

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Nombre del proyecto:

“Propuesta de rediseño para un plan de mantenimiento en los sistemas de enfriamiento de la empresa Medical Care”

Para optar por el grado de bachillerato en Ingeniería Industrial

AUTOR:

Michael Stevens Monge Sánchez

TUTOR:

Ing. Carlos Calderón Borge

Sede Aranjuez

SAN JOSÉ, COSTA RICA

Enero 2018

Dedicatoria

Dedicado primero a mi Dios que me ha dado la fuerza y fortaleza para seguir cada día de mi vida, a mis padres que son mis pilares en la vida quienes me impulsan a ser mejor, a esforzarme y cumplir mis metas y en especial a mi abuela Cristina Fallas Amador que, aunque hoy no estés fuiste y serás mi mas gran admiradora la que creyó siempre en mí y me amo como mi propia madre.

Agradecimientos

Nuevamente agradezco a Dios y a mis padres por su amor incondicional a la familia Fonseca y Guillén por acogerme como parte de su familia, a todos mis amigos, compañeros de estudio y trabajo que con sus palabras y sabiduría me han ayudado a ser una mejor persona y un mejor trabajador, a mis jefes por su apoyo y un gran agradecimiento a mis profesores en especial a mi tutor Carlos Calderón Borge y el director de carrera Freddy Hernández Barahona por ser un soporte y ayuda para concluir un capítulo más en este libro de la vida.

“En tiempos de cambio, quienes estén abiertos al aprendizaje se adueñarán del futuro, mientras que aquellos que creen saberlo todo estarán bien equipados para un mundo que ya no existe”

Eric Hoffer.

BUENA FE: toda conducta o comportamiento, criterio emitido y labor desempeñada debe basarse en los más altos principios éticos y tendrá como fundamento la buena fe.

Resumen Ejecutivo

El siguiente trabajo de investigación está elaborado en una empresa que fabrica equipos hospitalarios como bombas de infusión y sus accesorios para el uso humano, el cual es vendido a los diferentes centros médicos a nivel mundial cumpliendo con los más altos estándares de calidad para brindar productos de excelencia, seguro y confiables para la vida humana.

El presente trabajo, está enfocado en los diferentes tipos de mantenimientos con el fin de asegurar la confiabilidad, alargando la vida útil tanto de los equipos como de los accesorios de las máquinas para reducir el gasto en repuestos y hora hombre.

Inicialmente se realiza un estudio de los equipos para verificar y determinar la capacidad del proceso, identificando la criticidad y el impacto en la calidad del producto y el proceso, generado por el fallo de los equipos y las repercusiones que esto podría generar de cara al cliente.

Una vez realizada la clasificación se clasifican los repuestos más críticos, se comparan con los inventarios de máximos y mínimos según la necesidad.

Seguidamente identificando estos equipos se realizará un estudio de repuestos críticos para clasificarlos y asegurar que los inventarios de máximos y mínimos sean capaces de satisfacer la demanda de los equipos críticos. También parte de esta investigación es la estandarización de las tareas de mantenimiento agrupar los equipos según su fabricante y sus características para que no haya confusión en los mantenimientos, eliminar la subjetividad de algunas operaciones para evitar el error humano como posible causa de fallo en los equipos.

Para terminar, se medirán la duración de los mantenimientos preventivos y los transportes innecesarios debido a la mala distribución de las áreas y las largas distancias, para evaluar si es rentable una nueva distribución de los puestos de trabajo y crear estaciones con herramienta necesaria para las diferentes tareas, mejorando el tiempo de respuesta, reduciendo el tiempo por mantenimiento y mejorando la calidad de vida de los técnicos ya que disminuye el cansancio por jornadas laborales de 12 horas.

En conclusión, la suma de cada uno de estos factores pretende buscar la excelencia del departamento de facilidades siendo un beneficio para la compañía y evitando fallos que se puedan prever.

Contenido

Dedicatoria	1
Agradecimientos.....	2
Carta de Autorización del Tutor	3
Carta de Revisión Filológica	4
Carta de aprobación de la Defensa del Trabajo Final de Graduación	5
Resultado de revisión a modificaciones	5
Solicitadas en el trabajo final de graduación.....	5
Declaración Jurada	6
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS	7
CÓDIGO DE ÉTICA	7
Resumen Ejecutivo.....	9
Figuras	14
Ilustraciones.....	16
Tablas	17
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	18
Generalidades de la Empresa.....	19
Organización.....	20
Misión.....	21
Visión	22
Planteamiento del Problema	22
Objetivo general	23

Objetivos específicos.....	23
Justificación.....	23
Antecedentes.....	24
Proyecciones.....	24
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	26
Mantenimiento Industrial	26
Historia del mantenimiento Industrial	26
Mantenimiento.....	27
Tipos de Mantenimiento.....	27
Mantenimiento Correctivo.....	27
Mantenimiento Preventivo.	27
Mantenimiento Programado	28
Mantenimiento Predictivo.	28
Análisis por ultrasonido.....	29
Análisis de vibraciones.....	29
Termografía.	30
Análisis de aceite.....	30
Análisis de criticidad	31
Diagrama de Ishikawa.....	33
Diagrama causa efecto.....	34
Diagrama de Pareto	35
Ciclo de Deming.....	38
Estudio de capacidad de un proceso	42
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	44

Enfoques	44
Enfoque cualitativo.....	44
Enfoque cuantitativo.....	44
Diseño.....	45
Investigación exploratoria	45
Investigación descriptiva.....	45
Investigación correlacional.....	45
Investigación explicativa.....	45
Muestra de la Investigación.....	46
Variables.....	47
Instrumentos	48
Recolección de datos	49
Métodos de análisis	50
Cronograma.....	50
Diagrama de Gantt.....	51
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE SITUACIÓN	52
Diagrama de proceso del departamento de facilidades	54
Diagrama de proceso de los equipos para cumplir con las condiciones de temperatura, humedad y presión diferencial a cargo del departamento de facilidades	55
Diagrama de flujo del proceso de la realización de las tareas de mantenimiento	59
Diagrama de Ishikawa	59
Análisis de criticidad de los equipos	60
Estudio de capacidad del proceso.....	61
Cálculo de la muestra	62

Estudio de repuesto más críticos en los equipos	67
Estandarización de los equipos y tareas de mantenimiento.....	70
Estudio de tiempos para disminuir los traslados innecesarios.....	72
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
Conclusiones.....	77
Recomendaciones	78
CAPÍTULO VI PROPUESTA	80
Resultados del estudio del ABC	80
Estandarización de los equipos y las tareas de mantenimiento	82
Diseño de la propuesta para la reducción de traslados innecesarios	90
Estaciones de trabajo	92
Responsables del mantenimiento de las estaciones de trabajo	95
Implementar controles estadísticos.....	97
Factores críticos para el éxito del proyecto	99
Análisis económico	100
Beneficios del proyecto	102
Referencias	103
APÉNDICES	104

Figuras

Figura No 1. Organigrama General.....	20
Figura No2. Organigrama del departamento de facilidades.....	21
Figura No 3. Diagrama de Ishikawa.....	34
Figura No 4. Diagrama causa efecto.....	35
Figura No 5. Ciclo de Deming.....	42
Figura No 6 Fórmula para el cálculo de la muestra infinita.....	46
Figura No 7. Cronograma de actividades.....	50
Figura No 8 Diagrama de avance del trabajo de investigación.....	51
Figura No 9 Estrategia para un plan en los procesos de mantenimiento.....	53
Figura No 10 Diagrama de flujo del departamento de facilidades.....	54
Figura No 11 Diagrama de proceso departamento de facilidades.....	57
Figura No 12. Diagrama de flujo de la realización de las tareas de mantenimiento..	58
Figura No 13 Diagrama de Ishikawa.....	60
Figura No 14 Equipos Críticos.....	61
Figura No 15 Gráfico de capacidad.....	63
Figura No 16 Gráfico de capacidad de la humedad.....	64
Figura No 17 Estudio de capacidad de temperatura.....	65
Figura No 18 Estudio de capacidad de humedad.....	66
Figura No 19 Diagrama ABC de repuestos.....	68
Figura No 20. Gráfico de control ABC.....	69
Figura No 21 Distribución de los equipos de Chiller y Manejadoras de aire por familia.....	71
Figura No 22 Plano recorrido de los técnicos.....	72

Figura No 23 Tiempo total vrs Tiempo efectivo	76
Figura No 24 Clasificación de equipo	82
Figura No 25 Datos de los equipos	83
Figura No 26 Datos para la ejecución del mantenimiento	84
Figura No 27 Fórmula re lubricación de rodamientos.....	85
Figura No 28 Gráfico de frecuencia de engrase.....	86
Figura No 29 Tabla de torque para tornillos en pulgadas.....	87
Figura No 30 Fórmula para calcular el span	88
Figura No 31 Ficha técnica de los equipos	89
Figura No 32 Propuesta de traslados innecesarios.....	91
Figura No 33 Diagrama de flujo para la aplicación de los controles estadísticos	98

Ilustraciones

Ilustración No 1 Conexiones alrededor del mundo Medical Care	19
Ilustración No 2 Banco de trabajo	93
Ilustración No 3 Caja de herramientas estación de trabajo	93
Ilustración No 4 Gabinete estación de trabajo.....	94

Tablas

Tabla No 1 Análisis de criticidad	32
Tabla No 2. Variables.....	48
Tabla No 3. Instrumentos	49
Tabla No 4 Muestra de capacidad de proceso	62
Tabla No 5 Resumen de resultados del análisis de la Temperatura	62
Tabla No 6 Resumen de resultados de análisis de criticidad de la humedad.....	63
Tabla No 7 Resumen para el gráfico de Pareto ABC.....	67
Tabla No 8. Cuadro resumen del ABC de los repuestos para los mantenimientos correctivos y programados	68
Tabla No 9 Tiempos de traslados.....	73
Tabla No 10 Tiempos real versus tiempos no productivo.....	74
Tabla No 11 Repuestos Críticos	81
Tabla No 12 Cálculo de los datos de engrase	84
Tabla No 13 Tensión de las fajas.....	88
Tabla No 14 Estaciones de trabajo.....	92
Tabla No 15 Control de las estaciones de trabajo	95
Tabla No 16 Control de insumos.....	96
Tabla No 17 Indicadores de mantenimiento	97
Tabla No 18 Gastos del proyecto.....	100
Tabla No 19 Cargas de trabajo	100
Tabla No 20 Cálculo de la ganancia.....	101

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al sistema de gestión de mantenimiento del departamento de facilidades de la empresa de productos hospitalarios, el cual está estructurado, pero al mismo tiempo se han encontrado algunos puntos los cuales se pueden enriquecer ya que el departamento está en un continuo cambio y siempre buscando el mejoramiento de cada una de sus áreas.

Los mantenimientos están divididos en correctivos, preventivos, programados y predictivos, pero actualmente, aunque son documentados cada uno de ellos no son lo más apropiado, debido a que los equipos están agrupados en familias y con el paso del tiempo muchos de ellos se han cambiado por equipos más modernos y algunos inclusive pertenecen a otros fabricantes, lo que ha creado diferencias en algunos puntos ya que no coinciden con las tareas descritas en los documentos de mantenimiento.

Para analizar las problemáticas de esta investigación es necesario entender la diferencia de cada uno de los tipos de mantenimientos que existen en la empresa y saber clasificarlos de forma que nos permitan prevenir, predecir y corregir las fallas de una manera más precisa, además como parte del trabajo se desea estandarizar los procesos de las tareas de mantenimiento, clasificar los repuestos más críticos y reducir los tiempos de traslado para mejorar la productividad del departamento.

Por tal motivo se busca seguir una línea de investigación en donde se desea re diseñar, desarrollar y mejorar la gestión de mantenimiento del departamento de facilidades de la empresa en estudio. Cabe destacar que la finalidad de esta investigación es aportar una serie de datos y herramientas las cuales podrán utilizar el departamento de facilidades como guía para la implementación en sus tareas de mantenimiento.

Debido a esto la empresa y el departamento de facilidades ha mostrado un gran interés en esta investigación y una completa colaboración por parte de los departamentos involucrados, para de esta forma avanzar en el mejoramiento continua que es una de las ideologías más arraigada de la compañía para brindar un servicio de calidad y a tiempo a sus clientes internos como externos.

Generalidades de la Empresa

La empresa Medical Care siendo este un nombre ficticio con el cual llamaremos a la compañía para proteger los intereses de la empresa, salvaguardando información confidencial y sensible tanto de los clientes internos como externos, es una empresa dedicada a la fabricación de equipos hospitalarios con la misión de brindar excelencia, calidad y un compromiso con sus clientes para llevar a través de sus productos calidad de vida de los pacientes alrededor del mundo.

Para algunos de los cálculos realizados en esta investigación se utilizará un factor de conversión para proteger valores confidenciales tanto de la empresa como de los proveedores.

Ilustración No 1 Conexiones alrededor del mundo Medical Care

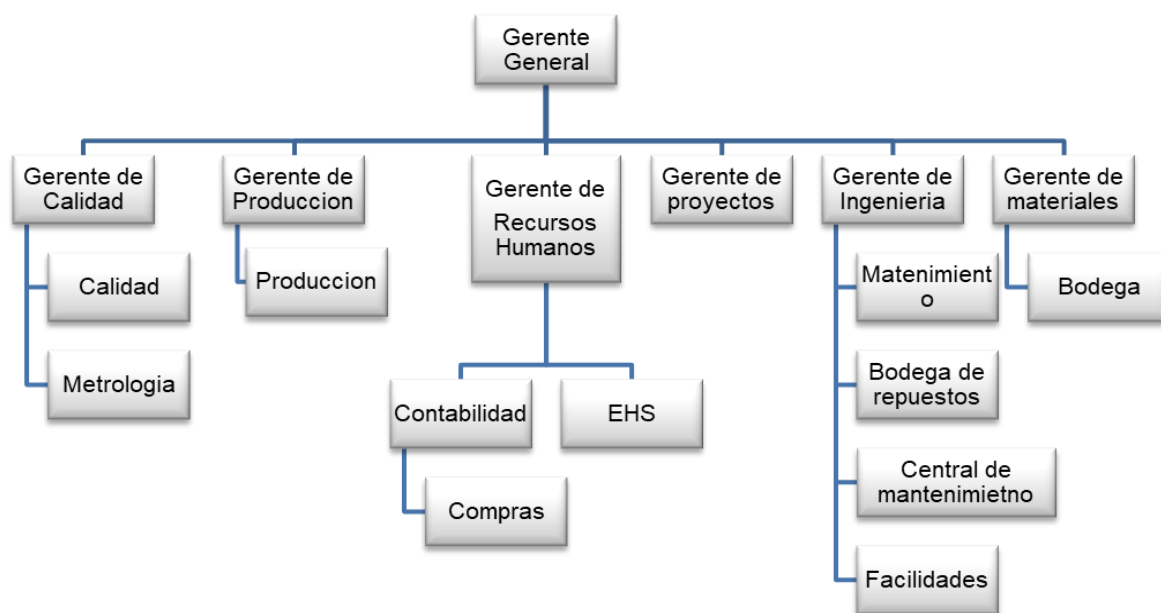


Fuente: Google

Organización

Como se ve a continuación en la figura No 1 la empresa está conformada por un tipo de organización descentralizada donde gerencia delega ciertas funciones a los diferentes departamentos. En la sección de ingeniería es donde se encuentra la central de mantenimiento, en este departamento se llevan a cabo todas las ordenes de trabajo de toda la planta sus funciones es asignar, llevar un control y archivar cada uno de los mantenimientos realizados en los equipos tanto de producción como del departamento de facilidades donde será centrada la investigación.

Figura No 1. Organigrama General

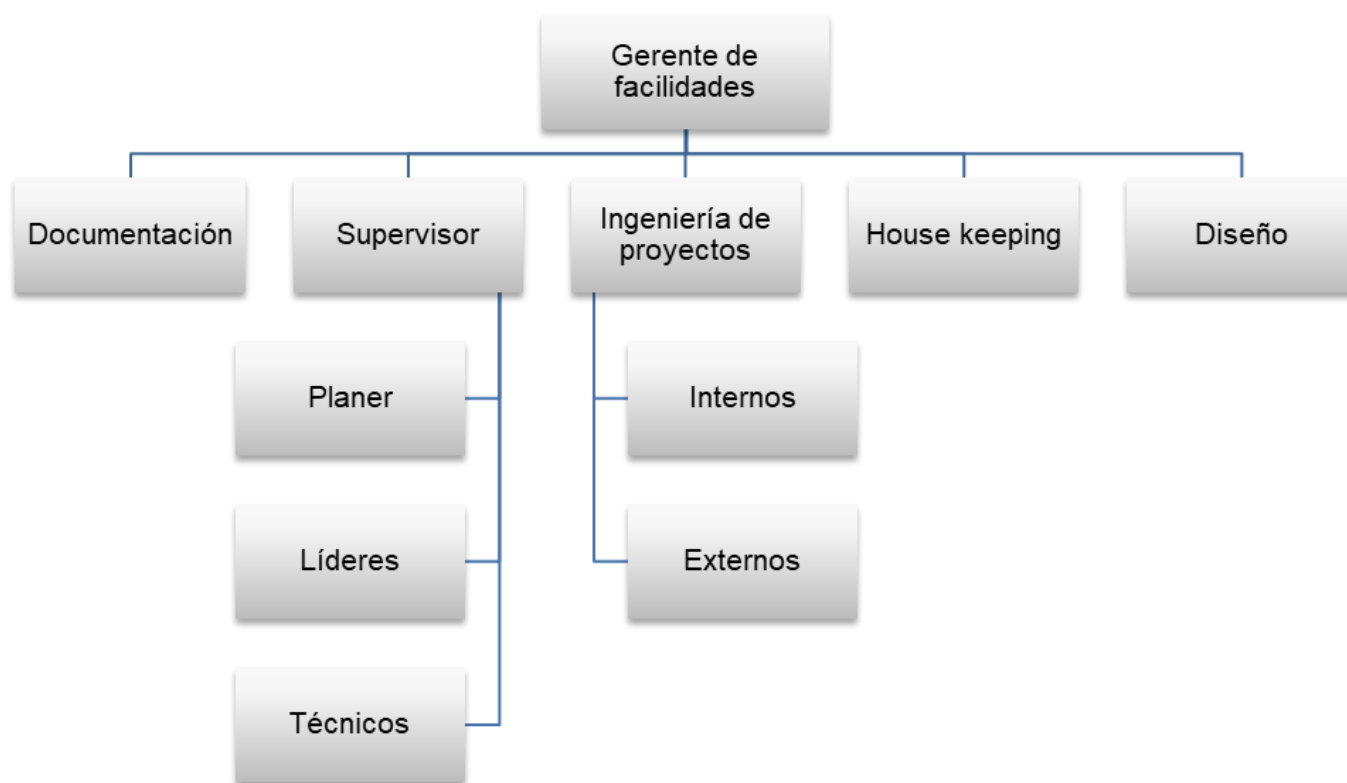


Nota: Michael Monge Sánchez

En la figura No 2 se muestra como está estructurado el departamento de facilidades donde cuenta con un gerente de sección el cual está a cargo de cada uno de los sub grupos. Para este trabajo se tomaran en cuenta todos los individuos que están relacionados directamente con la

parte de mantenimiento de los equipos que dan soporte a las condiciones de los cuartos limpios como lo son supervisor, planer, líderes y técnicos de este departamento.

Figura No2. Organigrama del departamento de facilidades



Nota: Michael Monge Sánchez

Misión

Manufacturar y entregar soluciones innovadoras y personalizadas para el cuidado de la salud, favoreciendo la calidad de vida del paciente y excediendo las expectativas de nuestros clientes, inversionistas y empleados.

Visión

Ser una organización reconocida como líder en la innovación de procesos para la manufactura de productos médicos confiables.

Planteamiento del Problema

Actualmente la empresa cuenta con un sistema de gestión de mantenimiento (correctivo, programado, preventivo y predictivo) el cual está estructurado, pero aun así se han encontrado algunos problemas como que los equipos están agrupados en familias y se clasifican todos por igual, lo cual ha provocado que los recursos no se administren de la mejor forma. Las tareas de mantenimiento se asignan de igual manera para todos los equipos de cada familia; debido a que hay diferentes fabricantes y especificaciones dentro de las mismas familias de equipos, producen que algunas tareas no reflejen la necesidad de los equipos.

Las tareas de mantenimiento en algunos casos no cuentan con las características propias de los diferentes tipos de mantenimiento, lo que genera que mucha de la información se vea mezclada, espacios en blanco en las ordenes de trabajo debido al cruce de tipos de mantenimiento dificultan la interpretación, además en algunos casos hace imposible separar los tiempos del mantenimiento preventivo del correctivo o programado por tal motivo no permite determinar el tiempo real de algunas tareas específicas. También se analizará el manejo de inventario de repuestos de acuerdo con los registros históricos de fallas, para determinar cuáles son los más críticos, gracias a esto se podrá actualizar las cantidades mínimas que tiene el departamento de bodega y el punto de re orden de los repuestos con mayor tiempo de entrega, también se estandarizara los métodos de trabajo para disminuir la subjetividad de algunas de las tareas de los mantenimientos y por ultimo un estudio de tiempos muertos de los traslados innecesarios para aumentar el tiempo productivo de los técnicos.

¿Cómo optimizar las rutinas de mantenimiento (correctivo, preventivo, programado y predictivo) de los sistemas de enfriamiento de la empresa mediante el re diseño de las tareas asignadas a los equipos para un mejor control del uso de los recursos?

Objetivo general

Proponer un rediseño dentro de las rutinas de mantenimiento (preventivo, correctivo y predictivo) de los sistemas de enfriamiento y manejadoras de aire de la empresa mediante el rediseño de las tareas asignadas a los equipos para un control del uso de los recursos de tiempo, hombre e inventarios.

Objetivos específicos

- Estimar la criticidad de los equipos por medio de un estudio de capacidad del proceso para evidenciar el impacto que puede ocasionar en el proceso de producción.
- Calcular la demanda de repuestos mediante las proyecciones de los datos históricos para un mejor control inventario.
- Examinar los métodos actuales para estandarizar las tareas de mantenimiento.
- Realizar un estudio de traslados innecesarios para disminuir los tiempos muertos y encontrar una mejor distribución en la planta.

Justificación

La siguiente investigación a realizar, se enfocará en el departamento de facilidades en los equipos como Chiller (equipos que producen agua helada) y Manejadoras de Aire. En esta se estudiarán los diferentes tipos de mantenimiento de cada uno de los equipos y familias para clasificar y actualizar cada una de las tareas implicadas en los documentos. Además, esta investigación busca demostrar algunas mudas por transporte y por mala implementación de las tareas del mantenimiento, así como estandarizar los métodos de trabajo para disminuir algunas fallas por el criterio de los técnicos.

Es importante señalar la importancia del departamento de facilidades y el gran impacto que puede ocasionar la falla de uno o varios de los equipos que están a cargo de este departamento ya que estos equipos su función primordial es la de mantener las condiciones de temperatura y humedad de los cuartos limpios.

En estos cuartos en donde se lleva a cabo la mayor parte de la producción de la planta; si alguno de los equipos de facilidades falla los técnicos tienen aproximadamente 15 minutos para restablecer las condiciones si por alguna razón el o los equipos no se logran restablecer en ese

tiempo todo el personal de producción debe abandonar los cuartos y ubicarse en zonas aledañas para esperar que las condiciones se restablezcan.

En el caso de que un equipo de estos falle y por algún motivo el departamento de facilidades no sé percató del evento y pasan más de 15 minutos, todo el material producido luego de ese tiempo debe ser eliminado, por tal motivo el funcionamiento de estos equipos debe ser el mejor para evitar considerables pérdidas económicas a la compañía y por eso se cuenta con el apoyo de la gerencia del departamento y la aprobación de la empresa.

