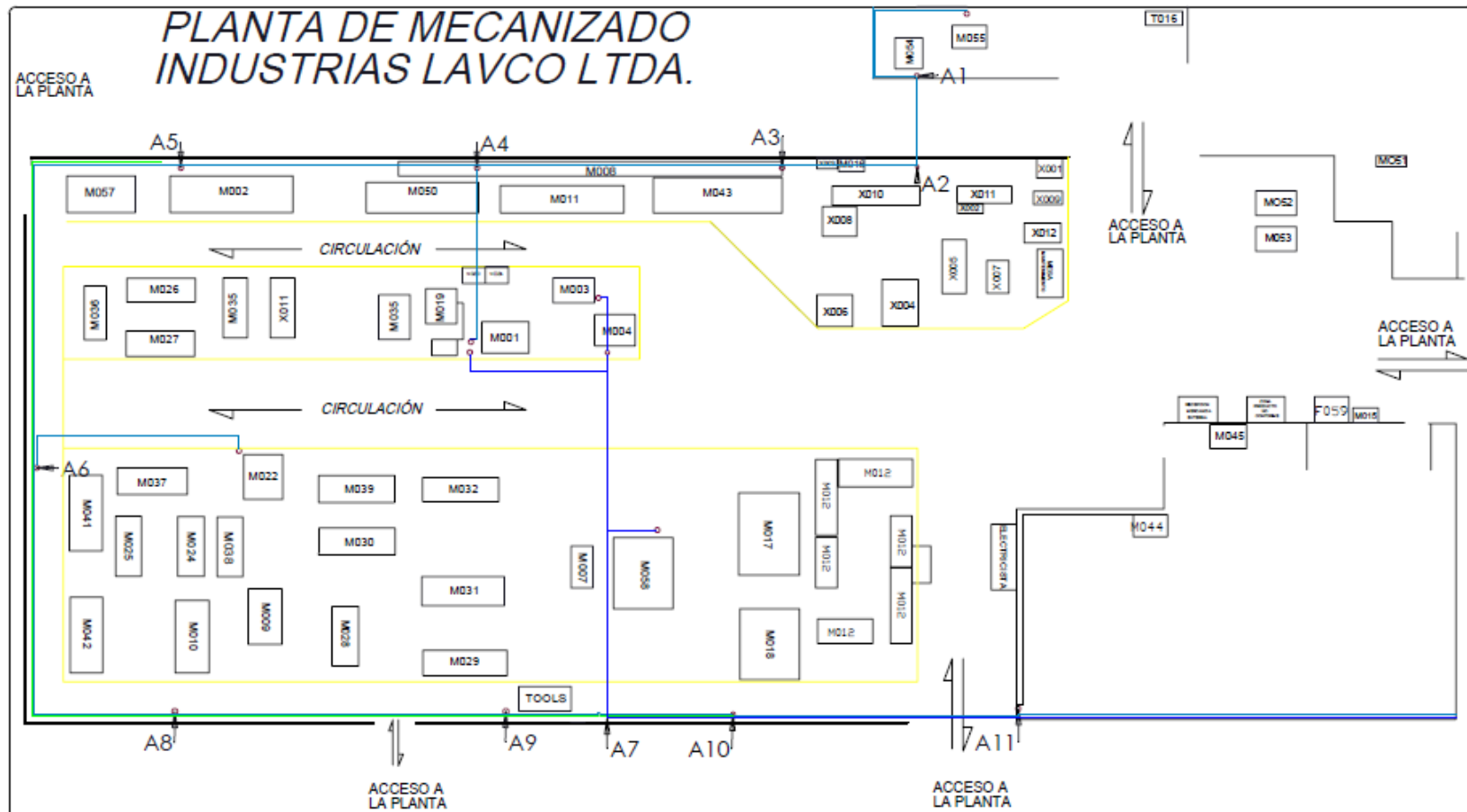
TIEMPO	PRESIÓN
08:00	0
08:12	90
08:20	135
08:31	90
08:38	135
08:51	90
08:58	135
09:10	90
09:18	135
09:30	90
09:37	135
09:48	90
09:55	135
10:07	90
10:14	135
10:26	90
10:34	135
10:46	90
10:53	135
11:06	90
11:13	135
11:24	90
11:30	135
11:43	90
11:49	135



PLANTA DE FUNDICION INDUSTRIAS LAVCO (COMPRESORES) LTDA.



A	FORMATO PLANOS MECANIZADO	CLIENTE : INDUSTRIAS LAVCO LTDA.	OBSERVACIONES	Salvo indicacion contraria Angulos en grados cotas en : metros (pulgadas)	Digitó: Juan Ignacio Valderrama R.
	Plano 1 de 1	LAVCO <i>Liderazgo Metalmeccanico</i>			MARCA : PLANO DE PLANTA
MODELO / REF : PLANTA DE FUNDICION		PESO :			Aprobó: Dr. Luis Armando Vesga Rueda
CODIGO PLANO :		Fecha : 2011-10-08			Revision : 03 Escala : 1:250



 Liderazgo Metalmeccánico	FORMATO PLANOS MECANIZADO CLIENTE: INDUSTRIAS LAVCO LTDA. MARCA: PLANO DE PLANTA MODELO / REF: PLANTA DE MECANIZADO PESO: CODIGO PLANO:	OBSERVACIONES • TOMAS DE AIRE	Salvo indicación contraria Angulos en grados cotas en : Centímetros (pulgadas)
	Digito: Juan Ignacio Valderrama Reviso: Juan Ignacio Valderrama Aprobó: Dr. Luis Armando Vesga Rueda		Fecha : 2012-12-22 Revisión : 03 Escala : 1:200
Plano 1 de 1			
LTR Nº	REVISIÓN	FECHA/APROB	LTR Nº
LTR Nº	REVISIÓN	FECHA/APROB	LTR Nº

PLANTA DE FUNDICION INDUSTRIAS LAVCO LTDA.