Antecedentes

La empresa en el 2015 realizó un trabajo en donde lo que se buscó fue clasificar las tareas en trabajos mecánicos y trabajos eléctricos, se agruparon en familias y se introduce los chequeos de tareas para así comprobar que la tarea indicada en el documento fue realizada, pero lo que no se tomó en consideración es que algunas tareas no se adaptaban para todos los equipos debido a que algunos son más modernos o pertenecen a otros fabricantes.

En el siguiente artículo científico destaca la importancia del mantenimiento y como un mantenimiento predictivo, aunque genere un costo considerable minimiza el impacto en las áreas de producción evitando los paros inesperados.

“La importancia del mantenimiento industrial radica en la necesidad que tienen las empresas de conservar todas sus máquinas e instalaciones trabajando continua y eficientemente” (Olarte C, Botero A, & Cañon A, 2010)

Proyecciones

1. Lo que se busca con esta investigación es demostrar el comportamiento del proceso de las condiciones de temperatura y humedad dentro del cuarto de producción, para concientizar la importancia de los equipos del departamento de facilidades y el impacto que puede generar en el proceso de fabricación.
2. Además, poder identificar cuáles son los repuestos más críticos para tener control de los inventarios, actualizar los puntos mínimos de pedidos que realiza la bodega de repuestos.

3. Estandarizar los métodos de algunas de las tareas de mantenimiento para disminuir las fallas de los equipos por problemas de criterio por parte de los técnicos.
4. Elaborar un estudio de planta para disminuir el tiempo de transporte de los técnicos logrando reducirlo en un 10% los traslados innecesarios.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

El siguiente capítulo tiene como función principal aclarar algunos conceptos para orientar a los lectores y se les facilite la comprensión del problema a atacar, buscando estructurar una serie de hipótesis o afirmaciones las cuales más adelante las pondremos a prueba para poder fundamentarlas e interpretar los resultados para esclarecer si son alcanzables o no los resultados esperados.

Mantenimiento Industrial

Historia del mantenimiento Industrial

Históricamente, el mantenimiento nace como servicio a la producción. Lo que se denomina Primera Generación del Mantenimiento cubre el periodo que se extiende desde el inicio de la revolución industrial hasta la Primera Guerra Mundial. En estos días la industria no estaba altamente mecanizada, por lo que el tiempo de paro de maquina no era de mayor importancia. Esto significaba que la prevención de las fallas en los equipos no era una prioridad para la mayoría de los gerentes. A su vez, la mayoría de los equipos eran simples, y una gran cantidad estaba sobredimensionada. Esto hacía que fueran fiables y fáciles de reparar. Como resultado no había necesidad de un mantenimiento sistematizado más allá de limpieza y lubricación, y por ello la base del mantenimiento era puramente correctiva. Las posteriores generaciones del mantenimiento trajeron el preventivo sistemático, el predictivo, el proactivo, el mantenimiento basado en fiabilidad, etc. Aun así, una buena parte de las empresas basan su mantenimiento exclusivamente en la reparación de averías que surgen, e incluso algunas importantes empresas sostienen que esta forma de actuar es la más rentable. En otras muchas, las tareas correctivas suponen un alto porcentaje de su actividad y son muy pocas las empresas que han planteado como objetivo reducir a cero este tipo de tareas (objetivo cero averías) y muchas menos las que lo han logrado. (García Garrido, 2010)

Las primeras empresas que existieron estaban conformadas por grupos de personas que tenían que trabajar en cada uno de los pasos del proceso de producción y a su vez reparar las herramientas y las máquinas cuando presentaban alguna avería. Debido a que los trabajadores desarrollaban múltiples oficios, el elaborar un producto terminado para ofrecerlo en el mercado implicaba un alto costo en tiempo y dinero. Con el objetivo de ganar más, invirtiendo menos, las

empresas se vieron obligadas a distribuir a sus trabajadores para que se dedicaran a tareas específicas, dichas tareas fueron de dos tipos: Tareas de operación de las máquinas y tareas de reparación de estas. En 1930, el empresario automotriz Henry Ford, implementó un nuevo sistema de organización al interior de su empresa al cual llamó “Producción en cadena”. Este nuevo sistema, fue establecido a través de la asignación de responsabilidades organizadas. (Olarte C, Botero A, & Cañon A, 2010)

Mantenimiento

Según (García Garrido, 2010) ”Definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicios durante el mayor tiempo posible buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento”.

De acuerdo con lo mencionado por Garrido la finalidad del mantenimiento es lograr que los equipos sean lo más confiables posibles y que siempre estén en condiciones de trabajo para evitar paros innecesarios lo cual puede afectar la parte productiva de las empresas generando gastos elevados y hasta pérdida de producto.

Tipos de Mantenimiento

Dentro de la industria se pueden clasificar tres tipos de mantenimientos básicos que deben de tener las industrias para aumentar el buen funcionamiento de los equipos dentro de los cuales serán resaltadas su principal función. Los mantenimientos se dividen en correctivo, preventivo, programado y predictivo.

Mantenimiento Correctivo.

De acuerdo con (García Garrido, 2010) “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”.

Mantenimiento Preventivo.

Al mantenimiento preventivo se le puede definir como la conservación planeada. Tiene como función permitir el conocimiento sistemático del estado de las máquinas y equipos para programar la tarea que debe realizarse, en los momentos más oportunos y de menor impacto.

El mantenimiento preventivo se refiere a que no se debe esperar a que las máquinas fallen para hacerles una reparación, sino que se programen los recambios con el tiempo necesario antes de que se presente la falla; esto se puede lograr conociendo las especificaciones técnicas de los equipos a través de los manuales (Alaveddra Flores, y otros, Enero-Diciembre, 2016).

Según (Alaveddra Flores, y otros, Enero-Diciembre, 2016) la finalidad del mantenimiento preventivo es encontrar y corregir los problemas menores antes de que provoquen fallas. El mantenimiento preventivo también puede ser definido como una lista completa de actividades, todas realizadas por usuarios, operadores y encargados de mantenimiento, para asegurar el correcto funcionamiento de la planta, edificios, máquinas, equipos, vehículos, etc. De esta manera, se tendrá la confiabilidad de que estos equipos operen en adecuadas condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado y niveles de funcionamiento, consiguiendo una disminución del tiempo muerto, menos existencias en almacenes y, por ende, la reducción de los costos.

Continuando con el autor anterior no sé puede dejar de relacionar el mantenimiento preventivo con la disponibilidad, pues son dos variables que van de la mano. Por lo tanto, debemos resaltar que la disponibilidad es el trabajo completo que se le da a un equipo y la confiabilidad que este tiene en la operación. La disponibilidad de un equipo representa el tiempo disponible de un sistema al servicio de la unidad de producción, la cual se calcula en porcentaje en un tiempo determinado. La disponibilidad es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionabilidad de un elemento.

Mantenimiento Programado

De acuerdo con (Garcia Garrido, 2010) una vez determinada la criticidad de un equipo que se está analizando hemos obtenido un gran paso en la decisión de qué tipo de mantenimiento debemos elegir, si el equipo es crítico debido a que afectara la producción o la calidad del producto el modelo de mantenimiento será programado ya que se debe de estudiar un poco más las consecuencias de una avería.

Mantenimiento Predictivo.

El mantenimiento predictivo consta de una serie de ensayos de carácter no destructivo orientados a realizar un seguimiento del funcionamiento de los equipos para detectar signos de advertencia que indiquen que alguna de sus partes no está trabajando de la manera correcta. A

través de este tipo de mantenimiento, una vez detectadas las averías, se puede, de manera oportuna, programar las correspondientes reparaciones sin que se afecte el proceso de producción y prolongando con esto la vida útil de las máquinas (Olarte C, Botero A, & Cañon A, 2010).

Las siguientes herramientas son las más utilizadas para la implementación de este tipo de mantenimiento y se clasifican en:

- Análisis por ultrasonido.
- Análisis de vibraciones.
- Termografía.
- Análisis de aceite.

Análisis por ultrasonido.

Según (Olarte C, Botero A, & Cañon A, 2010) el análisis por ultrasonido está basado en el estudio de las ondas de sonido de alta frecuencia producidas por las máquinas cuando presentan algún tipo de problema.

Este mismo autor indica que el oído humano puede percibir el sonido cuando su frecuencia se encuentra entre 20 Hz y 20 kHz, por tal razón el sonido que se produce cuando alguno de los componentes de una máquina se encuentra afectado, no puede ser captado por el hombre porque su frecuencia es superior a los 20 kHz. Las ondas de ultrasonido tienen la capacidad de atenuarse muy rápido debido a su corta longitud, esto facilita la detección de la fuente que las produce a pesar de que el ambiente sea muy ruidoso. Los instrumentos encargados de convertir las ondas de ultrasonido en ondas audibles se llaman medidores de ultrasonido o detectores ultrasónicos. Por medio de estos instrumentos las señales ultrasónicas transformadas se pueden escuchar por medio de audífonos o se pueden observar en una pantalla.

Análisis de vibraciones.

Esta técnica de mantenimiento predictivo se basa en el estudio del funcionamiento de las máquinas rotativas a través del comportamiento de sus vibraciones. Todas las máquinas presentan ciertos niveles de vibración, aunque se encuentren operando correctamente, sin embargo, cuando se presenta alguna anomalía estos niveles normales de vibración se ven alterados indicando la necesidad de una revisión del equipo (Olarte C, Botero A, & Cañon A, 2010).

Continuando con el autor anterior para que este método tenga validez, es indispensable conocer ciertos datos de la máquina como lo son: su velocidad de giro, el tipo de cojinetes, de correas, el número de alabes, palas, etc. También es muy importante determinar los puntos de las máquinas en donde se tomarán las mediciones y el equipo analizador más adecuado para la realización del estudio.

Termografía.

De acuerdo con (Olarte C, Botero A, & Cañon A, 2010) la Termografía es una técnica que estudia el comportamiento de la temperatura de las máquinas con el fin de determinar si se encuentran funcionando de manera correcta.

El mismo autor menciona la energía que las máquinas emiten desde su superficie viaja en forma de ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz; esta energía es directamente proporcional a su temperatura, lo cual implica que, a mayor calor, mayor cantidad de energía emitida. Debido a que estas ondas poseen una longitud superior a la que puede captar el ojo humano, es necesario utilizar un instrumento que transforme esta energía en un espectro visible, para poder observar y analizar la distribución de esta energía.

Análisis de aceite.

De acuerdo con (Olarte C, Botero A, & Cañon A, 2010) “El análisis de aceites determina el estado de operación de las máquinas a partir del estudio de las propiedades físicas y químicas de su aceite lubricante”.

La técnica de análisis de aceites permite cuantificar el grado de contaminación y/o degradación del aceite por medio de una serie de pruebas que se llevan a cabo en laboratorios especializados sobre una muestra tomada de la máquina cuando está operando o cuando acaba de detenerse. El grado de contaminación del aceite está relacionado con la presencia de partículas de desgaste y de sustancias extrañas, por tal razón es un buen indicador del estado en que se encuentra la máquina. El grado de degradación del aceite sirve para determinar su estado mismo porque representa la pérdida en la capacidad de lubricar producida por una alteración de sus propiedades y la de sus aditivos. (Olarte C, Botero A, & Cañon A, 2010)

Análisis de criticidad

Según (García Garrido, 2010) podemos decir que no todos los equipos tienen la misma importancia en una planta industrial. Es indiscutible que algunos equipos tienen más importancia que otros. Como los recursos de una empresa para mantener una planta son limitados, debemos designar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes, dejando una porción del reparto a los equipos que menos pueden influir en los resultados de la empresa.

Pero ¿cómo diferenciamos los equipos que tienen una gran influencia en los resultados de los que no la tienen? Cuando tratamos de hacer esta diferenciación, estamos realizando el análisis de criticidad de los equipos de la planta.

A continuación, veremos una serie de niveles de importancia o criticidad:

A. Equipos críticos: Son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afectan significativamente a los resultados de la empresa.

B. Equipos importantes: Son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles.

C. Equipos prescindibles: Son aquellos con una incidencia escasa en los resultados. Como mucho supondrá una pequeña incomodidad, al pequeño inconveniente de escasa trascendencia o un costo mínimo que es fácil de asumir.

Opcionalmente algunas empresas prefieren incluir una categoría más: los equipos altamente críticos. Se pretende con la introducción de esta nueva categoría distinguir entre dos tipos de equipos críticos distintos: equipos más críticos y equipos menos críticos.

Se puede observar, en segundo lugar, que criterios podemos utilizar para clasificar cada uno de los equipos en alguna de las categorías anteriores. Debemos considerar la influencia que una anomalía tiene en cuatro aspectos: producción, calidad, mantenimiento, y seguridad.

- **Producción:** Cuando valoramos la influencia que un equipo tiene en producción, nos preguntamos cómo afecta a esta un posible fallo. Dependiendo de que suponga una parada total de la instalación, una parada de una zona de producción preferente, paralice equipos productivos, pero con pérdidas de producción asumibles o no tengan influencia en producción, clasificaremos el equipo como A, B o C.

- **Calidad:** El equipo puede tener una influencia muy importante y decisiva en la calidad del producto o servicio final, una influencia relativa que no acostumbre a ser problemática o una influencia nula.
- **Mantenimiento:** El equipo puede ser muy problemático, con averías caras y frecuentes; o bien un equipo con un coste medio en mantenimiento; o, por último, un equipo de bajo coste, que normalmente no dé problema.
- **Seguridad y medio ambiente:** Un fallo del equipo puede suponer un accidente muy grave, tanto como para el medio ambiente o para las personas y que tenga cierta probabilidad de fallo; es posible también que el equipo no presente ninguna influencia en la seguridad.

Tabla No 1 Análisis de criticidad

ANÁLISIS DE CRITICIDAD				
Tipos de equipo	Seguridad y medio ambiente	Produccion	Calidad	Mantenimiento
A CRITICO	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al plan de producción.	Es clave para la calidad del producto.	Un costo alto en la reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periodicas frecuentes(mensuales)		Es causante de un alto porcentaje de rechazo.	Averia muy frecuente.
	Ha producido accidentes en el pasado.			Consume parte importante de los recursos de mantenimiento de(mano de obra/repuestos).
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periodicas (anuales). Puede ocasionar accidentes grave pero la posibilidad son remotas	Afecta la produccion pero es recuperable(no llega a afectar a los clientes ni el plan de produccion).	Afecta la calidad del producto pero generalmente no es problema.	Costo medio en mantenimiento
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en produccion	No afecta la calidad del producto.	Bajo costo en mantenimiento

Fuente: Organización y gestión integral del mantenimiento

Diagrama de Ishikawa

El mismo autor menciona que el diagrama de Ishikawa, también conocido como espina de pescado, es un medio de recolectar la información sobre todas las características de calidad generada en la fabricación del producto asociada a un proceso o a un producto y ordenarlas en categorías.

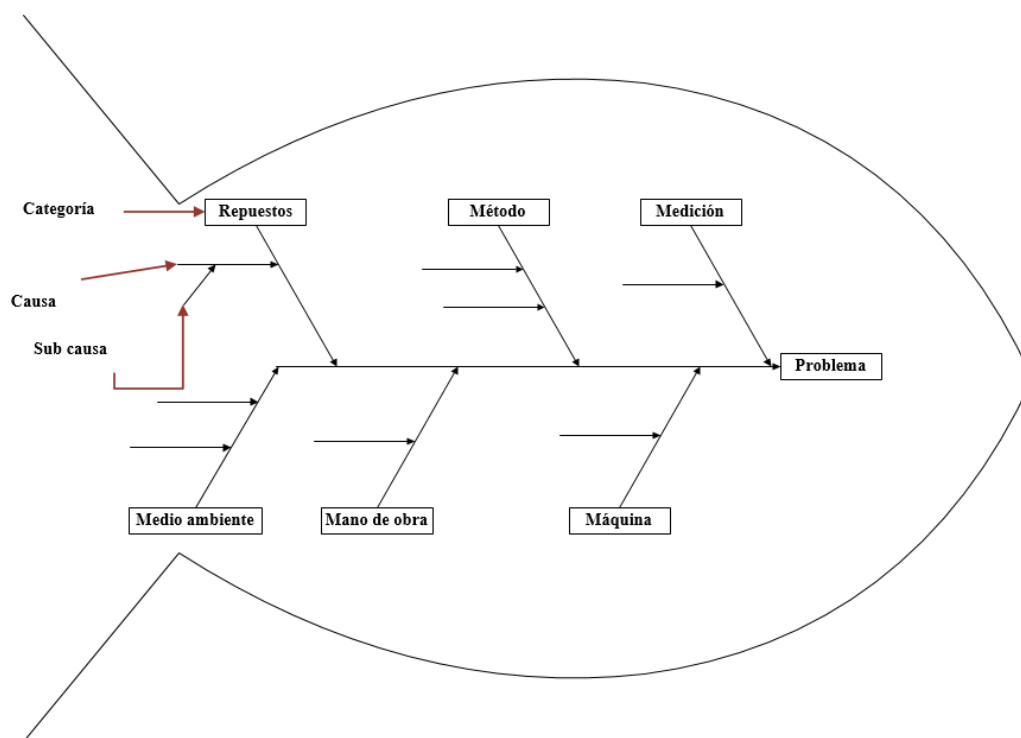
Según (Acuña Acuña, 2012) para construir un diagrama de Ishikawa se debe de seguir el siguiente procedimiento:

1. Elegir el producto o proceso a estudiar.
2. Colocar la palabra del producto o proceso en estudio en el extremo derecho de una flecha horizontal al final de la línea.
3. Hacer una lista de características de calidad para cada parte del producto, tomando en cuenta a todo el personal involucrado en el proceso no se deben dejar por fuera ninguna característica que tengan una periodicidad muy espaciada por lo que puede ser que no se detecte en el periodo de observación.
4. Ordenar la información en forma secuencial, de acuerdo con las partes que componen el producto, las etapas que conforman el proceso, el orden de los factores de calidad o el orden de las características principales.
5. Dibujar las flechas diagonales (ramas principales) sobre las que se representarán las partes del proceso, las partes del producto, los factores o las características de la calidad.
6. Dibujar sub ramas y anotar en ellas las características de calidad asociadas a cada factor.
7. Verificar que todas las características han sido anotadas, algunos factores de calidad se pueden considerar tales como:
 - Recurso humano
 - Métodos
 - Medio ambiente
 - Mano de obra
 - Maquinaria

- Materia prima.

En la figura No 3 se muestra cómo debe de construirse un diagrama de Ishikawa.

Figura No 3. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Libro Control de Calidad

Diagrama causa efecto

Según el autor (Acuña Acuña, 2012) “El diagrama de causa y efecto se construye para que cada una de las características prioritarias seleccionadas por el paralelogramo. El objetivo es buscar las causas que provocan y los efectos provocados por las fallas de esas características críticas”.

Este diagrama es una importante arma para las búsquedas y eliminación de causas de variación y constituye una forma ordenada de recolectar información acerca de los problemas que afectan la calidad del producto.

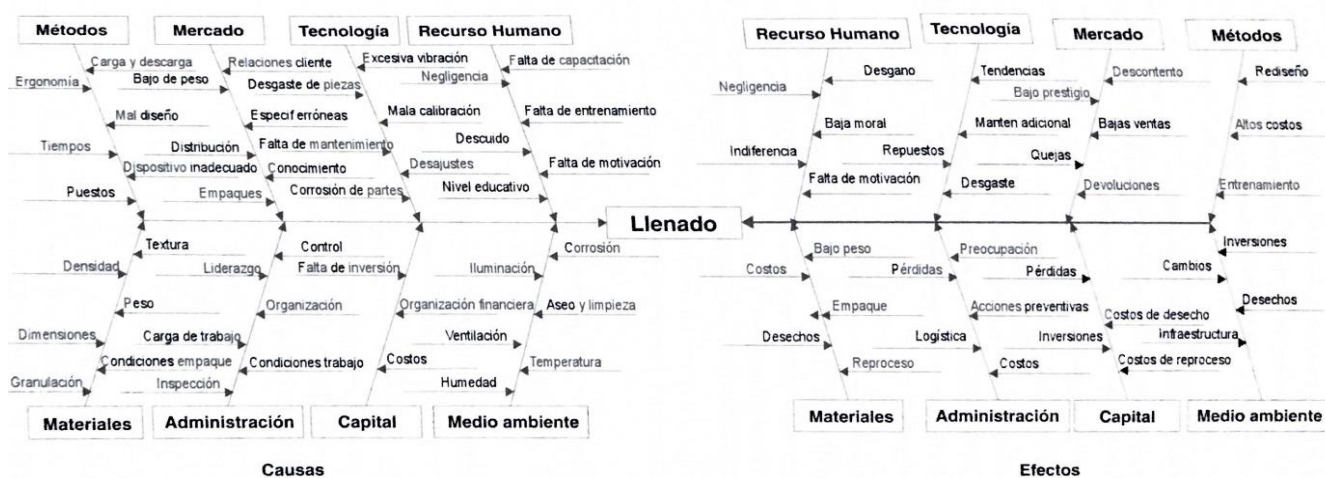
El procedimiento para construir este diagrama es el siguiente:

1. Colocar las características críticas en un cuadro centrado y traza una espina de pescado a la izquierda y otro a la derecha del cuadro.

2. Anota a la izquierda las causas y a la derecha los efectos.
3. Identifique cada rama con un factor de calidad. Los nombres de los factores de calidad se anotan en los encabezados de las ramas.
4. Anotar en cada rama las causas y los efectos según sea originados o efectuados por cada factor de calidad.
5. Corroborar que se haya anotado toda la información.

En la figura No 4 se muestra cómo se construye un diagrama de causa y efecto.

Figura No 4. Diagrama causa efecto



Fuente: Libro Control de Calidad

Diagrama de Pareto

De acuerdo con (Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009) “Se reconoce que más de 80% de la problemática en una organización es por causas comunes, es decir, se debe a problemas o situaciones que actúan de manera permanente sobre los procesos. Pero, además, en todo proceso son pocos los problemas o situaciones vitales que contribuyen en gran medida a la problemática global de un proceso o una empresa”.

El mismo autor menciona que lo anterior es la premisa del diagrama de Pareto, el cual es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos, y tiene como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus principales causas. La idea es que cuando se quiere mejorar un proceso o atender sus problemas, no se den “palos de

ciego” y se trabaje en todos los problemas al mismo tiempo atacando todas sus causas a la vez, sino que, con base en los datos e información aportados por un análisis estadístico, se establezcan prioridades y se enfoquen los esfuerzos donde éstos tengan mayor impacto.

La viabilidad y utilidad general del diagrama está respaldada por el llamado principio de Pareto, conocido como “Ley 80-20” o “Pocos vitales, muchos triviales”, en el cual se reconoce que pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%), y el resto de los elementos propician muy poco del efecto total. El nombre del principio se determinó en honor al economista italiano Wilfredo Pareto (1843-1923).

Según (Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009) estos son los pasos para la construcción de un diagrama de Pareto.

1. Es necesario decidir y delimitar el problema o área de mejora que se va a atender, tener claro qué objetivo se persigue. A partir de lo anterior, se procede a visualizar qué tipo de diagrama de Pareto puede ser útil para localizar prioridades o entender mejor el problema.

2. Con base en lo anterior se discute y decide el tipo de datos que se van a necesitar, así como los posibles factores que sería importante estratificar. Entonces, se construye una hoja de verificación bien diseñada para la colección de datos que identifique tales factores.

3. Si la información se va a tomar de reportes anteriores o si se va a coleccionar, es preciso definir el periodo del que se tomarán los datos y determinar a la persona responsable de ello.

4. Al terminar de obtener los datos se construye una tabla donde se cuantifique la frecuencia de cada defecto, su porcentaje y demás información.

5. Se decide si el criterio con el que se van a jerarquizar las diferentes categorías será directamente la frecuencia, o si será necesario multiplicarla por su costo o intensidad correspondiente. De ser así, es preciso multiplicarla. Después de esto, se procede a realizar la gráfica.

6. Documentación de referencias del DP, como son títulos, periodo, área de trabajo, etc.

7. Se realiza la interpretación del DP y, si existe una categoría que predomina, se hace un análisis de Pareto de segundo nivel para localizar los factores que más influyen en el mismo.

Continuando con el mismo autor vemos como debe de ser la interpretación de un diagrama de Pareto.

1. En general, el diagrama de Pareto clasifica problemas en función de categorías o factores de interés; por ejemplo, por tipo de defecto o queja, modelo de producto, tamaño de la pieza, tipo de máquina, edad del obrero, turno de producción, tipo de cliente, tipo de accidente, proveedor, métodos de trabajo u operación. Cada clasificación genera un diagrama. 2. El eje vertical izquierdo debe representar las unidades de medida que proporcionen una idea clara de la contribución de cada categoría a la problemática global. De esta forma, si la gravedad o costo de cada defecto o categoría es muy diferente, entonces el análisis debe hacerse sobre el resultado de multiplicar la frecuencia por la gravedad o costo unitario correspondiente. Por ejemplo, en una empresa se detectaron seis tipos básicos de defectos, que se han presentado con la siguiente frecuencia: A (12%), B (18%), C (30%), D (11%), E (19%) y F (10%). Pero el costo unitario de reparar cada defecto es muy diferente y está dado por: A = 3, B = 6, C = 2, D = 3, E = 4 y F = 7. Es claro que C es el defecto más frecuente, pero tiene un bajo costo unitario de reparación. En contraste, el defecto F es el de mayor costo unitario, pero su frecuencia de ocurrencia es relativamente baja. De aquí que el análisis de Pareto deba partir de la multiplicación de frecuencia por costo, con lo que se obtiene que el impacto global de cada defecto es: A \rightarrow 36; B \rightarrow 108; C \rightarrow 60; D \rightarrow 33; E \rightarrow 76; F \rightarrow 70

De aquí se ve que el defecto de mayor impacto es el B; por lo tanto, sobre éste se debería centrar el proyecto de mejora. 3. En un análisis, lo primero es hacer un Pareto de problemas (primer nivel) y después al problema dominante, si es que se encontró, se le hacen tantos Paretos de causas (segundo nivel) como se crea conveniente. Se recomienda no pasar al tercer nivel hasta agotar todas las opciones (factores de interés) de segundo nivel. 4. Un criterio rápido para saber si la primera barra o categoría es significativamente más importante que las demás, no es que ésta represente 80% del total, sino que supere o predomine de manera clara sobre al resto de las barras. 5. Cuando en un Diagrama de Pareto no predomina ninguna barra y tiene una apariencia plana o un descenso lento en forma de escalera, significa que se deben reanalizar los datos o el problema y su estrategia de clasificación. En estos casos y, en general, es conveniente ver el Pareto desde distintas perspectivas, siendo creativo y clasificando el problema o los datos de distintas maneras, hasta localizar un componente importante. Por ejemplo, ver si algunas de las categorías son muy

parecidas, de forma que se pudieran clasificar en una sola. 6. El eje vertical derecho representa una escala en porcentajes de 0 a 100, para que con base en ésta sea posible evaluar la importancia de cada categoría con respecto a las demás, en términos porcentuales; en tanto, la línea acumulativa representa los porcentajes acumulados de las categorías. 7. Para que no haya un número excesivo de categorías que dispersen el fenómeno se agrupan las categorías que tienen relativamente poca importancia en una sola y se le denomina la categoría “otras”, aunque no es conveniente que ésta represente un porcentaje de los más altos. Si esto ocurre, se debe revisar la clasificación y evaluar alternativas.

Algunas bondades adicionales del diagrama de Pareto son las siguientes:

- El Diagrama de Pareto, al representar gráficamente la importancia del problema, facilita la comunicación y recuerda de manera permanente cuál es la falla principal, por lo tanto, es útil para incentivar la cooperación de todos los involucrados, puesto que con un vistazo cualquier persona puede ver cuáles son los problemas principales.

- Es más adecuado concentrar las energías en el problema vital e ir al fondo de sus causas que dispersar los esfuerzos en todos. Además, en general, es más fácil reducir una barra alta a la mitad que una chica a cero.

- Elimina la vaguedad en la magnitud de los problemas y sirve para evaluar de manera objetiva con el mismo diagrama, las mejoras logradas con un proyecto de mejora Seis Sigma, comparando la situación antes y después del proyecto.

Ciclo de Deming

Para la estandarización de las tareas de mantenimiento se busca utilizar el P.H.C.A una herramienta de calidad creada por el Deming ya que sirve para el control de los procesos.

Según (Acuña Acuña, 2012) “Propone para el estudio de variabilidad, en el análisis de problemas de calidad, la utilización de un ciclo de análisis que involucra cuatro fases:

- Planear
- Hacer
- Controlar
- Actuar

Según (Pulido Gutiérrez, 2010) estos son una de las tantas formas para lograr implementar el ciclo de Deming.

- Paso 1 Definir, delimitar y analizar la magnitud del problema

En este primer paso se debe identificar y delimitar con claridad un problema importante, de tal forma que se entienda en qué consiste el problema, cómo y dónde se manifiesta, cómo afecta al cliente y cómo influye en la calidad y la productividad. Además, se debe tener clara la magnitud del problema: con qué frecuencia se presenta y cuánto cuesta. Para averiguar todo esto, las herramientas básicas, como el diagrama de Pareto, la hoja de verificación, el histograma, una carta de control o directamente las quejas de un cliente interno o externo, son de gran utilidad. El resultado de este primer paso es tener definido y delimitado, por escrito, el problema, así como el objetivo que se persigue con el proyecto y una estimación de los beneficios directos que se obtendrían con la solución del problema.

- Paso 2. Buscar todas las posibles causas

En este segundo paso, los miembros del equipo deben buscar todas las posibles causas del problema, preguntándose al menos cinco veces el porqué de éste. Es importante profundizar en las verdaderas causas y no en los síntomas; además de poner énfasis en la variabilidad: cuándo se da (horario, turno, departamento, máquinas), en qué parte del producto o el proceso se presentan los defectos, en qué tipo de productos o procesos se da el problema. Cuando éste se ha presentado en repetidas ocasiones, es recomendable centrarse en el hecho general, no en el particular; por ejemplo, si el problema es que un lote salió mal, y eso ocurre con frecuencia, entonces es mejor preguntarse a profundidad por qué salen mal los lotes, no por qué salió mal un lote en particular. Una herramienta de utilidad en esta actividad es la técnica de lluvia de ideas y el diagrama de Ishikawa, para así considerar los diferentes puntos de vista y no descartar de antemano ninguna posible causa.

- Paso 3. Investigar cuál es la causa o el factor más importante

Dentro de todos los posibles factores y causas considerados en el paso anterior, es necesario investigar cuál o cuáles se consideran más importantes. Para ello se puede sintetizar la información relevante encontrada en el paso anterior y representarla en un diagrama de Ishikawa, y por consenso seleccionar las causas que se crean más importantes. También es posible hacer un análisis con base

en datos, aplicando alguna herramienta como el diagrama de Pareto, la estratificación o el diagrama de dispersión, o bien, se pueden tomar datos mediante una hoja de verificación. Además, se debe investigar cómo se interrelacionan las posibles causas, para así entender mejor la razón real del problema y el efecto que tendrá, al solucionarlo, en otros procesos interdependientes. No hay que olvidar y perder de vista el problema general.

- Paso 4. Considerar las medidas remedio para las causas más importantes

Al considerar las medidas remedio se debe buscar que éstas eliminen las causas, de tal manera que se esté previniendo la recurrencia del problema, y no deben llevarse a cabo acciones que sólo eliminen el problema de manera inmediata o temporal.

Respecto a las medidas remedio, es indispensable cuestionarse lo siguiente: su necesidad, cuál es el objetivo, dónde se implementarán, cuánto tiempo llevará establecerlas, cuánto costará, quién lo hará y cómo. También es necesario analizar la forma en la que se evaluarán las soluciones propuestas y elaborar de manera detallada el plan con el que se implementarán las medidas correctivas o de mejora (secuencia, responsabilidades, modificaciones, entre otras). El equipo debe analizar si las medidas remedio no generan otros problemas (efectos secundarios). De ser el caso, se deben adoptar medidas que contrarresten tales efectos secundarios o considerar otro tipo de acciones. Estos cuatro primeros pasos son en los que se divide la fase de planear en el ciclo PHVA, con lo que, a estas alturas, aún no se ha hecho ninguna modificación, únicamente se ha estado analizando la mejor manera de resolver el problema. Si el equipo requiere poner a consideración de los directivos las medidas remedio, entonces, fundamentándose en el ciclo PHVA y en los pasos anteriores, la reunión con los directivos debe prepararse muy bien con los materiales apropiados, poniendo énfasis en la importancia del problema y sus costos asociados.

- Paso 5. Poner en práctica las medidas remedio

Para llevar a cabo las medidas remedio se debe seguir al pie de la letra el plan elaborado en el paso anterior, además de involucrar a los afectados y explicarles la importancia del problema y los objetivos que se persiguen. Algo fundamental a considerar en el plan de implementación es que las medidas remedio primero se hacen a pequeña escala sobre una base de ensayo, si esto fuera factible.

- Paso 6. Revisar los resultados obtenidos

En este paso se debe verificar si las medidas remedio dieron resultado. Para ello es importante dejar funcionar el proceso un tiempo suficiente, de tal forma que los cambios realizados se puedan reflejar y luego, mediante una técnica estadística, comparar la situación antes y después de las modificaciones. Si hubo cambios y mejoras en el proceso, es necesario también evaluar el impacto directo de la solución, ya sea en términos monetarios o sus equivalentes.

- Paso 7. Prevenir la recurrencia del problema

Si las soluciones dieron resultado se deben generalizar las medidas remedio y prevenir la recurrencia del problema o garantizar los avances logrados; para ello, hay que estandarizar las soluciones a nivel proceso, los procedimientos y los documentos correspondientes, de tal forma que el aprendizaje logrado mediante la solución se observe en el proceso y en las responsabilidades. Es necesario comunicar y justificar las medidas preventivas, y entrenar a los responsables de cumplirlas. Las herramientas estadísticas pueden ser de mucha utilidad para establecer mecanismos o métodos de prevención y monitoreo; por ejemplo, poner en práctica cartas de control, inspecciones periódicas, hojas de verificación, supervisiones, entre otros. También conviene elaborar una lista de los beneficios indirectos e intangibles que se lograron con el plan de mejora. Si las soluciones no dieron resultado se debe repasar todo lo hecho, aprender de ello, reflexionar, obtener conclusiones y, con base en esto, empezar de nuevo desde el paso 1. Sobre todo, ver si en el paso 5 realmente se implementaron las medidas tal y como se había previsto en el paso 4.

- Paso 8. Conclusión

En este último paso se debe revisar y documentar el procedimiento seguido y planear el trabajo futuro. Para ello se puede elaborar una lista de los problemas que persisten y señalar algunas indicaciones de lo que puede hacerse para resolverlos. Los problemas más importantes se pueden considerar para reiniciar el ciclo. Además, es indispensable reflexionar sobre todo lo hecho, documentarlo y aprender de ello, para que las acciones futuras sean mejores y cuenten con un expediente o documento del cual partir. Si el proyecto se considera exitoso, es recomendable presentarlo a directivos y a otras áreas, tanto como una forma de reconocer a los miembros del equipo como una manera de difundir el trabajo por la calidad y la productividad.

Figura No 5. Ciclo de Deming

Etapa del ciclo	Número del paso	Nombre del paso	Posible técnica a usar
P l a n e a r	1	Definir y analizar la magnitud del problema	Pareto/h. de verificación /histograma
	2	Buscar todas las posibles causas	Observar el problema/lluvia de ideas/diagrama de Ishikawa
	3	Investigar cuál es la causa más importante	Pareto/estratificación/ d. dispersión/ d. Ishikawa
	4	Considerar las medidas remedio	Por qué....Necesidad Qué Objetivo DondeLugar Cúando..... Tiempo y costo Cómo Plan
Hacer	5	Poner en práctica las medidas remedio	Seguir el plan elaborado en el paso anterior e involucrar a los afectados
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos	Histograma, pareto, c de control, h de verificación.
Actuar	7	Prevenir la recurrencia del problema	Estandarización, inspección, supervisión, h de verificación, cartas de control
	8	Conclusión	Revisar y documentar el procedimiento seguido y planear el trabajo futuro

Fuente: (Pulido Gutiérrez, 2010)

Estudio de capacidad de un proceso

Según el autor (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009) las variables de salida o de respuesta de un proceso deben cumplir con ciertas metas y/o especificaciones, a fin de considerar que el proceso funciona de manera satisfactoria. Por ello, una tarea primordial del control de calidad es conocer la capacidad o habilidad de un proceso, que consiste en determinar la amplitud de la variación natural del proceso para una característica de calidad dada. Esto permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria. Por lo general, para realizar un estudio de capacidad se toman datos del proceso durante un periodo considerable para que se refleje bien el desempeño del proceso. El periodo de referencia depende de la velocidad del proceso, ya que, si se trata de un proceso masivo que produce muchas piezas por día, entonces se considera un periodo de cuatro a diez días, para cada determinado tiempo tomar una pequeña cantidad de productos hasta completar una muestra de 120 a 150. Pero cuando se trata de un proceso lento, que produce pocos productos por día, es necesario incrementar el periodo de estudio para completar una muestra de

por lo menos 50 o 60 productos. En ambos casos, en la medida que se tengan más datos y un periodo más amplio será posible conocer mejor el estado real del proceso.

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

A continuación, en el siguiente capítulo se enfocará en describir cada uno de los métodos para realizar la propuesta de forma que esté sustentada en el método científico donde se revisaran los procesos, no solo mediremos si los pasos a seguir son los más adecuados para la implementación de la nueva propuesta, sino que evaluaremos las herramientas con el fin de ver si son las adecuadas para la solución de los problemas planteados.

Enfoques

Enfoque cualitativo

El enfoque cualitativo se guía por áreas o temas significativos de investigación. Los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas antes, durante o después de la recolección de datos y el análisis. Con frecuencia estas actividades sirven, primero para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes, y después para perfeccionarlas y responderlas. La acción indagatoria es dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más circular en el que la secuencia no siempre es la misma, pues varía con cada estudio, (Hernández et al. 2014, p.7).

Enfoque cuantitativo

El enfoque cuantitativo representa un conjunto de procesos, es secuencial y probatoria, por lo que se no puede eludir ninguno de sus pasos. El orden es riguroso, pero sí se puede redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la bibliografía y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y se determinan variables. Posteriormente, se traza un plan para probarlas (diseño) y se miden las variables en un determinado contexto. Las mediciones obtenidas se analizan utilizando métodos estadísticos y se extrae una serie de conclusiones en relación con las hipótesis (Hernández et al. 2014, p.4).

Hernández et al. (2014, p. 534) resume el enfoque mixto como aquel que utiliza evidencia de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicos y de otras clases, para entender problemas en las ciencias.

De acuerdo con lo anterior el tipo de enfoque a realizar será del tipo cuantitativo, debido a que ya tenemos el problema planteado, se recolectaran datos para el análisis de las hipótesis propuestas las cuales deben de ser sometidas a prueba. Los datos serán analizados mediante métodos estadísticos, si los resultados son positivos es decir cumplen con las expectativas deseadas y son congruentes con la teoría propuesta serán aceptadas, de lo contrario se descartarán; se buscarán nuevas hipótesis que sustenten la teoría.

Diseño

Investigación exploratoria

Se emplean cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado o novedoso. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p. 91)

Investigación descriptiva

Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población. (Hernández, et al, 2014, p. 92)

Investigación correlacional

Asocian variables mediante un patrón predecible para un grupo o población. (Hernández, et al, 2014, p. 93)

Investigación explicativa

Pretenden establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian. (Hernández, et al, 2014, p. 95)

Para esta investigación se utilizarán varios tipos de diseño como los son el correlacional y explicativo ya que lo que se pretende con esta investigación es analizar los tipos de mantenimientos y clasificarlos de acuerdo con sus características con el fin de poder identificar de una forma más rápida y precisa las fallas más frecuentes y los tiempos reales de paro por componentes dañados en los equipos; para lo que se recolectaran datos históricos de los últimos tres años para seguir su comportamiento mediante un estudio estadístico.

Al mismo tiempo por medio de un estudio de ABC se desea identificar cuáles son los componentes más críticos para medir si su punto de re orden que tiene el departamento de bodega de repuestos es el adecuado y que siempre esté en el momento que se necesita.

Como parte de la mejora se realizará un estudio de movimiento, para demostrar las mudas de transporte que deben de realizar los técnicos para desplazarse a cada uno de los equipos para cumplir con las tareas de mantenimientos; con lo cual se elaborara una distribución de planta para disminuir el tiempo de desplazamiento.

Muestra de la Investigación

Según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010) La muestra es un subgrupo de la población del cual se recolectan los datos y debe ser representativo de ésta.

Para esta investigación la unidad de muestreo serán los documentos de las tareas de mantenimiento de los diferentes equipos, agrupados por sus categorías y por los diferentes periodos de tiempo de aplicación.

El mismo autor menciona que una muestra estratificada es aquella donde la población se divide en segmentos y se selecciona una muestra para cada segmento. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010)

Para la toma de la muestra en esta investigación se calculará una muestra infinita para determinar cuántos deben de ser los registros por elegir para que sea confiable ya que se tienen datos históricos desde el año 2005.

Para el cálculo de la muestra se utilizará la formula expuesta en la figura No 6:

Figura No 6 Fórmula para el cálculo de la muestra infinita

$$n = \frac{Z^2 pq}{e^2}$$

Fuente: (Acuña Acuña, 2012)

Donde

n = Es el valor buscado y representa el tamaño de la muestra.

Z = Representa el nivel de confianza.

p = Probabilidad de éxito.

q = Probabilidad de fracaso.

E = Es el margen de error.

Una vez que se tiene el tamaño de la muestra se selecciona y se clasifican por equipos, tipos de fallas y periodos se realiza el análisis estadístico para determinar cuáles son los fallos más comunes y los más significativos para clasificarlos y determinar cuáles son las posibles causas y soluciones.

Variables

Son condición o característica que tiene variación que puede medirse u observarse para determinar las causas y los efectos.

En la tabla No 2 se podrá observar las variables para cada uno de los objetivos planteados lo cual ayudara a medir si las propuestas fueron alcanzadas:

Tabla No 2. Variables

Objetivos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Estimar la criticidad de los equipos para determinar la frecuencia de fallas y el impacto que en ellos genera.	Criticidad de los equipos.	Es el estudio que demuestra si un proceso es capaz de cumplir con las necesidades del cliente	Especificación del cliente	Toma de datos
Calcular la demanda de repuestos mediante las proyecciones de los datos históricos para un mejor control inventario.	Manejo de inventario de repuestos.	Se entienda como el almacenamiento de los recursos ya sea para ser utilizados en el proceso de producción o como producto terminado.	Repuestos utilizados /disponibilidad	Realización del método de ABC, datos históricos.
Examinar los métodos actuales para estandarizar las tareas de mantenimiento.	Estandarización de las tareas de mantenimiento.	Unificar e implementar un trabajo de acuerdo a normas ya establecidas	Ciclo de Deming	Implementación del ciclo de Deming
Realizar un estudio de traslados innecesarios para disminuir los tiempos muertos y encontrar una mejor distribución en la planta.	Traslados innecesarios.	Eliminar la muda de transportes innecesarios	Distancia recorrida / tiempo efectivo	Recolección de tiempos

Nota: Michael Monge Sánchez

Instrumentos

Para la utilización de los instrumentos de medición en la tabla No 3 muestra cuál es su utilidad, como serán aplicados y los beneficios esperados.

Tabla No 3. Instrumentos

Indicador	Instrumento	Recursos requeridos	Beneficios esperados
Especificacion del cliente	Muestra recolecta	Equipo de computo/Recurso Humano	Demostrar la criticidad de los equipos a estudiar.
Repuestos utilizados /disponibilidad	Datos historicos	Equipo de computo/Recurso Humano	Identificar los repuestos criticos y compara con los registros de maximos y minimos que se encuentran en la bodega de repuestos.
Ciclo de Deming	Fichas técnicas / Manuales	Equipo de computo/Recurso Humano	Estandarizar las tareas de mantenimiento que eviten la mala practica de por parte de los técnicos.
Distancia recorrida / tiempo efectivo	Hoja de tiempos de mantenimiento Tiempos de recorrido innecesarios	Equipo de computo/Recurso Humano/	Demostra la capacidad de mejorar los tiempos de realizacion de los mantenimientos eliminando la muda de traslados innecesarios.

Nota: Michael Monge Sánchez

Recolección de datos

Para la recolección de los datos se utilizará la base de datos de la central de mantenimiento donde según la muestra calculada se tomarán la cantidad necesaria para que sea confiable y representativa de la población, también se utilizaran los manuales de los equipos y se realizaran entrevistas a los técnicos para utilizar su experiencia como punto de referencia y complemento de la investigación.

En el análisis de la distribución de planta se realizarán un estudio de toma de tiempos para medir las distancias recorridas y el tiempo perdido a causa de las largas distancias entre los equipos y los diferentes puntos estratégicos para la realización de los trabajos.

Para lograr estandarizar algunas de las tareas de mantenimiento se recurrirá a los manuales de los equipos y a las especificaciones de los fabricantes de las máquinas y de los accesorios de las que están compuestas

Como fuente primaria se tomarán libros, manuales, fichas técnicas y base de datos de los equipos en estudio. Las entrevistas serán realizadas a los técnicos, supervisores, gerentes y especialistas de la empresa.

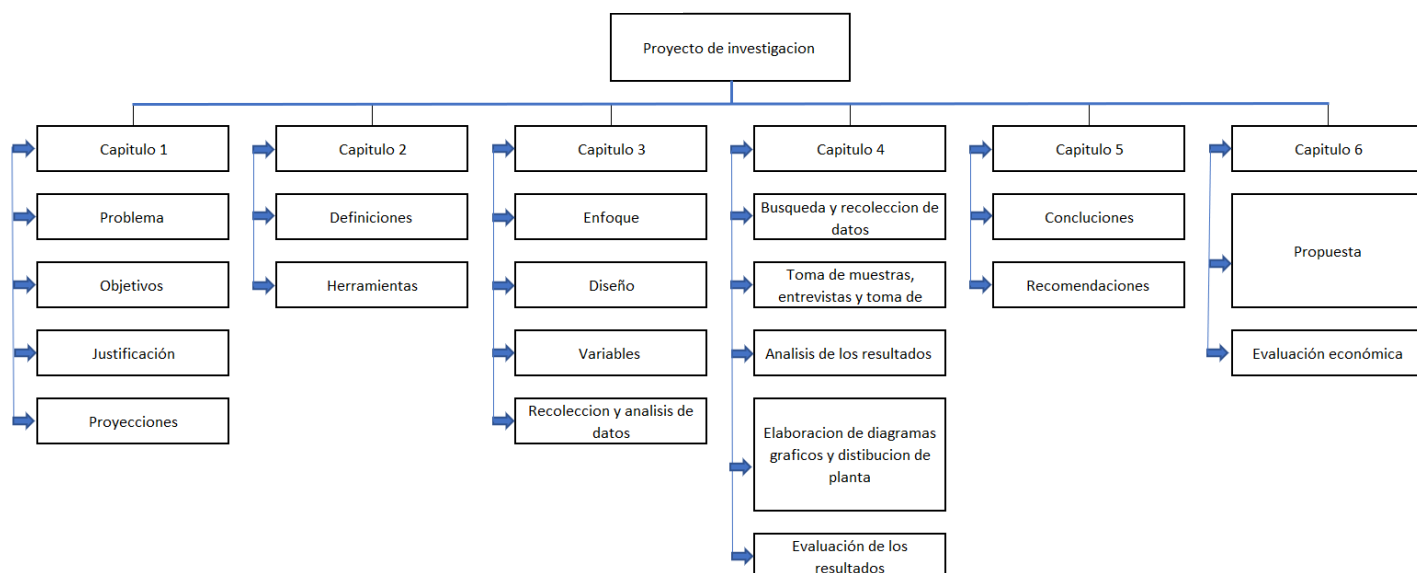
Métodos de análisis

Para la elaboración de gráficos, cálculos estadísticos y Pareto se utilizarán herramienta como Minitab y Excel, para lo que son diagramas de flujo, Ishikawa y de procesos serán elaborados con un programa llamado Visio y lo que es la distribución de planta con AutoCAD.

Cronograma

En la figura 7 se muestra el cronograma del avance de cada uno de los capítulos del proyecto de investigación.

Figura No 7. Cronograma de actividades



Nota: Michael Monge Sánchez

Diagrama de Gantt

En la figura No 8 se muestra el compromiso de entrega de cada una de las tareas que se deben de cumplir por semanas para cada uno de los capítulos.

Figura No 8 Diagrama de avance del trabajo de investigación

Actividades	Inicio	Duración	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Capítulo 4												
Busqueda y recoleccion de datos	10	12	■	■	■							
Toma de muestras, entrevistas y toma de tiempos	11	12		■	■							
Análisis de los resultados	12	12			■							
Elaboracion de diagramas graficos y distibucion de planta	12	13			■	■						
Evaluación de los resultados	14	14					■					
Capítulo 5												
Conclusiones	14	14					■					
Recomendaciones	14	15					■	■				
Capítulo 6												
Propuesta	16	16							■			
Evaluación económica	17	17								■		

Nota: Michael Monge Sánchez

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE SITUACIÓN

La finalidad del siguiente capítulo es la de analizar los datos recolectados de una forma numérica, estadística y con el uso de algunas herramientas de ingeniería para poner a prueba las hipótesis planteadas en este trabajo de investigación, para demostrar algunos puntos de mejora en el departamento de facilidades y en los mantenimientos de los equipos a cargo del área. Para los datos recolectados se utilizará un factor de conversión para asegurar la confidencialidad de la compañía.

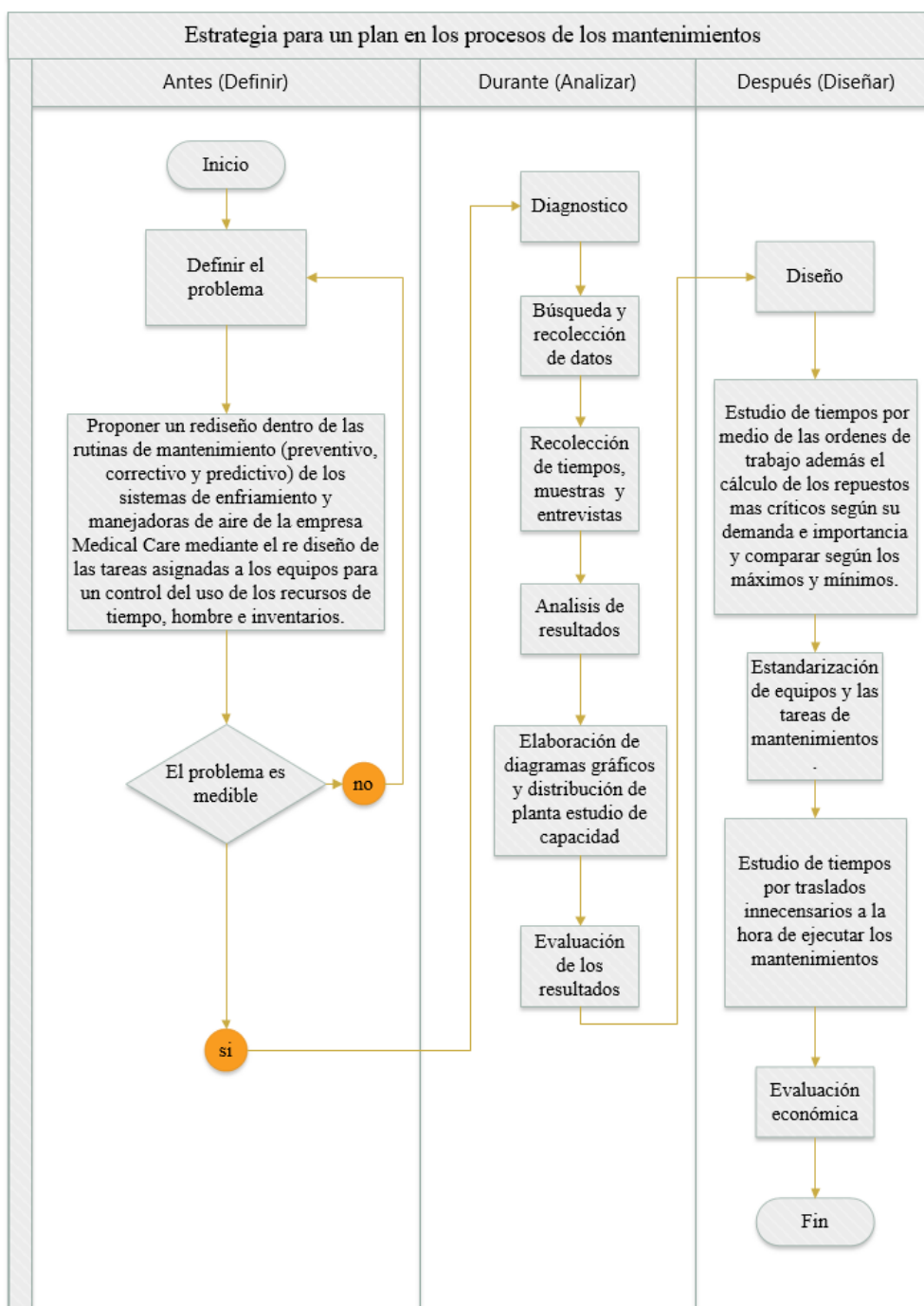
En la Figura No 9 se muestra cual es la ruta a seguir para realizar el estudio de la hipótesis propuesta en la cual en la tercera etapa corresponde a este capítulo donde se utilizarán herramientas estadísticas y de ingeniería para analizar los resultados obtenidos.

Como se puede observar se dividirá en tres partes:

1. Realizar un diagrama de procesos para determinar cuáles son los equipos más vulnerables de acuerdo con la capacidad del proceso, revisar y clasificar los mantenimientos por sus características y definirlos adecuadamente por sus tareas, elaborar un estudio de capacidad de los equipos para asegurar su confiabilidad y poder detectar puntos débiles en el proceso.
2. Realizar un ABC de los repuestos más críticos para comparar si los mínimos en el stock de repuestos son los adecuados o se deben de modificar.
3. Como parte importante de los mantenimientos está el tiempo que se dedica a su realización, pero mucho de este tiempo se utiliza en transporte innecesario debido a que los técnicos tienen que recorrer mucha distancia para llegar a los equipos, ir por la herramienta o retirar repuestos necesarios para realizar las tareas ya sea preventivas, correctivas o predictivas. Por tal motivo se realizará un estudio de tiempos muertos de los transportes innecesario.
4. Dentro de los mantenimientos preventivos se encuentran tareas que dejan a criterio del técnico si se realizan o no, lo que puede llegar a ser perjudicial para el equipo; por esa razón se analizarán las tareas que cumplan con este problema y se buscará una forma más técnica de determinar cuándo y cómo se debe de realizar para que el procedimiento sea incluido dentro del mantenimiento.

Por último, debe de realizarse una evaluación económica de los objetivos que sean posibles de analizar para medir si la implementación de las propuestas es rentable o no.

Figura No 9 Estrategia para un plan en los procesos de mantenimientos



Nota: Michael Monge Sánchez

Diagrama de proceso del departamento de facilidades

En la figura No 10 muestra el proceso del departamento de facilidades las funciones a la que están a cargo los técnicos, están divididas en tres partes función:

- Condiciones de los cuartos de producción.
- Mantenimientos.
- Servicio al cliente.

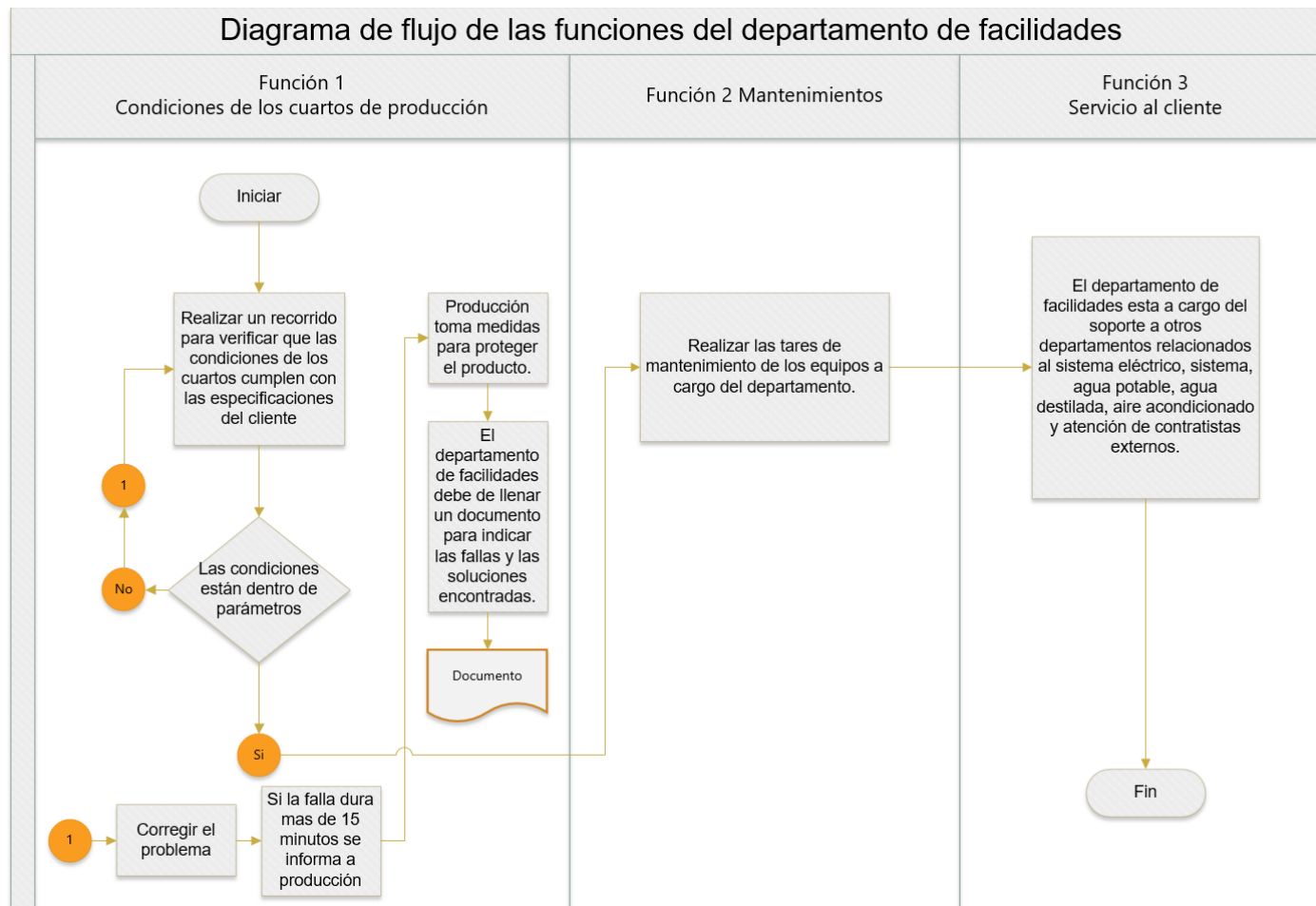
La primera función es la más importantes ya que los técnicos deben de hacer un recorrido por puntos estratégicos donde se ubican instrumentos de medición que garantizan las condiciones de temperatura y humedad de los cuartos. Estos datos deben de ser anotados en un documento oficial para control del departamento para garantizar que se cumplen con los límites de especificación. Si se encuentra alguna anomalía se debe de corregir inmediatamente antes de los 15 minutos, de no ser así se les informara a las áreas de producción afectadas para que proteja el producto,

Cuando se soluciona el problema los cuartos deben de pasar por un proceso de sanitación para eliminar cualquier contaminación luego se toma un muestreo para asegurar nuevamente las condiciones del cuarto se debe de llenar un formulario para documentar el evento las causas y soluciones encontradas.

Si no se encuentra ningún problema a la hora de tomar los datos los técnicos se encargan de realizar las tareas de mantenimiento asignadas por el líder del grupo esto es la segunda función del departamento.

La tercera función es dar soporte a las diferentes áreas de la planta desde instalar circuitos eléctricos, que los sistemas de iluminación trabajen correctamente, velar por las condiciones de confort de las áreas de oficinas y alrededores, atender a contratistas y asegurar por que cumplan con las normas de seguridad y calidad de los trabajos realizados.

Figura No 10 Diagrama de flujo del departamento de facilidades



Nota: Michael Monge Sánchez.

Diagrama de proceso de los equipos para cumplir con las condiciones de temperatura, humedad y presión diferencial a cargo del departamento de facilidades

Gran parte de las funciones del departamento de facilidades es mantener las condiciones de humedad y temperatura dentro de los cuartos limpios, así como entregar agua fría a los procesos de inyección y el del aire comprimido a los procesos de producción entre otras.

A continuación, en la figura No 11 se muestra como es el proceso del departamento de facilidades para lograr mantener las condiciones de los cuartos y suministrar aire comprimido y agua fría a las áreas de producción.

El proceso inicia por los sistemas de torres de enfriamiento un sistema cerrado y otro abierto, el sistema cerrado alimenta los compresores de aire que son enfriados por medio de estas torres con unas bombas que impulsan el agua a través del sistema produciendo un intercambio de calor, de esta manera los compresores trabajan de forma eficiente y cumpliendo con su función principal que es la entrega de aire a los equipos de facilidades y producción; por otro lado las torres de enfriamiento del sistema abierto bombean el agua hasta los Chiller los cuales están divididos en tres funciones

1. Chiller de glicol (agua helada): Encargados de regular la humedad de los cuartos de producción a través de las manejadoras de aire.
2. Chiller de agua: Encargados de regular la temperatura del aire que entra a la manejadora para ayudar mantener la temperatura de confort que se entrega al área de producción.
3. Chiller de procesos: Son los encargados de llevar agua fría a los procesos de inyección de plástico para alimentar los moldes, su función es la de enfriar las cavidades para que una vez que termine el ciclo de inyección facilite la expulsión del producto.

Una vez que el agua pasa por los Chiller un sistema de bombas la suministran hasta las manejadoras de aire para realizar el proceso de enfriamiento luego el agua retorna hasta las torres para ser enfriada de nuevo para cumplir así su ciclo de operación.

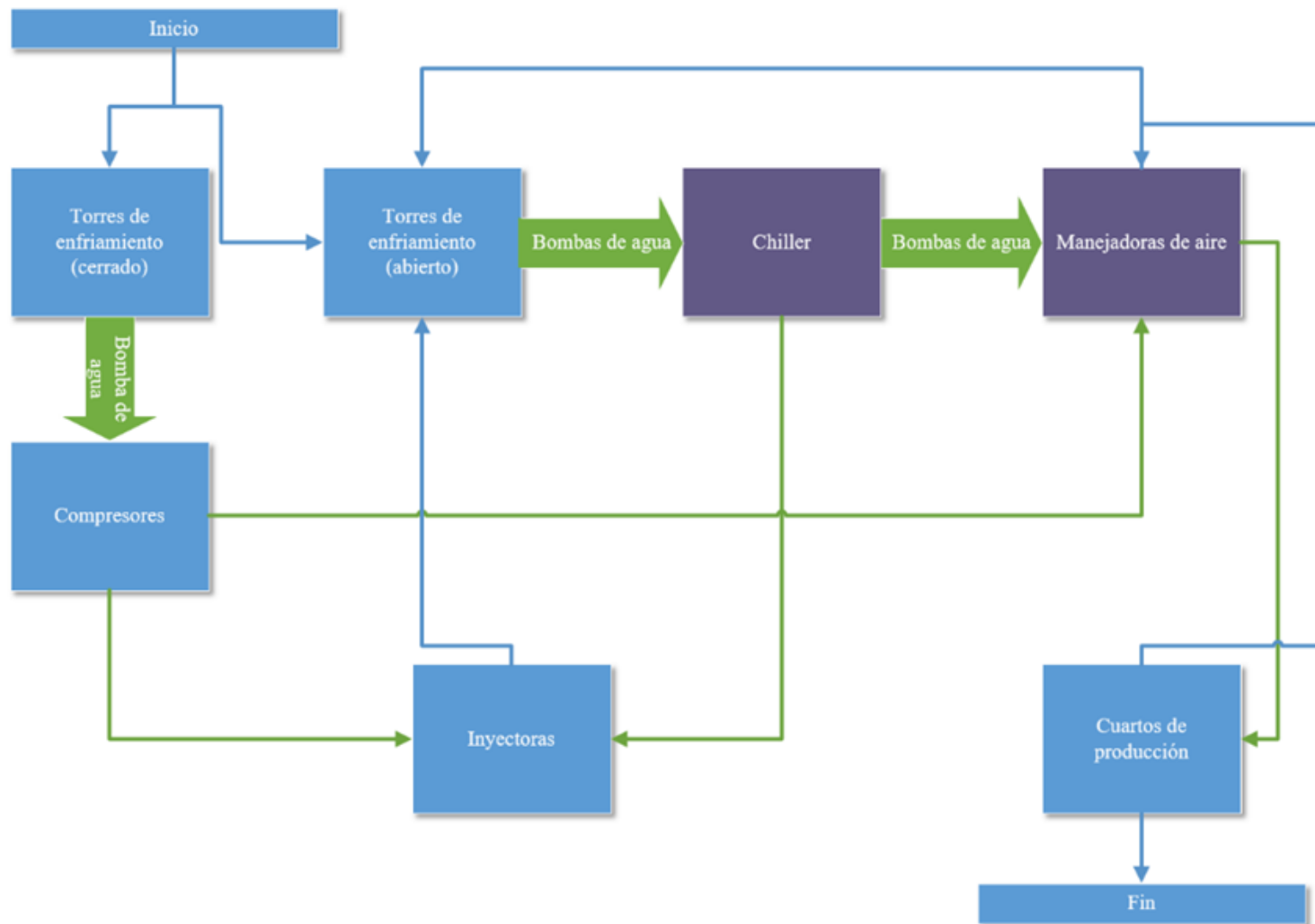
Las manejadoras de aire están encargadas de varias funciones importantes en el proceso de presurización del cuarto limpio, sus funciones son:

1. Presurizar el cuarto con el fin de que las partículas de polvo y agentes contaminantes no deseados sean expulsadas inmediatamente por un flujo de aire constante, cuando se abre alguna de las puertas, el aire dentro del cuarto funciona como una barrera por eso lo importancia de este equipo.
2. Controla la temperatura y humedad en el cuarto para minimizar la proliferación de bacterias en el ambiente, sin afectar las condiciones de confort para el personal que trabaja dentro del cuarto.
3. Realiza cada cierto tiempo cambio de aire para eliminar el CO₂ generado por la respiración de las personas.

Estos equipos son críticos ya que si fallan las condiciones del cuarto se verán alteradas y el producto entra en riesgo, en el peor de los casos se debe de votar el material producido por completo generando pérdidas millonarias a la compañía.

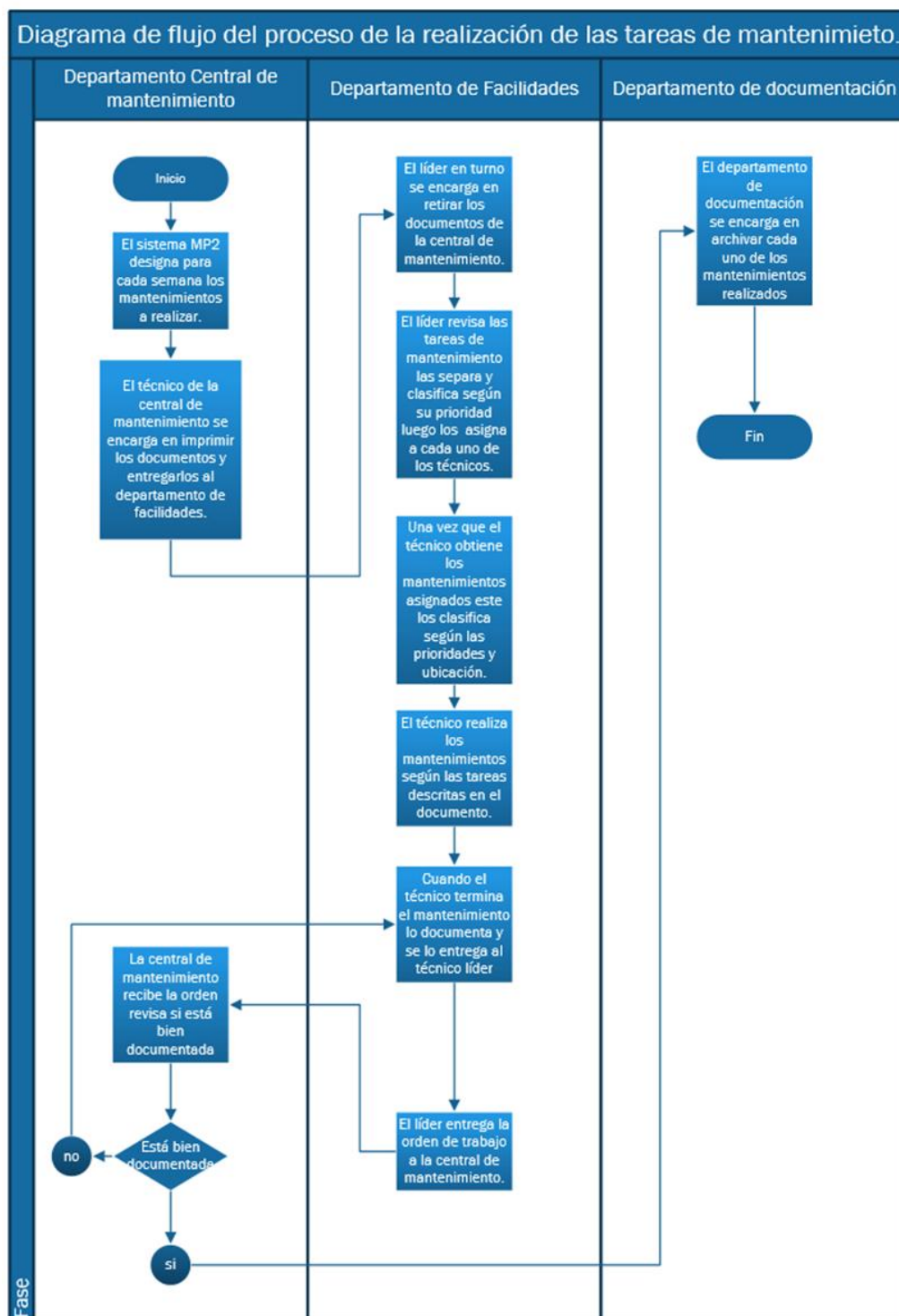
Como se puede observar en la Figura No 11 las líneas de color verde simbolizan el suministro y las de color celeste indican el retorno; los equipos marcados con color morado son los que se estudiaran en este trabajo debido a que en este momento son los más vulnerables.

Figura No 11 Diagrama de proceso departamento de facilidades



Nota: Michael Monge Sánchez

Figura No 12. Diagrama de flujo de la realización de las tareas de mantenimiento



Nota: Michael Monge Sanchez

Diagrama de flujo del proceso de la realización de las tareas de mantenimiento

En la figura No 12 se explica el procedimiento para la realización de las tareas de mantenimiento ya sean preventivo, correctivo, programado o predictivo; el proceso inicia cuando un programa designa las tareas correspondientes a la semana estos documentos son impresos y entregados a cada uno de los departamentos, en este caso nos enfocaremos en el departamento de facilidades ya que es el objetivo de estudio. El técnico líder revisa los documentos y programa los equipos para cada uno de los técnicos en turno, una vez que se han entregado, los técnicos definen en qué orden realizar los mantenimientos de acuerdo a la prioridad, ya sean semanales, mensuales, trimestrales, semestrales o anuales.

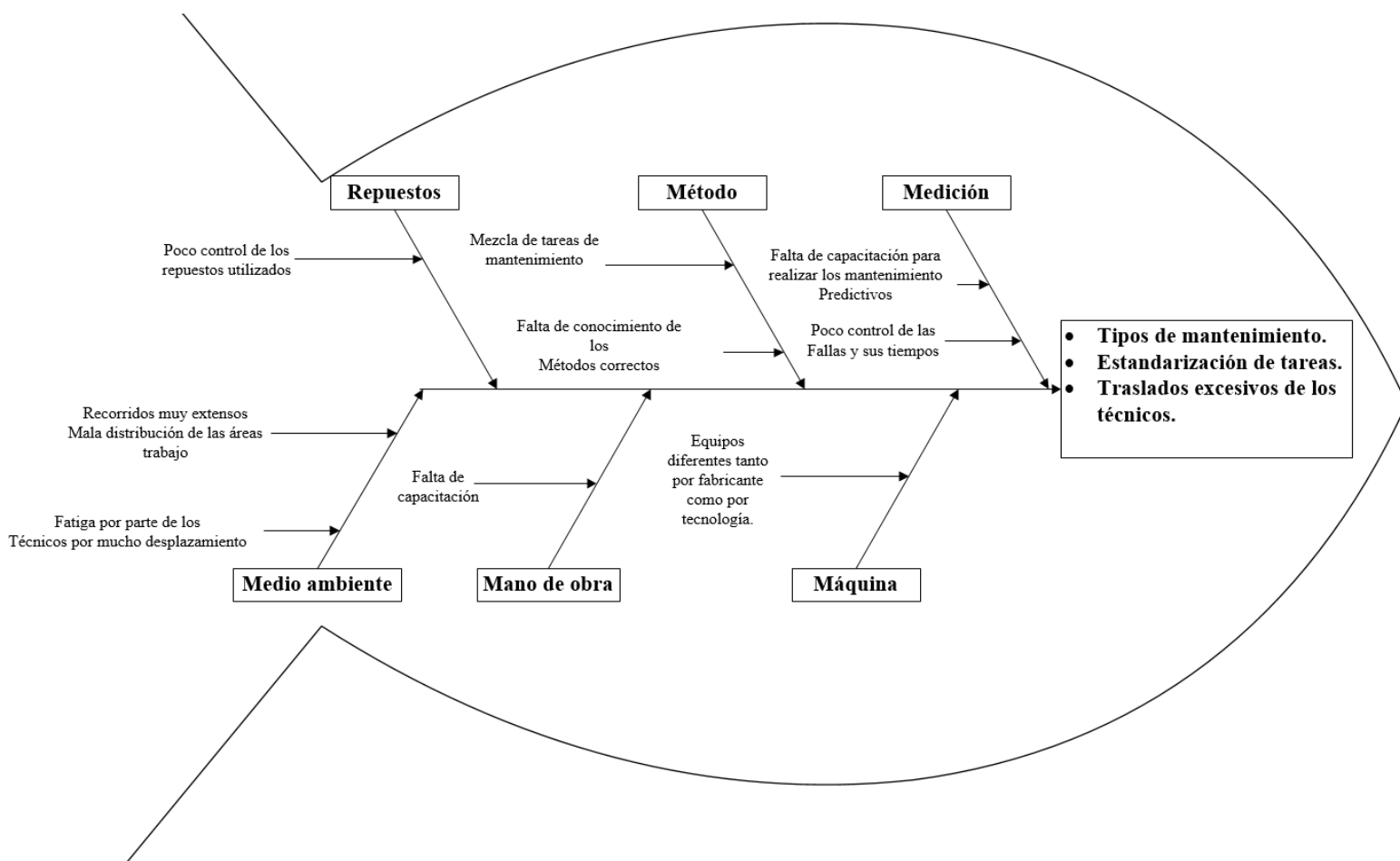
Los técnicos realizan las tareas descritas en el documento y van llenado un chequeo de tareas realizadas, en el caso de no realizar alguna porque no aplica para ese equipo o porque no se realizó se debe de colocar la justificación; finalmente se ingresa la firma del técnico la hora de finalización y el tiempo requerido.

Los técnicos regresan donde el técnico líder para entregar la ordene realizada este las incorpora dentro de una hoja de Excel para llevar el control de los mantenimientos realizados y el tiempo requerido, luego se dirige al departamento de la central de mantenimiento para entregarlos. La central de mantenimiento verifica que todos los datos se han llenado correctamente y se encarga de archivar y almacenar todos los documentos.

Diagrama de Ishikawa

Para la realización del diagrama de Ishikawa se entrevistó al personal de mantenimiento del departamento de facilidades, para crear una lluvia de ideas de los problemas que afectan tanto los equipos como el desempeño de los técnicos al momento de realizar cada una de las tareas de mantenimientos. A continuación, en la Figura No 13 se muestran los resultados obtenidos, donde se puede observar las múltiples causas relacionadas a las tareas de mantenimiento, lo cual son claves para el buen funcionamiento de los equipos. Además, el tiempo de la realización podría disminuir si las herramientas, equipos y repuestos estuvieran mejor localizados.

Figura No 13 Diagrama de Ishikawa



Nota: Michael Monge S.

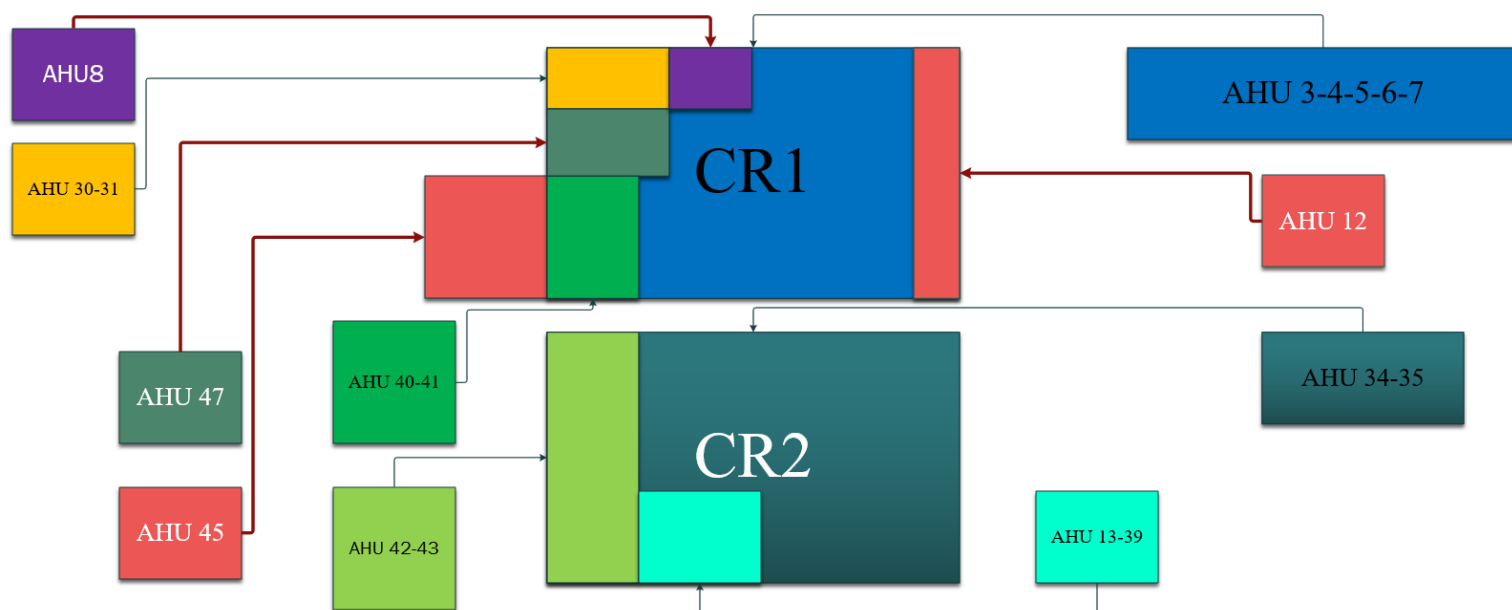
Análisis de criticidad de los equipos

En la tabla No 1 donde el autor indica que algunos equipos son clasificados de acuerdo con su criticidad, los equipos estudiados son tipo “A” ya que de acuerdo con la clasificación estos equipos afectan de forma significativa la producción y la calidad del producto.

A continuación, en el Figura No 14 se observan los siguientes equipos, estos son los más críticos de este proceso cada una de las áreas de producción es controlada por varias máquinas que trabajan de forma armónica para poder mantener las condiciones de temperatura y humedad de los cuartos, pero como se indica en la figura con una línea roja esos equipos no cuentan con ningún

equipo de respaldo lo que nos muestra que si uno de estos equipos falla el cuarto pierde las condiciones de trabajo; depende de la respuesta del departamento y la pronta solución a los problemas para que el impacto en la calidad y la producción de la compañía sean mínimos.

Figura No 14 Equipos Críticos



Nota: Michael Monge S.

Estudio de capacidad del proceso

Al observar la figura 14, los equipos más vulnerables son las A.H.U (Air Handling Unit) o también conocidas como manejadoras de aire son 8,12, 45 y 47 debido a que no cuentan con equipos de respaldo, aun así estos equipos son muy confiables gracias al trabajo del departamento de facilidades, pero se debe realizar un estudio de capacidad de estos equipos para ver lo vulnerable que puede ser y más aún si no se está preparado para una falla grave que puede prolongar su reparación al no tener los medios necesarios para una rápida solución.

Cálculo de la muestra

Para el siguiente estudio se calculó la muestra necesaria para que sea confiable y representativa de la capacidad del proceso de los equipos más críticos. Para este caso se utilizó la fórmula de la muestra infinita.

Tabla No 4 Muestra de capacidad de proceso

Z =	1,96
Z ² =	3,8416
p =	0,5
1-p	0,5
e =	0,1
e ² =	0,01
Z ² p (1-p) =	0,9604
n =	96,04

$$n = \frac{Z^2 pq}{e^2}$$

Nota: Michael Monge S.

Según el autor (Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009) anteriormente mencionado en un análisis de criticidad la muestra es un factor importante depende del proceso y el volumen que este maneje por ese motivo se tomó una muestra tan grande.

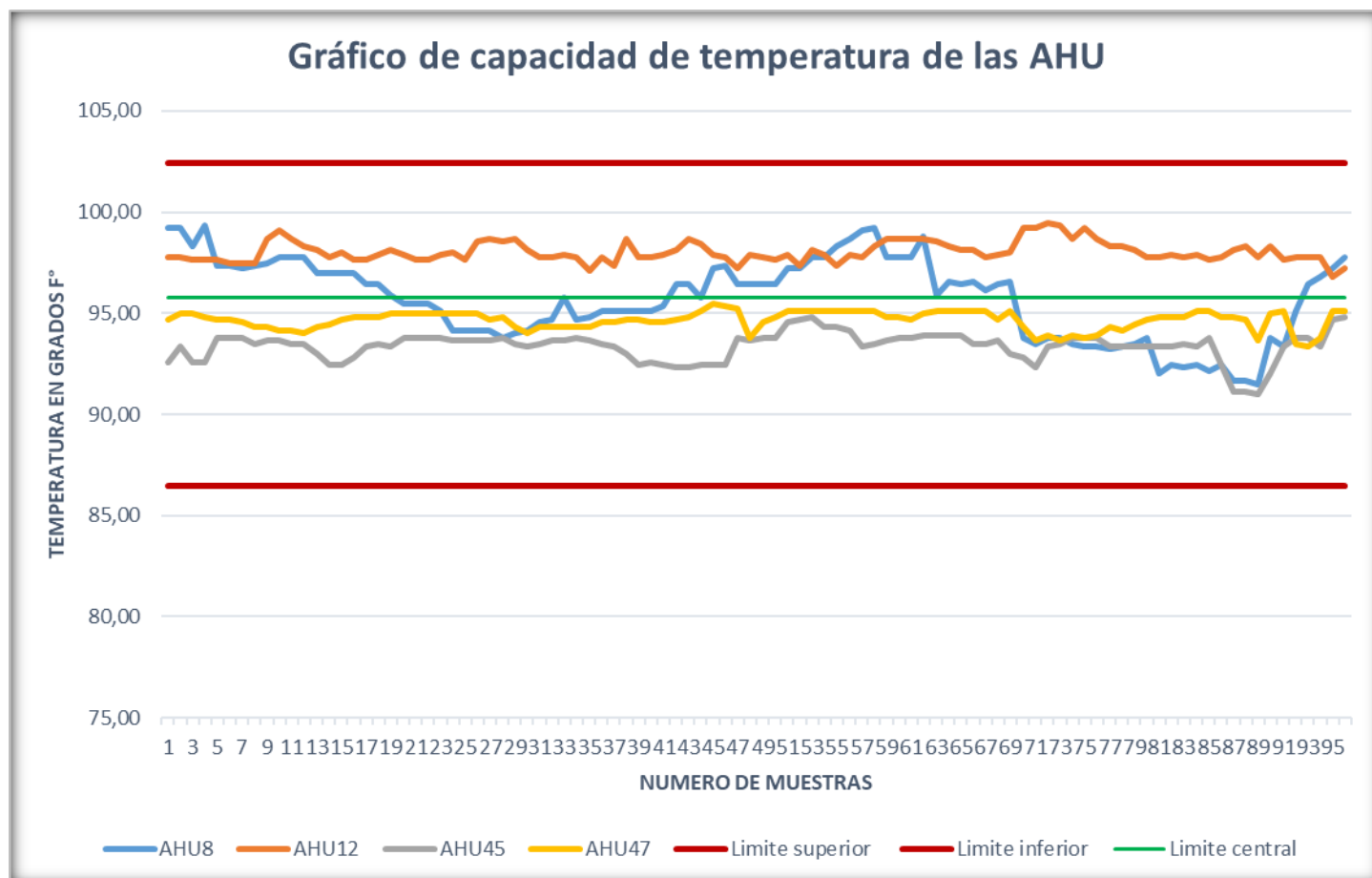
En la tabla resumen 5 y 6 se muestra la capacidad del proceso para los parámetros de temperatura y humedad que son los más críticos para el departamento de facilidades, donde se puede observar que ambos se mantienen dentro de los límites de control, pero con una desviación estándar de 2.06 y 3.94 respectivamente esto indica que el proceso es capaz de trabajar pero que por el tipo de variable como lo son la temperatura y la humedad son muy difíciles de controlar, por tal motivo es tan importante que los equipos trabajen adecuadamente.

Tabla No 5 Resumen de resultados del análisis de la Temperatura

Media	
Mediana	
Moda	
Desviacion Estandar	

Fuente: Figura 15

Figura No 15 Gráfico de capacidad



Nota: Michael Monge S.

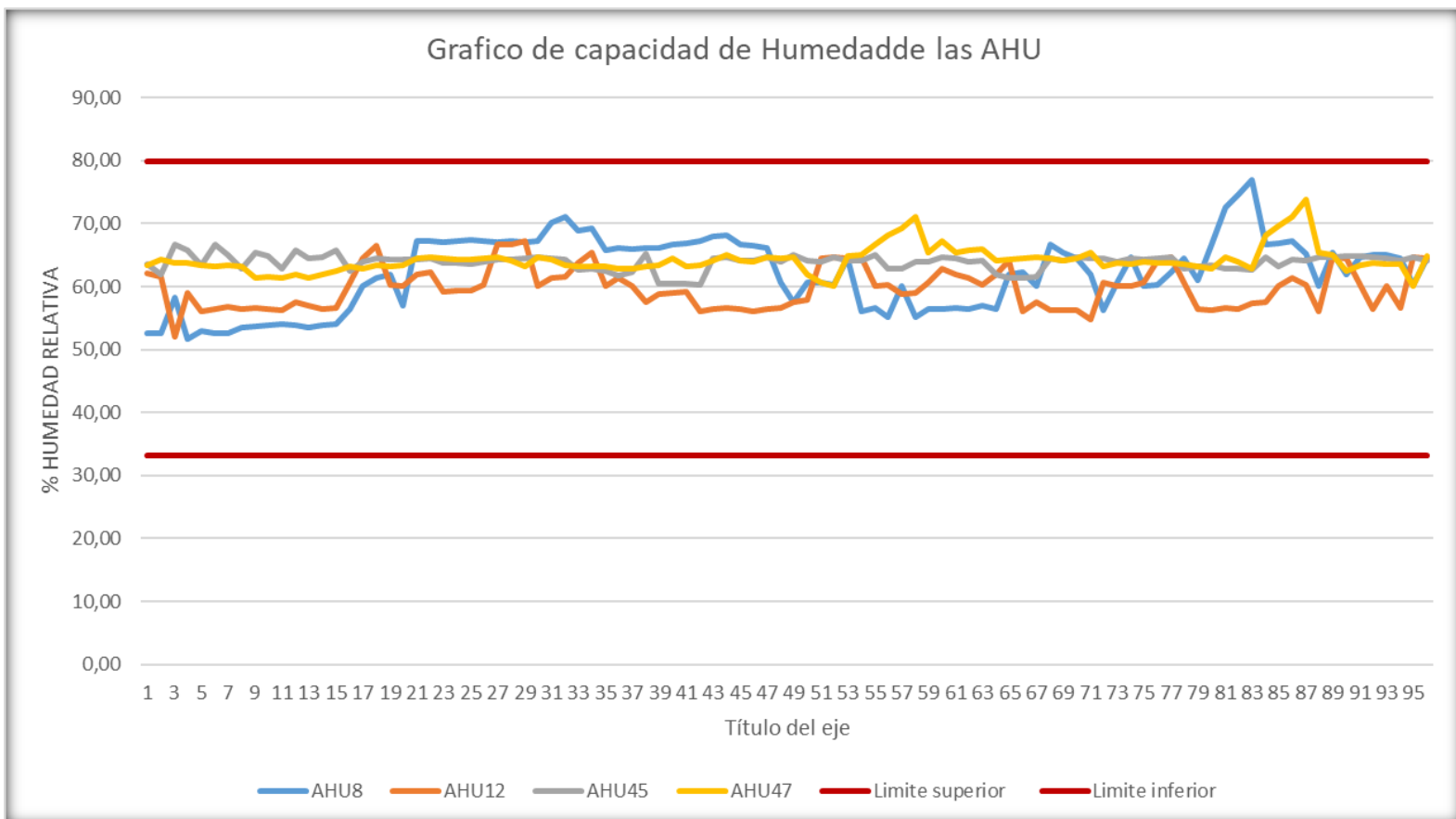
Con una muestra de 96 datos se observa en la figura 15 el comportamiento de temperatura de los cuartos de producción, se puede notar que la temperatura es un valor difícil de controlar y el más mínimo cambio puede afectar el proceso.

Tabla No 6 Resumen de resultados de análisis de criticidad de la humedad

Media	
Mediana	
Moda	
Desviacion Estandar	

Fuente: Figura 16

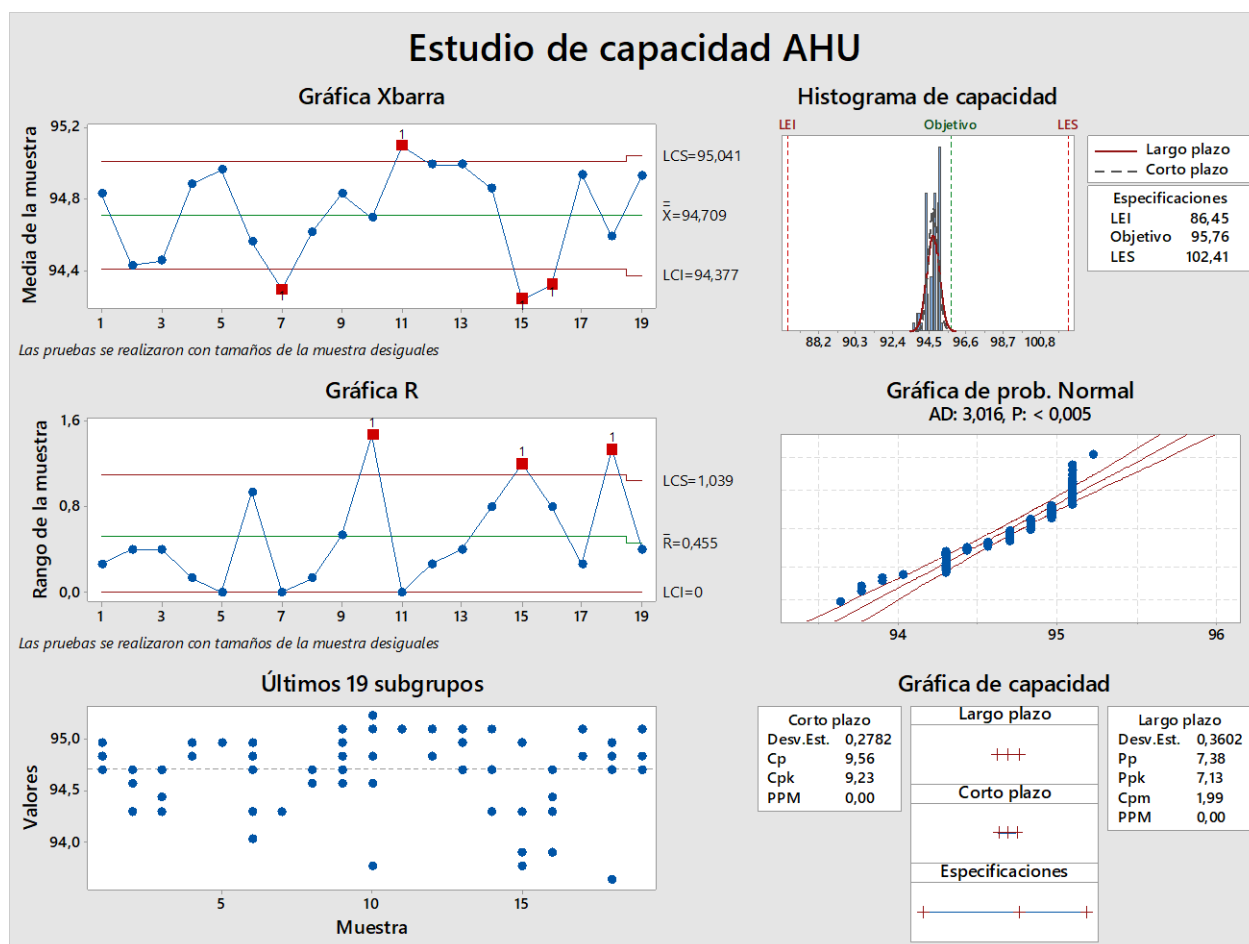
Figura No 16 Gráfico de capacidad de la humedad



Nota: Michael Monge S.

En el caso de la humedad relativa es muy parecido, el proceso es capaz de cumplir con los límites de especificación del cliente, pero es aún más complicado el controlar este parámetro ya que las condiciones ambientales afectan de forma significativa el comportamiento de este valor, la lluvia, el día y la noche son factores que logran hacer cambios en la humedad relativa por eso, es vital que los equipos estén en las mejores condiciones para poder reaccionar rápidamente a este tipo de fenómenos ambientales y lograr controlarlos para que el proceso no se vea afectado.

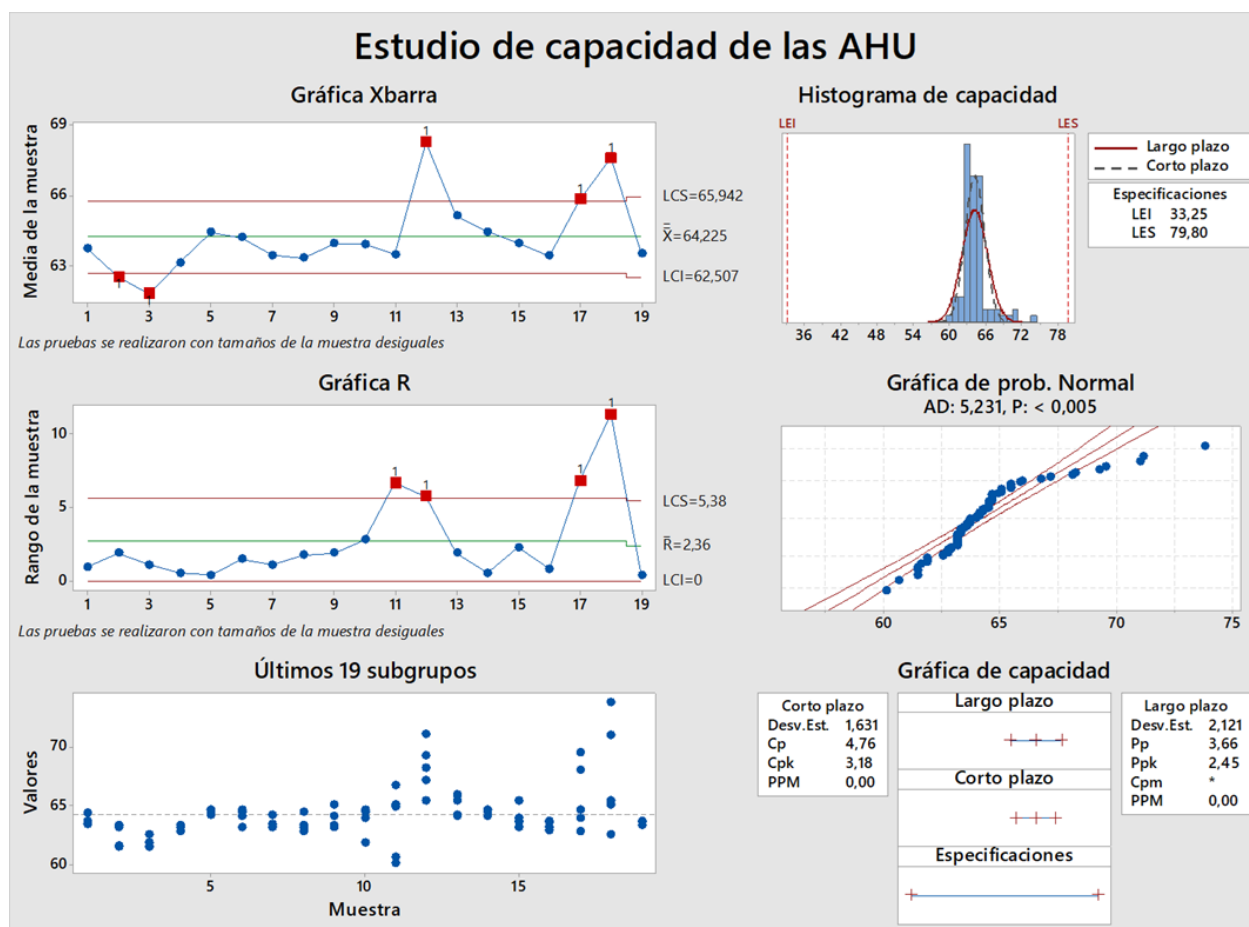
Figura No 17 Estudio de capacidad de temperatura



Nota: Michael Monge S.

En la figura No 17 se puede observar como en el gráfico Xbarra los datos se salen de los límites de control ya que el proceso es muy difícil de controlar, hay que aclarar que los límites de control y de especificación no son iguales ya que los de especificación el proceso es capaz de mantenerse dentro de lo requerido por el cliente, por otro lado, el histograma nos muestra un proceso descentralizado, pero siempre dentro de los límites de especificación. El CP y CPK nos indican que el proceso tiene un nivel 6sigma que es un nivel de calidad mundial.

Figura No 18 Estudio de capacidad de humedad



Nota: Michael Monge S.

Como se puede observar en la figura No 18 los datos son muy parecidos a los del ejemplo de la temperatura con la diferencia que la humedad es un poco más difícil de controlar los datos tienen mayor variabilidad, la distribución de la probabilidad tiene una tendencia normal con algunos puntos fuera, pero esto es debido a que el proceso; dura un poco al volver a estabilizar la temperatura y la humedad ya que son variables muy que se ven afectadas por cambios muy repentinos por factores externos. Pero ambos procesos siguen siendo totalmente capaces de cumplir con las especificaciones del cliente con una calidad 6sigma.

Estudio de repuesto más críticos en los equipos

Al observar los datos recolectados y utilizados para la evaluación de los repuestos más críticos de estos equipos, se dividió en dos categorías unos repuestos utilizados para los mantenimientos preventivos y la otra los utilizados para los correctivos y programados, para el cálculo del diagrama de Pareto se utilizó un factor de gravedad para A=50, B=30 y C=1 ya que los repuestos más críticos tienen la menor demanda.

En la tabla No 7 se observan el resumen de los resultados de un diagrama de Pareto de ABC para determinar cuáles son los repuestos más críticos de los equipos conocidos como Chillers y AHU con la ayuda de esta tabla que es el resumen de los datos utilizados y la figura No 19 que muestra la representación gráfica de los resultados analizados de los mantenimientos preventivos.

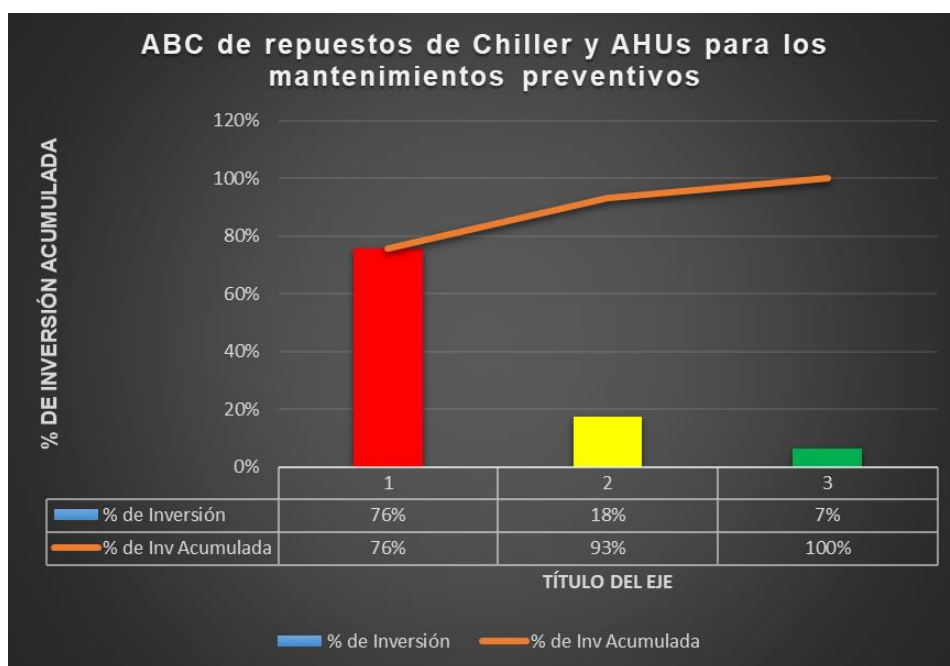
De acuerdo con los datos evaluados para los repuestos de los mantenimientos preventivos se observa que los repuestos tipo “A” ocupan el 76% de la inversión acumulada siendo estos los repuestos más críticos para el proceso, mientras que del tipo “B” representa el 18% de la inversión con un acumulado del 95% y con solo cuatro elementos, finalmente el tipo “C” representa el 7% de la inversión, y aunque cuenta con la mayoría de elementos estos repuestos son los menos críticos para estos equipos.

Tabla No 7 Resumen para el gráfico de Pareto ABC

Cuadro resumen ABC de repuestos preventivos					
ZONA	Elementos	% de repuestos	% acumulado	% de Inversión	% de Inv Acumulada
A	6	24%	24%	76%	76%
B	4	16%	40%	18%	93%
C	15	60%	100%	7%	100%
TOTAL	25	100%		100%	

Nota: Michael Monge S.

Figura No 19 Diagrama ABC de repuestos



Fuente: Tabla 7

Tabla No 8. Cuadro resumen del ABC de los repuestos para los mantenimientos correctivos y programados

Cuadro resumen ABC de repuestos correctivos					
ZONA	Elementos	% de repuestos	% acumulado	% de Inversión	% de Inv Acumulada
A	5	14%	14%	78%	78%
B	4	11%	24%	15%	93%
C	28	76%	100%	7%	100%
TOTAL	37	100%		100%	

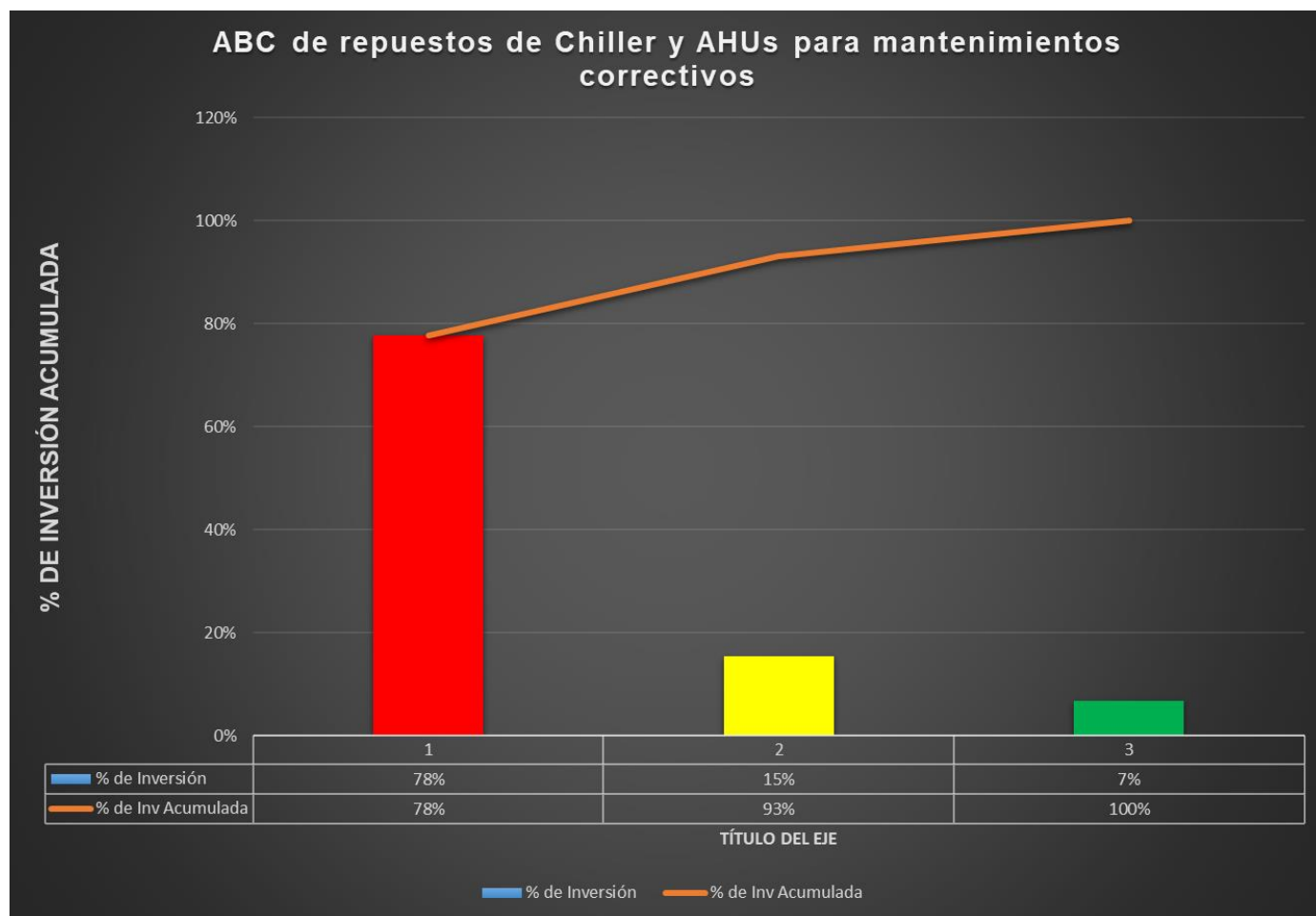
Nota: Michael Monge Sánchez

Ahora es el turno de los repuestos utilizados en los mantenimientos correctivos y programados mostrados en la tabla No 8 y representado gráficamente por la figura No 20 en donde se puede observar que en la primer fila se ubican los repuestos tipo “A” expresados con cinco elementos que representan el 78% de la inversión, siendo muy alta la criticidad de estos 5 elementos, por otro lado y no menos importantes los de la zona “B” que con 4 elementos

representan el 15% de la inversión y por último la zona “C” con 28 elementos representa apenas el 7% de inversión siendo estos últimos los menos importantes.

En la figura No 20 se observa gráficamente el comportamiento de los repuestos más críticos para los mantenimientos correctivos y programados, estos son de vital importancia ya que por falta de alguno de ellos los paros pueden llegar a ser muy significativos, aunque tal vez su demanda no es muy alta el no tenerlos provocan paros completos del equipo.

Figura No 20. Gráfico de control ABC.



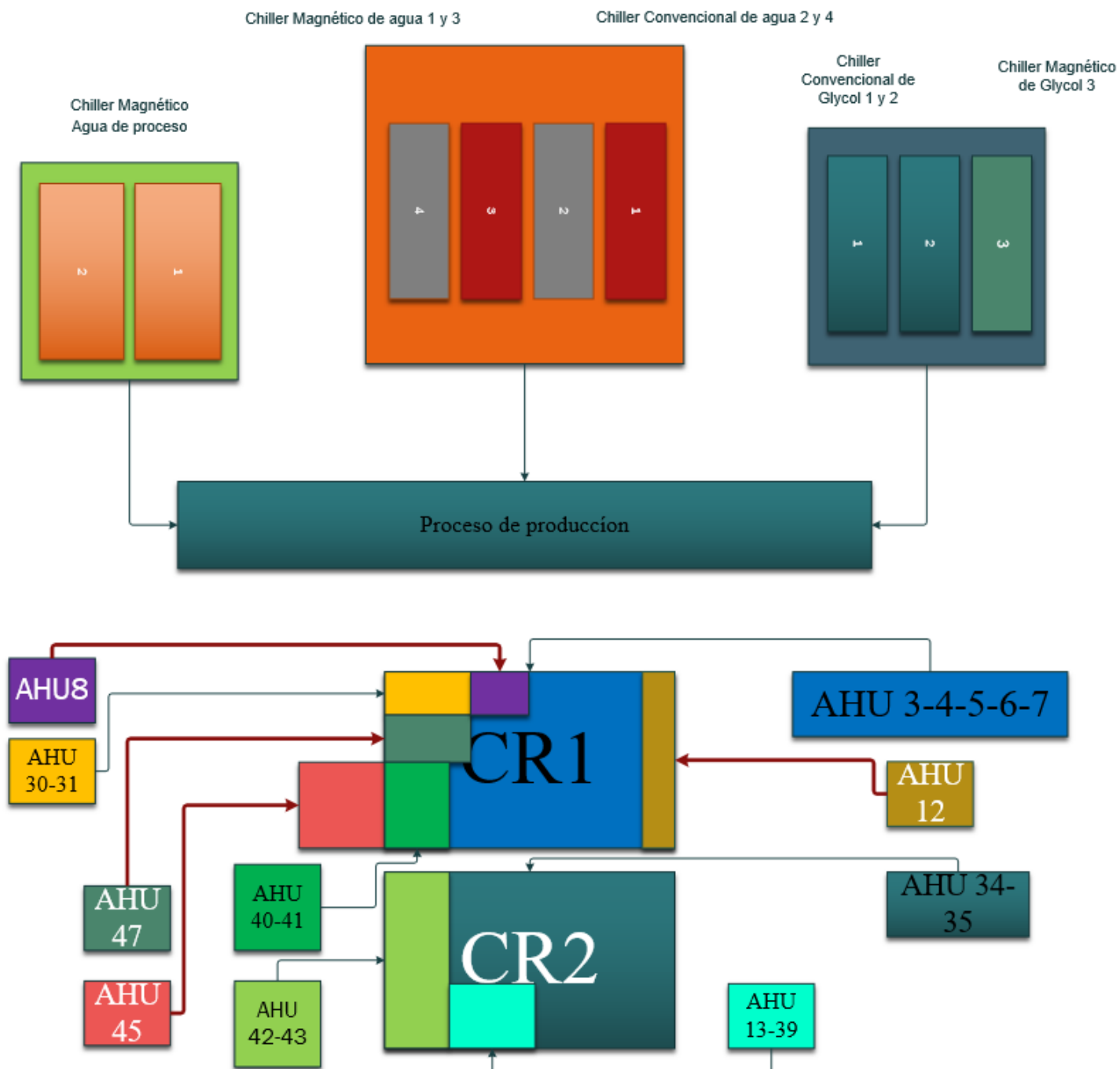
Fuente: Véase la tabla 8

Estandarización de los equipos y tareas de mantenimiento

Como se expuso anteriormente el departamento de facilidades tiene equipos alrededor de toda la planta, muchos de ellos son demasiado críticos para el proceso de producción, estos equipos están divididos en sectores de acuerdo con las áreas y las funciones que desempeñan cada uno, la mayoría están conformados en familias, con el fin de que si alguno falla los demás equipos puedan absorber la carga de trabajo.

Como se puede apreciar en las figuras No 21 estos equipos se encuentran agrupados en familias, como se mencionó anteriormente estas familias están distribuidas según la aplicación y áreas que le corresponde a cada equipo, pero dentro de ellas se encuentran diferencias ya que algunos son más nuevos o simplemente poseen números de serie o hasta tecnologías diferentes así que algunas de las tareas de mantenimiento no aplican para todos los equipos por eso se realizó una recolección de información para crear una ficha técnica de cada uno de ellos para clasificarlos por su fabricante, modelo y número de serie para que sea más fácil y que las tareas de mantenimiento se puedan ajustar a las necesidades de cada uno de los equipos. Los Chiller magnéticos son equipos de alta eficiencia, lo que los hace tan buenos es que sus ejes trabajan sobre campos magnéticos eliminando los rodamientos convencionales y reduciendo la fricción de los ejes del motor y compresor, reduce la cantidad de horas necesarias para el mantenimiento y el consumo de energía del motor.

Figura No 21 Distribución de los equipos de Chiller y Manejadoras de aire por familia

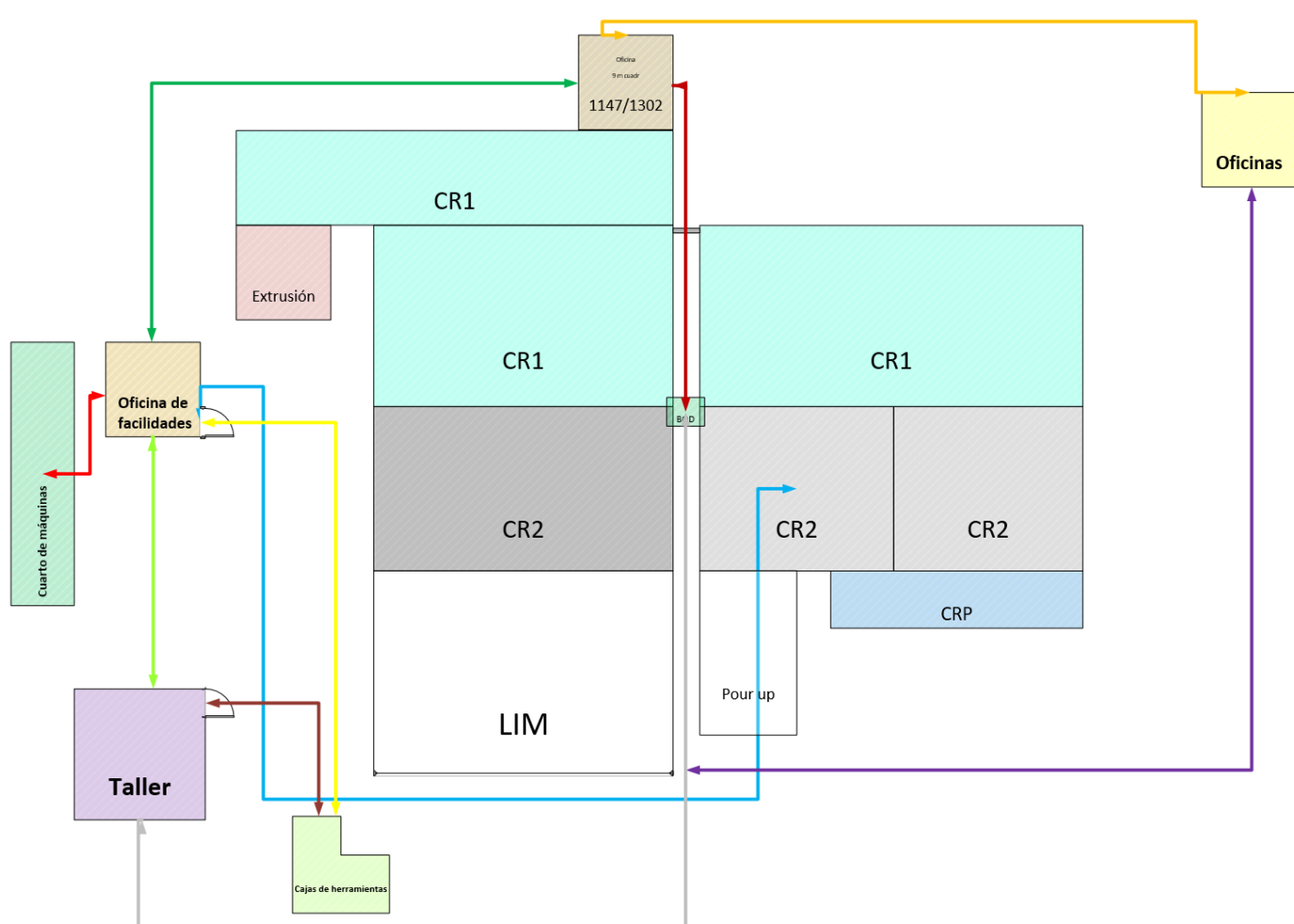


Nota: Michael Monge S.

Estudio de tiempos para disminuir los traslados innecesarios

La figura No 22 es una representación de la planta donde se encuentran los diferentes equipos del departamento de facilidades y los recorridos de los técnicos, para realizar los mantenimientos, las líneas dibujadas representan los recorridos que realizan, donde se puede apreciar que las líneas tienen una doble fecha para indicar un doble sentido del flujo o recorrido de los técnicos, mucho de los recorridos dependerán de la cantidad de veces que este requiera para realizar las tareas de mantenimiento.

Figura No 22 Plano recorrido de los técnicos



Nota: Michael Monge Sánchez

Para justificar este estudio cabe resaltar que muchas de las tareas de mantenimiento indican que se deben de hacer una limpieza externa e interna o cambiar una bombilla, pero tareas tan

sencillas pueden requerir mucho tiempo ya que no se cuenta con las herramientas necesarias o por lo menos no cerca, por ejemplo las escaleras; cada grupo tiene asignadas escaleras las cuales en teoría deben de estar distribuidas estratégicamente y encadenadas para control de cada grupo pero muchos no cumplen con esto y las escaleras se pierden u otro grupo la recoge y las encadena para ellos, provocando un desorden y una pérdida de tiempo buscando por toda la planta una escalera simplemente para cambiar un bombillo, hasta una escoba puede ser motivo para perder mucho tiempo innecesario.

Como se puede observar las áreas de CR1-CR2-CRP-1147/1132 se ubican en un segundo nivel, las áreas de LIM y POUR UP no tienen equipos y las áreas de oficinas hay tres niveles y en cada uno de ellos hay equipos con tareas de mantenimiento, la bodega de repuestos se encuentra en el primer nivel.

Para el siguiente estudio se realizó un recorrido en cada uno de los puntos indicado, con la ayuda de un cronometro y topo metro se midió las distancias recorridas y los tiempos aproximados de cada uno de los puntos a estudiar.

En la tabla No 9 se observa los diferentes puntos, se toman las distancias y tiempos aproximados, cada color representa uno de los recorridos y los que son dobles es debido a que se unen en una intersección sumando el tiempo entre los recorridos.

Tabla No 9 Tiempos de traslados

Tiempos y distancias aproximadas de cada uno de los puntos		
Recorrido	Tiempo promedio(minutos)	Distancia(mts)
	8,33	538
	2,05	125
	2,20	150
	2,30	180
	1,28	110
	4,00	248
	10,20	718
	3,00	295
	3,25	310
	2,45	190
	1,10	100
	0,50	18,00

Nota: Michael Monge S.

En la tabla No 10 se muestra las tareas de mantenimiento, se escogen según las áreas en estudio, pero las frecuencias de los mantenimientos preventivos son al azar.

Tabla No 10 Tiempos real versus tiempos no productivo

		Tiempo no productivo					
AIR HANDLING UNIT #31	4,25	8,12	14,2	26,57	105	78	
AIR HANDLING UNIT #31	0	8,14	8,21	16,35	90	74	
CHILLER #4	0	7,05	18	25,05	45	19,95	
	6,25	7,45	0	13,7	30	16,3	
	22,5	7,05	13,5	43,05	180	136,95	
AIR HANDLING UNIT #35	7,23	8,25	0	15,48	45	29,52	
AIR HANDLING UNIT #35	22,3	8,5	10	40,8	150	109,2	
AIR HANDLING UNIT #35	20,5	8,05	15	43,55	180	136,45	
AIR HANDLING UNIT #33 (CRITICO)	15	8	7,05	30,05	75	44,95	
AIR HANDLING UNIT #33 (CRITICO)	11,3	7,45	0	18,75	30	11,25	
AIR HANDLING UNIT #4	14	7,25	10,22	31,47	120	88,53	
AIR HANDLING UNIT #4	0	8,02	13,6	21,62	90	68,38	
AIR HANDLING UNIT #18	12	7,45	18	37,45	90	52,55	
AIR HANDLING UNIT #45	25	8,25	22	55,25	90	34,75	
CHILLER MAGNETICO # 2	16	7,45	0	23,45	60	36,55	
CHILLER MAGNETICO # 2	4,5	8,05	0	12,55	60	47,45	
CHILLER MAGNETICO # 2	12,3	7,25	12,5	32,05	120	87,95	
AIR HANDLING UNIT #5 TAG-AS02-AHU05 (CRITICO)	15	10,5	8,23	33,73	75	41,27	
AIR HANDLING UNIT #5 TAG-AS02-AHU05 (CRITICO)	8,25	8,45	8,75	25,45	150	124,55	
AIR HANDLING UNIT #12 TAG-AS05-AHU12 (CRITICO)	12,5	7,25	7,25	27	150	123	
AIR HANDLING UNIT #12 TAG-AS05-AHU12 (CRITICO)	0	7,05	0	7,05	105	97,95	
AIR HANDLING UNIT #12 TAG-AS05-AHU12 (CRITICO)	0	7,15	0	7,15	240	232,85	
AIR HANDLING UNIT #39 AS24-AHU39 (CRITICO)	25	8,12	8,56	41,68	75	33,32	
AIR HANDLING UNIT #39 AS24-AHU39 (CRITICO)	15,2	9,15	8,14	32,49	120	87,51	
AIR HANDLING UNIT #39 AS24-AHU39 (CRITICO)	17,03	7,25	0	24,28	180	155,72	
AIR HANDLING UNIT #28 TAG-AS14-AHU28	17,5	22,3	15,6	55,4	120	64,6	
AIR HANDLING UNIT #40 ACR2 (CRITICO)	2,3	7,26	9,25	18,81	90	71,19	
AIR HANDLING UNIT #40 ACR2 (CRITICO)	4,5	7,15	9,2	20,85	90	69,15	
AIR HANDLING UNIT #43 ACR2 (CRITICO)	6,2	7,16	8,45	21,81	30	8,19	
AIR HANDLING UNIT #43 ACR2 (CRITICO)	7,02	7,69	9,25	23,96	90	66,04	
CHILLER #4 TAG-CW01-CH04 (NM) (CRITICO)	10,25	8,14	12,3	30,69	105	74,31	
CHILLER #4 TAG-CW01-CH04 (NM) (CRITICO)	12,3	9,25	15,2	36,75	45	8,25	
CHILLER #4 TAG-CW01-CH04 (NM) (CRITICO)	25	7,26	12,6	44,86	45	0,14	
CHILLER #4 TAG-CW01-CH04 (NM) (CRITICO)	0	7,19	10,5	17,69	120	102,31	
AIR HANDLING UNIT #13 TAG-AS06-AHU13 (CRITICO)	2,5	8,15	15,5	26,15	75	48,85	
AIR HANDLING UNIT #13 TAG-AS06-AHU13 (CRITICO)	8,3	7,26	12,5	28,06	60	31,94	
AIR HANDLING UNIT #13 TAG-AS06-AHU13 (CRITICO)	4,25	8,02	11,25	23,52	66	42,48	
HOT WATER TANK	0	7,25	19,5	26,75	39	13	
BOILER#1 (PURWATER SYSTEM)	2,03	7,26	6,33	15,62	48	32	
AIR HANDLING UNIT #24 TAG-AS14-AHU24	7,25	8,15	18,2	33,6	99,75	66	
AIR HANDLING UNIT #41 ACR2 (CRITICO)	3,25	7,11	0	10,36	135	124,64	
AIR HANDLING UNIT #41 ACR2 (CRITICO)	4,26	8,25	0	12,51	177	165	
AIR HANDLING UNIT #41 ACR2 (CRITICO)	22,59	7,25	8,2	38,04	75	36,96	
BOILER#3 (PURWATER SYSTEM)	19,5	8,15	6,25	33,9	48	14	
AIR HANDLING UNIT #20 TAG-AS13-AHU20 (CRITICO)	8,39	8,28	17,5	34,17	120	85,83	
AIR HANDLING UNIT #21 TAG-AS13-AHU21 (CRITICO)	9,25	7,15	18,5	34,9	120	85,1	
AIR HANDLING UNIT #22 TAG-AS13-AHU22 (CRITICO)	8,26	9,15	19,25	36,66	120	83,34	
AIR HANDLING UNIT #23 TAG-AS13-AHU23 (CRITICO)	15,2	15,3	17,26	47,76	200	152	

Nota: Michael Monge S.

En la tabla No 10 se pueden observar los equipos seleccionados para este estudio cada uno de ellos fue elegido de acuerdo a su nivel de importancia y por su ubicación para demostrar el exceso de recorrido que los técnicos deben de realizar para la realización de las tareas ya sean preventivas, correctivas o predictivas.

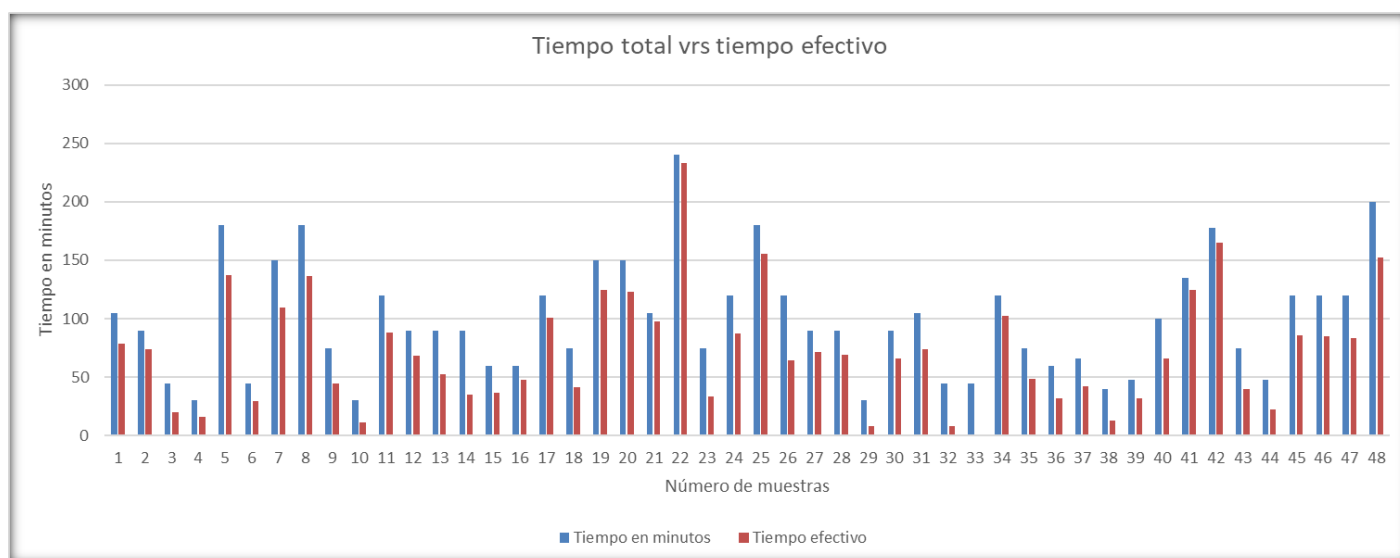
Para realizar este estudio se tomó la orden de trabajo y junto con el técnico se realizó el recorrido que usualmente haría para realizar la tarea de mantenimiento, el ciclo para la toma de tiempos inicia desde que el técnico tiene la orden de trabajo y sale del departamento de facilidades, el cronometro se detiene cada vez que el técnico inicia una tarea indispensable para la realización del mantenimiento y vuelve a contar cuando la tarea no le agrega valor al trabajo como búsqueda de herramienta o equipo indispensable inclusive la búsqueda de un repuesto que aunque es necesario debe de caminar y debe de ir hasta el departamento de facilidades o la bodega para hacer la descarga del repuesto y luego retirarlo y volver al equipo.

Por tal motivo los tiempos se dividieron de la siguiente forma:

- Tiempo #1: Es el tiempo que el técnico dura estando ya en el equipo en búsqueda de herramienta o equipo como escaleras, escobas, aspiradoras, llaves, engrasadora entre otras; aunque en teoría debería de llevar toda la herramienta, en la realidad esto no sucede ya que en ocasiones suelen olvidar algo y deben de volver a la caja de herramienta por aquello que dejaron.
- Tiempo #2: es el tiempo que el técnico debe utilizar desde que sale del departamento con la orden de trabajo y se dirige a su caja de herramienta a seleccionar la que crea necesaria, es importante destacar que como las distancias son largas cuentan con un bolso donde llevan solo lo necesario ya que no pueden llevar toda la herramienta porque sería mucho el peso que deben de cargar y aunque se cuenta con carretas para transportarlos en muchos de los lugares deben de subir escaleras lo que genera mucho esfuerzo y agotamiento.
- Tiempo #3: Es el tiempo que el técnico dura en el recorrido desde el equipo hasta la bodega de repuestos. Aunque este tiempo es necesario hay un punto en el segundo nivel que conecta a la bodega de repuestos donde se disminuiría notablemente ese recorrido y con una estación (computadora) para hacer la descarga del sistema se ahorra mucho tiempo.

En la figura No 23 se observan las barras de color azul como el tiempo total de las tareas de mantenimiento y las barras de color rojo es el tiempo efectivo que la tarea teóricamente pudo haber durado.

Figura No 23 Tiempo total vrs Tiempo efectivo



Nota: Michael Monge S.

En la tabla No 11 muestra los resultados de las horas totales y efectivas que se calculó para indicar que hubo un desperdicio de 23 horas por traslados incensarios y esto representa un 28% de ahorro en horas técnico.

Tabla No 11 Resumen de los resultados de tiempos total entre efectivo

Nota: Michael Monge S.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Al realizar el análisis de capacidad se logró observar que el proceso de los equipos de facilidades es totalmente capaz de cumplir con las especificaciones del cliente como se mostró en la figura No 15 y 16, pero también es evidente que controlar la temperatura y humedad es bastante complicado ya que las variables se ven afectadas por agentes externos como lo son las condiciones climáticas, por eso es muy difícil lograr obtener un proceso centrado.

Aun así, la compañía en conjunto con el departamento de facilidades está siempre buscando innovar y obtener equipos de última generación y con tecnología de vanguardia, para lograr que esa brecha sea cada vez menor, adquiriendo equipos de alta capacidad y eficiencia como lo son los Chiller Magnéticos, como se demostró en las fichas técnicas la ausencia de rodamientos disminuye el tiempo en mantenimientos y costo energético, al poseer un equipo que minimiza la fricción y el esfuerzo que deben de realizar sus componentes. Todo esto con el fin de obtener un proceso capaz de reaccionar a los cambios repentinos, que los agentes externos e internos puedan provocar dando confiabilidad y reduciendo las posibles pérdidas económicas de la compañía.

Basado en el estudio de repuesto y respaldado por lo que el autor (Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009), menciona que para la creación de un diagrama de Pareto, un repuesto que tenga la mayor demanda no siempre es el más importante, sino que cualquier repuesto que produzca un paro total en la máquina sin importar sus características se clasifica como repuesto crítico. Gracias a esto la clasificación logro evidenciar los repuestos tipo “A” como los más críticos, aunque su demanda fuera mínima al comparar lo con los máximos y mínimos algunos de estos repuestos se encontraban a punto de ser etiquetados como obsoletos, debido a esto se propuso la creación de un colchón de seguridad para asegurar los repuestos de los equipos más críticos encontrados en este estudio. Por otro lado, se encontró que las bases de datos de los repuestos estaban mezcladas con repuestos que no correspondían a esos equipos por lo que se hizo tan difícil la selección ya que se tuvo que comparar con números de partes para revisar si correspondían o no a los equipos.

Para la estandarización de los mantenimientos es importante clasificar los equipos, la realización de las tareas dentro de las ordenes de trabajo, la clasificación de los diferentes tipos de mantenimiento es vital para llevar un control total tanto de la vida útil de los equipos como la de

los repuestos y al mismo tiempo evitar paros inesperados por causa de una falla de un repuesto y más aún por causa de una mala práctica por parte de los técnicos debido a que las tareas no son claras en su ejecución. Instalar horómetros en todos los equipos ya que la mayoría no cuentan con este instrumento para medir el tiempo real de trabajo. También debido a la falta de este instrumento los mantenimientos predictivos son muy pobres o casi nulos. Esto es vital para la implementación de uno de los objetivos de este trabajo como lo es la estandarización de las tareas de mantenimiento, ya que para poder implementar estas tareas es necesario conocer las horas de trabajo del equipo.

Basados en la tabla No 11 los datos obtenidos en el estudio de traslados innecesarios los resultados muestran cómo se puede disminuir notablemente el tiempo de ejecución de los mantenimientos, lo único que se necesita es que los técnicos tengan fácil acceso a cada una de las herramientas necesarias, llevar un control es muy importante ya que mantiene el orden y el aseo y reduce el tiempo para encontrar lo que se necesita. Además, disminuir el recorrido que realizan los técnicos disminuye la fatiga ya que en promedio un técnico recorre al día 7km en un lapso de 12 horas por turno.

Recomendaciones

Como primer punto es necesario demostrar a los supervisores la importancia de re definir las tareas de mantenimiento según su clasificación para poder crear una base de datos sólida y precisa de las fallas de los equipos, esto ayudara a identificar las fallas más comunes, con lo que se podrá atacar problemas que se presenten de forma cíclica, crear un código de fallas para realizar un estudio y determinar si la causa se puede eliminar; realizar mantenimientos con mayor frecuencia, modificar el equipo si es posible para evitar este tipo de problemas y si no; estar preparados para intervenir el equipo cerca del momento de fallo.

Es necesario crear un salvamento para los repuestos críticos que son utilizados en más de un equipo como se logró demostrar en el estudio anterior, además utilizar la técnica P.E.P.S (primero en entrar primero en salir) para aquellos repuestos que se puedan ver afectados por largos periodos de tiempo de almacenaje. Identificar aquellos repuestos que no tienen movimiento, verificar si el equipo está en funcionamiento; si no es así se podrá eliminar, pero si el equipo está trabajando ver porque no se ha cambiado realizar mantenimiento predicativo para asegurarse que el repuesto está en buenas condiciones.

Se debe de depurar la base de datos de los repuestos para eliminar los que no correspondan al equipo, ya que provoca información falsa y generar retrasos a los técnicos al querer encontrar un repuesto específico.

Es importante que el personal de facilidades comprenda la importancia de aplicar las 5s en las nuevas estaciones de trabajo para mantener la herramienta ordenada y siempre al alcance de todos.

CAPÍTULO VI PROPUESTA

Para la realización del capítulo final se desarrollarán cada una de las propuestas realizadas para el cumplimiento de los objetivos planteados, evidenciar las fallas y dar la recomendación necesarias para corregir los problemas encontrados en el diagnóstico.

Para iniciar se mostrará la clasificación de los repuestos más críticos y se comparará con los registros de máximos y mínimos que posee la bodega de repuestos para verificar si los datos encontradas son suficientes para cubrir la demanda y sobre todo la de los equipos más críticos.

Seguidamente se mostrará la ficha técnica donde se asegura estandarizar los equipos y sus tareas de mantenimiento realizar el cálculo para eliminar la subjetividad de los técnicos en las tareas encontradas en los documentos de mantenimiento, describir el procedimiento para realizar la tarea y que se deberá de incluir en los registros para modificarse.

Para finalizar con la propuesta se procederá a calcular la ganancia en tiempo y en costo para ver si las implementaciones de las estaciones de trabajo son viables y ayuden a mejorar la eficiencia tanto de los tiempos de las tareas de mantenimiento como la de los técnicos.

Resultados del estudio del ABC

En la tabla No 11 se muestran los repuestos más críticos los cuales se analizaron con los máximos y mínimos que tenía en ese momento la bodega de repuestos, dentro de los resultados encontrados se pudo observar que para el cálculo de sus niveles no toman en cuenta la criticidad de los equipos sino solo la demanda y el tiempo de entrega, también se encontró que uno de los repuestos podría ser desechado y colocado como obsoleto ya que tenía seis años de no tener movimiento lo cual nos indicó que este repuesto nunca había sido cambiado .

Por tal motivo se seleccionaron los siguientes repuestos para crear un colchón de seguridad y que sean únicos y exclusivamente para estos equipos. Los repuestos seleccionados corresponden a los utilizados en los mantenimientos correctivos, la falta de estos repuestos causaría el paro inmediato del equipo además en algunos casos, varios de estos equipos comparten el mismo número de parte y de acuerdo con lo encontrado en los datos de bodega los mínimos eran insuficientes. Otro aspecto importante de mencionar, es el tiempo para colocar la orden de compra, como mínimo es de dos semanas lo que resulta peligroso para el proceso de producción de la planta.

Los repuestos de los mantenimientos preventivos no se tomaron en cuenta para agregarlos en esta tabla ya que poseen un amplio margen en los cálculos de máximos y mínimos de estos equipos.

Tabla No 11 Repuestos Críticos

Repuestos Críticos			
Equipo	Código	Descripción	Cantidad
AHU 8	3003408	DAMPER ACTUADOR PNEUMATIC 6"	1
	1612082	BELT 5VX1030 5/8" X 103"L	1
	1030400	PILLOW BLOCK 2-7/16"	2
AHU12	1612004	BELT B-79 21/32" X 82"L	1
	3003408	DAMPER ACTUADOR PNEUMATIC 6"	1
	1613024	BELT 5VX780, 78"OC	1
AHU45	1012580	BEARING, BALL 40 X 80 X 18MM	2
	1613023	BELT BX-148 21/32" X 151"L	1
	1613024	BELT 5VX780, 78"OC	1
	7983010	BEARING, BALL 45 X 100 X 25MM	2
	3041901	PILLOW BLOCK 2-11/16"	2
			1
	1012580	6208-2RS1/C3	2
	7983010	6309-2RS1/C3	2
	3003408	DAMPER ACTUADOR PNEUMATIC 6"	1
Chiller de Glycol 1 y 2	9700714	BOARD, TRIGGER	2

Nota Michael Monge S

Estandarización de los equipos y las tareas de mantenimiento

Para la estandarización de los equipos y las tareas de mantenimiento es necesario primero clasificar los equipos de acuerdo con su fabricante número de parte, serie y modelo además se clasificó por familia y grupo. Actualmente si se clasifica, pero únicamente por familias y agrupa todos los equipos que están a cargo de un área en específico sin importar si los equipos comparten las mismas características.

Como se observa en las figuras 24 el grupo representa al área de las cuales los equipos están relacionados y la familia en la que los equipos comparten las mismas características de fabricación.

Figura No 24 Clasificación de equipo

Sistemas de enfriamiento	
Número de equipo	
Ubicación	
Fabricante	

Descripción del equipo	Datos
Grupo	
Familia	
Modelo	
Serie	

Nota: Michael Monge S

El estudio de las tareas de mantenimiento mostró que algunas de ellas se dejaban a criterio del técnico como se mencionó anteriormente, lo que podría generar que algunas partes de los equipos fallen a causa del factor humano. Como parte importante de la ficha técnica es la recolección de los datos de cada uno de los equipos con el fin de utilizarlos para el cálculo y la estandarización de las tareas de mantenimiento. Como se observa en la siguiente figura se recolectan los datos necesarios de todos los equipos.

Figura No 25 Datos de los equipos

Datos del motor	Valor
Tipo	
Amp	
Hp	
Rodamientos int	
Rodamientos ext	
Voltaje	
Peso	
Rpm	
Hz	
Ventilador	Valor
Rodamientos del eje	
Serie	
CFM	
Número de parte	

Nota: Michael Monge S

Las tareas de mantenimiento seleccionadas dicen la siguiente leyenda:

- “Revise los rodamientos, si es necesario engrase”
- “Revise la tensión de las fajas, si las encuentra flojas ajuste”
- “Revise que los tornillos de sujeción del motor y ventilador tengan la presión necesaria, de no ser así ajuste”

Como se observa en las tareas anteriores, dejan la aplicación al conocimiento y criterio del técnico lo cual puede ser peligroso en cualquier equipo y más aún en estos tan críticos; por eso se realizó un estudio y se calculó los datos necesarios para estandarizar estas tareas de mantenimiento.

En la siguiente figura se muestran los cálculos realizados conforme a las recomendaciones del manual técnico y las recomendaciones del fabricante del equipo.

Figura No 26 Datos para la ejecución del mantenimiento

Descripción de datos para realizar los	PM
Cantidad de grasa para el motor gr	
Cantidad de grasa para el Ventilador gr	
Tiempo de engrase en horas	
Tension de la faja nueva lbs	
Tensión de la faja usada lbs	
SPAN	
Torque del soporte del motor	
Torque del soporte del eje del Ventilador	

Nota: Michael Monge S

Los valores de la figura No 26 salen de las siguientes tablas y cálculos realizados según los manuales del fabricante.

Tabla No 12 Cálculo de los datos de engrase

Gramos de engrase						

Nota: Michael Monge S.

Para el cálculo de engrase de los rodamientos de los equipos sale de la fórmula mostrada en la figura No 27 tomada del manual de rodamientos KOYO.

Es importante recordar que para cualquier método a utilizar siempre se debe de colocar grasa nueva y limpia, de esta forma se mantendrá la suciedad fuera del alojamiento de los rodamientos y es importante utilizar el mismo tipo de grasa utilizada por el fabricante.

Figura No 27 Fórmula re lubricación de rodamientos

$$G = 0,005 \cdot B \cdot X \cdot D$$

G=

K

B

D

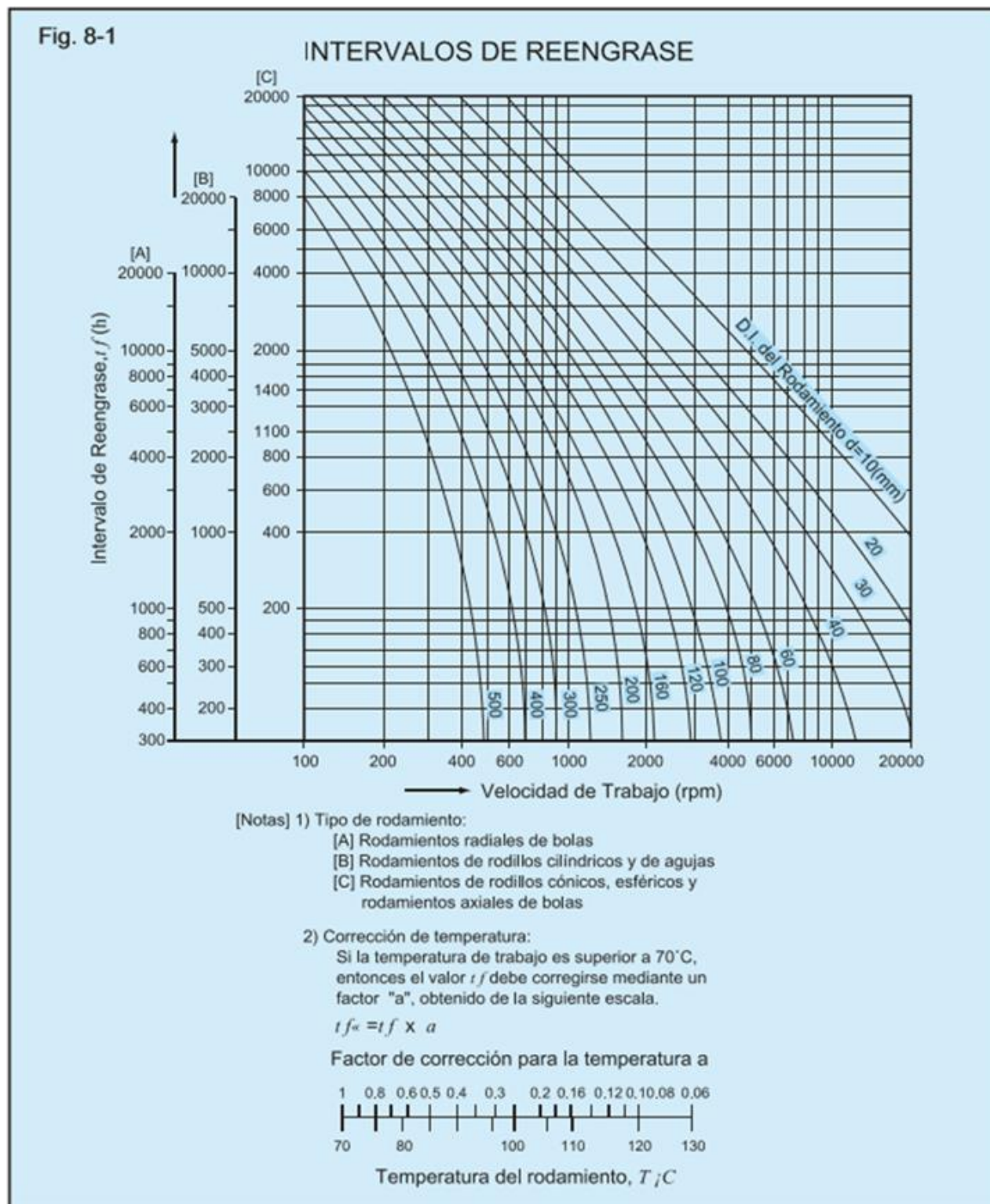
Nota: Manual de rodamientos KOYO

A continuación, en la figura No 28 se muestra un gráfico para calcular el tiempo aproximado de re engrase recomendado por el fabricante es importante resaltar que el mismo recomienda siempre tomar un valor menor con el fin de asegurar la vida útil de los componentes por algún factor como suciedad o sobrecalentamiento debido a las condiciones de trabajo.

Para encontrar el valor de referencia se debe de conocer el tipo de rodamiento si es radial de bolas, rodillos o cónicos también la máxima capacidad en revoluciones por minuto a la cual está diseñado el equipo.

Según el fabricante otro aspecto importante a considerar es la temperatura de trabajo si la temperatura supera los 70C° el valor buscado debe de corregirse mediante un factor “a”, pero en el caso de los equipos en estudio su temperatura es mucho menor a esa, por ese motivo no es necesario utilizar el factor de corrección.

Figura No 28 Gráfico de frecuencia de engrase



Fuente: Manual de rodamientos KOYO

En la figura No 29 se muestra una tabla que contiene los torque recomendados para los diferentes tipos de tornillos en pulgadas, se tomo como referencia para seleccionar el torque del los tornillos de sujecion del motor y del ventilador.

Figura No 29 Tabla de torque para tornillos en pulgadas

Torque de servicio para tornillos serie en pulgadas
(Tightening torque for hex cap screws inches series)

(Libras - pie)
(lb - ft)

Diámetro nominal (Nominal diameter)	Tipo de rosca (Pitch)		Grado de Resistencia (Grade Designation)		
			Grado 2 (Grade 2)	Grado 5 (Grade 5)	Grado 8 (Grade 8)
1/4	20	RO	5.0 - 6.0	7.9 - 9.0	11.0 - 13.0
	28	RF	5.8 - 7.0	8.8 - 10.0	12.7 - 14.0
5/16	18	RO	10.6 - 12.5	16.6 - 18.5	23.0 - 27.0
	24	RF	11.7 - 14.0	18.0 - 21.0	26.0 - 30.0
3/8	16	RO	18.6 - 22.0	29.5 - 33.0	40.0 - 47.0
	24	RF	21.0 - 24.0	32.5 - 37.0	46.0 - 52.0
7/16	14	RO	30.0 - 34.6	47.0 - 54.0	65.0 - 76.0
	20	RF	33.0 - 39.0	52.0 - 60.0	73.0 - 84.0
1/2	13	RO	45.0 - 52.0	71.0 - 82.0	100.0 - 115.0
	20	RF	51.0 - 59.0	80.0 - 90.0	112.0 - 128.0
9/16	12	RO	66.0 - 75.0	103.0 - 116.0	145.0 - 165.0
	18	RF	73.0 - 85.0	113.0 - 130.0	160.0 - 184.0
5/8	11	RO	91.0 - 105.0	150.0 - 170.0	200.0 - 230.0
	18	RF	103.0 - 117.0	160.0 - 180.0	225.0 - 255.0
3/4	10	RO	160.0 - 183.0	250.0 - 290.0	350.0 - 405.0
	16	RF	179.0 - 205.0	275.0 - 320.0	390.0 - 450.0
7/8	9	RO	155.0 - 180.0	400.0 - 465.0	570.0 - 660.0
	14	RF	171.0 - 200.0	445.0 - 515.0	620.0 - 730.0
1	8	RO	233.0 - 270.0	600.0 - 705.0	850.0 - 1 000.0
	14 UNS	RF	261.0 - 300.0	660.0 - 775.0	930.0 - 1 090.0
1-1/8	7	RO	330.0 - 380.0	740.0 - 860.0	1 200.0 - 1 400.0
	12	RF	370.0 - 425.0	830.0 - 955.0	1 350.0 - 1 545.0
1-1/4	7	RO	470.0 - 540.0	1 050.0 - 1 220.0	1 700.0 - 1 940.0
	12	RF	520.0 - 600.0	1 160.0 - 1 345.0	1 880.0 - 2 180.0
1-1/2	6	RO	810.0 - 930.0	1 820.0 - 2 080.0	2 940.0 - 3 370.0
	12	RF	915.0 - 1 045.0	2 050.0 - 2 340.0	3 320.0 - 3 790.0

Nota: Para uso general aplique este torque de ensamble, si no existe una especificación contraria.
(**Note:** Unless otherwise specified, apply these tightening torques).

Fuente: <https://fabricadetornillosdecalidaddecolombia.blogspot.com>

A continuación, se muestra en la tabla No 13 los resultados para la aplicación de la tensión en las fajas nuevas y usadas

Tabla No 13 Tensión de las fajas

Cálculo de la tensión de las fajas							Datos de tabla (Fuerza en lbs)	
RPM	Faja	Equipo	Diametro de poleas en pulgadas		Distancia entre centros	SPAN	Nueva	Usada
	Tipo	AHU	Diametro mayor	Diametro menor				
1775	BX	1 y 2	14	7	45	2,00	7,10	10,5
1775	BX	3-4-5-6-7	11	8	54	2,91	7,10	10,5
1780	5VX	8	7	5	32	1,02	5,3	7,9
1785	B	9-10-11-25	7,5	9	40	1,60	6,3	9,4
1745	5VX	12	15,75	6,75	24	0,54	5,3	7,9
1760	BX	13	11	6,5	23,5	0,54	5,3	7,9
1785	B	30-31	12	5	42	1,74	8,8	13,2
1775	B	32-33	14	7	45	2,00	8,5	12,6
1775	B	34-35	10	7	52	2,70	8,5	12,6
1775	B	39	9	5	25	0,62	7,1	10,5
1775	B	40-41-42-43	10	7	41	1,68	8,5	12,6
1775	BX	45	20	9	25	0,56	8,5	12,6
	5VX		11	8	55	3,02	11,2	16,7

Nota Michael Monge S.

Para el cálculo de la tensión, es necesario obtener el valor conocido como el SPAN este valor se obtiene según la formula mostrada en la figura No 30 el cual utilizando el verificador de tensión determina la presión aplicada a la que se encuentra la faja se compara con los valores máximos que indica la tabla y se ajusta si es necesario.

Una vez ajustada la tensión de la faja se debe de verificar entre 24 y 48 horas de trabajo, con el fin de asegurar que la tensión siga igual; de no ser así se procede a volver a ajustar.

Figura No 30 Fórmula para calcular el span

$$TL \text{ (mts)} = \frac{C^2 - \left(\frac{D-d}{2}\right)^2}{1000}$$

Fuente: Manual del fabricante

En la figura No 31 se muestra la ficha técnica completa realizada para cada uno de los equipos en estudio.

Figura No 31 Ficha técnica de los equipos

Sistemas de enfriamiento	
Número de equipo	
Ubicación	
Fabricante	
Descripción del equipo	
Grupo	Datos
Familia	
Modelo	
Serie	
Datos del motor	
	Valor
Tipo	
Amp	
Hp	
Rodamientos int	
Rodamientos ext	
Voltaje	
Peso	
Rpm	
Hz	
Avanico	
	Valor
Rodamientos del eje	
C.F.M	
Descripción de datos para realizar los	PM
Cantidad de grasa para el motor gr	
Cantidad de grasa para el Ventilador gr	
Tiempo de engrase en horas	
Tension de la faja nueva lbs	
Tensión de la faja usada lbs	
SPAN	
Torque del soporte del motor	
Torque del soporte del eje del Ventilador	

Nota: Michael Monge S.

Terminada la ficha técnica se pueden cambiar las tareas de mantenimiento antes mencionadas y referenciarlos a esta ficha técnica.

Para la realización de algunas rutinas de mantenimiento tales como los preventivos, predictivos y correctivos es necesario conocer la cantidad de horas de trabajo, pero actualmente la mayoría de los equipos no cuentan con horómetros para tomarlos como referencia por eso parte de las recomendaciones es la colocación de estos dispositivos en todas las máquinas. Con la ayuda de estos dispositivos y documentando su tiempo en las ordenes de trabajo cada vez que se realiza algún mantenimiento ya sea preventivo, programado, correctivo o predictivo ayudará al departamento a llevar un mejor control, separando correctamente las diferentes tareas de los mantenimientos ayudará a crear una base de datos más confiable y capaz de determinar cuáles son las fallas más comunes aumentando la confiabilidad de los equipos.

Diseño de la propuesta para la reducción de traslados innecesarios

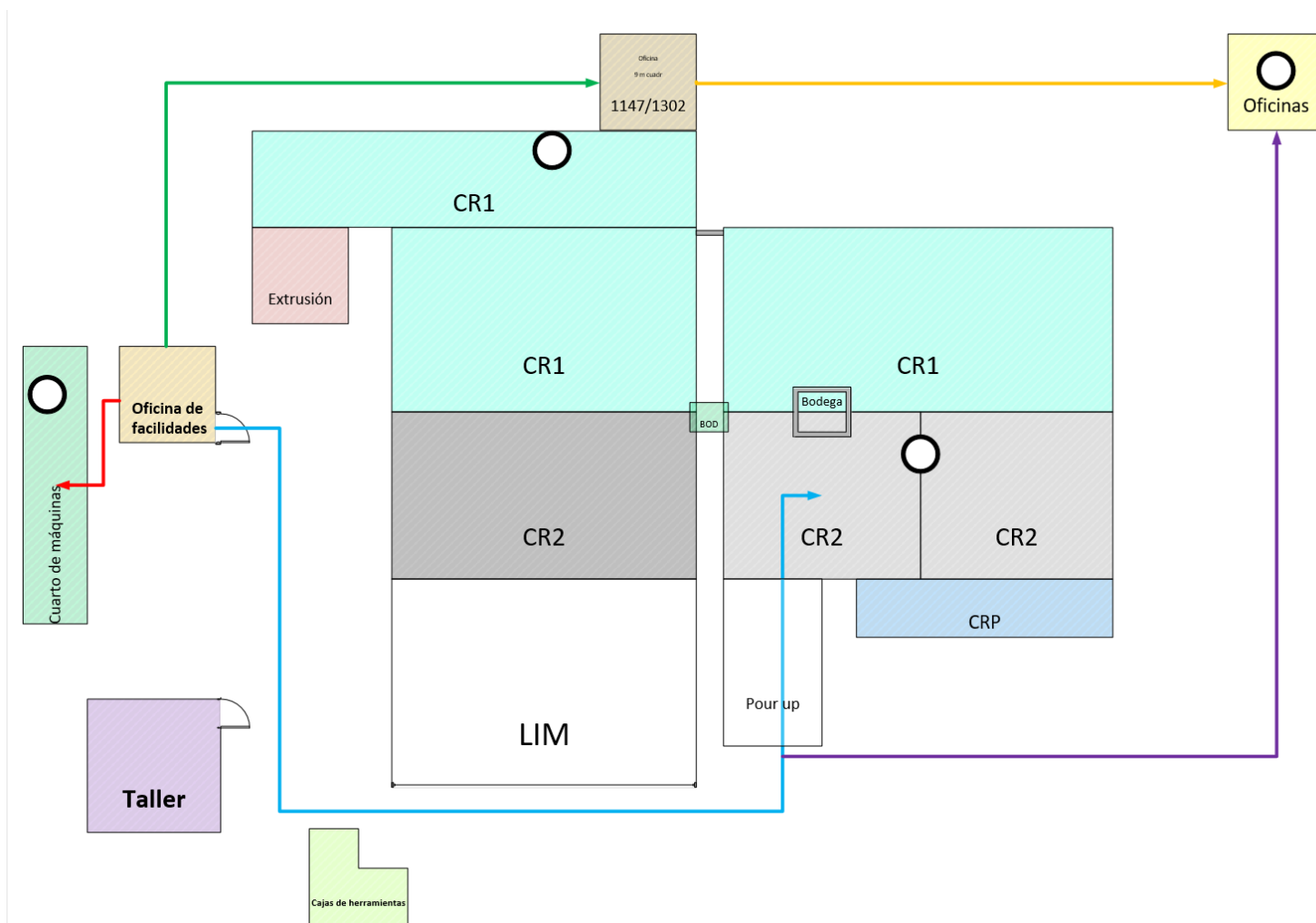
En la figura No 32 se muestra la propuesta donde se instalarán las estaciones de trabajo, que ubicadas en puntos estratégicos representadas por un círculo, reducirán el tiempo que los técnicos dedican a recolectar las herramientas necesarias e insumos para prepararse para la realización tanto de las tareas preventivas, correctivas y predictivas según lo indique la orden de trabajo.

Como se puede observar el flujo de los técnicos será en un solo sentido eliminando los traslados hacia las cajas de herramientas y el taller de facilidades donde perdían la mayoría del tiempo. Las estaciones de trabajo facilitarán la ejecución de las tareas de mantenimiento y como se observa en la figura 32 se colocará una computadora y un acceso desde el segundo piso que se conecta con la bodega de repuestos, así los técnicos no tendrán que hacer todo el recorrido actual para sacar un repuesto.

En el caso del edificio de oficinas es inevitable el desplazamiento hacia la bodega de repuestos por ese motivo se instalará un armario para crear un kanban de filtros ya que estos son los repuestos más utilizados en los equipos de oficinas.

Funcionaran con etiquetas de colores por tipo de filtro y máquina, cuando el técnico utiliza un grupo de filtros para el equipo en mantenimiento deberá de llevar la etiqueta al departamento de facilidades y colocarla en una papelera donde el próximo técnico que requiera realizar un mantenimiento en el área de oficinas revisara si el número de filtro que necesita esta en cero, siendo así el técnico descargara los filtros que necesita y pasara a la bodega cuando va a realizar la tareas de mantenimiento. Si el equipo ocupaba cambio de filtros regresara nuevamente con la etiqueta para que el próximo técnico descargue los nuevos filtros, si no los ocupa dejara la etiqueta junto con los filtros y así sucesivamente se cumplirá el ciclo reduciendo los transportes innecesarios.

Figura No 32 Propuesta de traslados innecesarios



Nota: Michael Monge S.

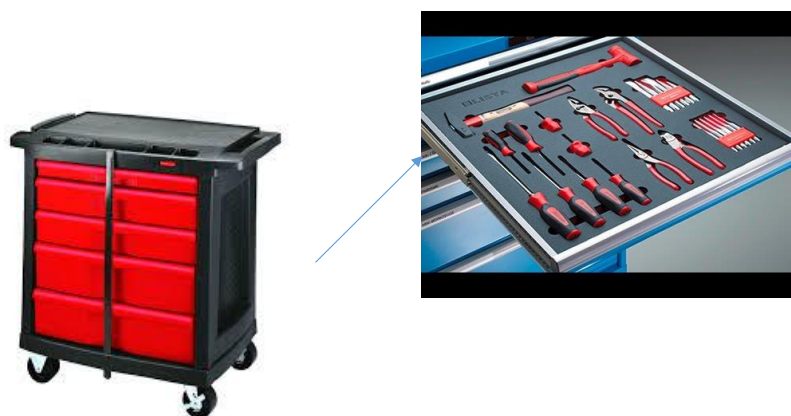
Los insumos como guantes bolsas y servilletas y productos de limpieza no se tomaron en cuenta dentro de la tabla ya que estos son utilizados frecuentemente por los técnicos y es un gasto ya adquirido por la empresa.

Ilustración No 2 Banco de trabajo



Nota: Michael Monge S.

Ilustración No 3 Caja de herramientas estación de trabajo



Nota: Michael Monge S.

Ilustración No 4 Gabinete estación de trabajo



Nota: Michael Monge S.

Como se logra observar en las Ilustraciones No 2-3-4 las estaciones de trabajo se conforma de un banco de trabajo, una caja de herramientas y un gabinete debidamente ordenado; como se mencionó anteriormente las escaleras representan un gran problema ya que por el desorden de los grupos no se cuenta con ellas en muchos puntos necesarios o están con cadena, para solucionar esto se pintaran las escaleras de un color diferente lo que representara el área a la que pertenece se seleccionaran de acuerdo con el número de peldaños y se repartirán de forma equilibrada a lo largo de toda de toda la planta, se mantendrá bajo llave para que solo los técnicos de facilidades tengan acceso a ellas pero ya no le pertenecerán a ningún grupo en específico. Utilizando la metodología de las 5S se pretende mantener el orden de cada uno de los artículos, así como también suplir los diferentes insumos a continuación se describirán las tareas y el personal asignado para cada una.

Responsables del mantenimiento de las estaciones de trabajo

Tabla No 15 Control de las estaciones de trabajo

Control de las estaciones de trabajo						
Mes	Estación #					
Día	Turno	Banco de trabajo	Herramientas	Gabinetes	Escaleras	Responsable
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						

Nota: Michael Monge S.

El técnico líder será el responsable de llenar la hoja de control mostrada en la tabla 15 ya que es el encargado de asignar las tareas de mantenimiento o cualquier otro trabajo en el que se requiera utilizarlas. Las estaciones de trabajo contarán con cerraduras para poder tener un control de quien las usa y además un responsable en caso de que algo falte.

La rutina iniciara cuando se haga el cambio de turno los lideres serán los encargados de entregar las condiciones de las estaciones y verificar que todas las llaves se encuentren en su lugar, solo se revisaran las estaciones que fueron utilizadas en el turno anterior; cuando el técnico entregue la llave al líder este verificara antes de que finalice su turno para asegurarse que todo quedo completo. Se colocará un check si cumple con todos los instrumentos asignados, de lo contrario se reportará para investigar lo sucedido.

Tabla No 16 Control de insumos

Control de inventario de insumos						
Mes		Estación #				
Insumos	Unidades	Cantidades	Turno IV	Turno V	Turno VI	Turno VII
Alambrina	Cajas	Máximo				
		Mínimo				
Grasas	Unidades	Máximo				
		Mínimo				
Artículos limpieza	Cajas	Máximo				
		Mínimo				
Toallas	Cajas	Máximo				
		Mínimo				
Bolsas	Cajas	Máximo				
		Mínimo				
Guantes	Cajas	Máximo				
		Mínimo				
Mascarillas	Cajas	Máximo				
		Mínimo				

Nota: Michael Monge S.

Luego de que el técnico líder termina la rutina al principio del turno, asignara un técnico para que se encargue de rellenar los máximos de los insumos de las estaciones de trabajo. Cada grupo tendrá asignados los insumos como se aprecia en la Tabla 16.

Implementar controles estadísticos

Para el buen manejo del proceso, debemos de llevar una serie de controles con el fin de poder monitorear y graficar, para lograr identificar como está nuestro proceso, que tan eficiente es, las fallas comunes y poder crear nuevos métodos e implementar nuevas ideas para mejorar los procesos ya que el departamento debe de buscar el mejoramiento continuo.

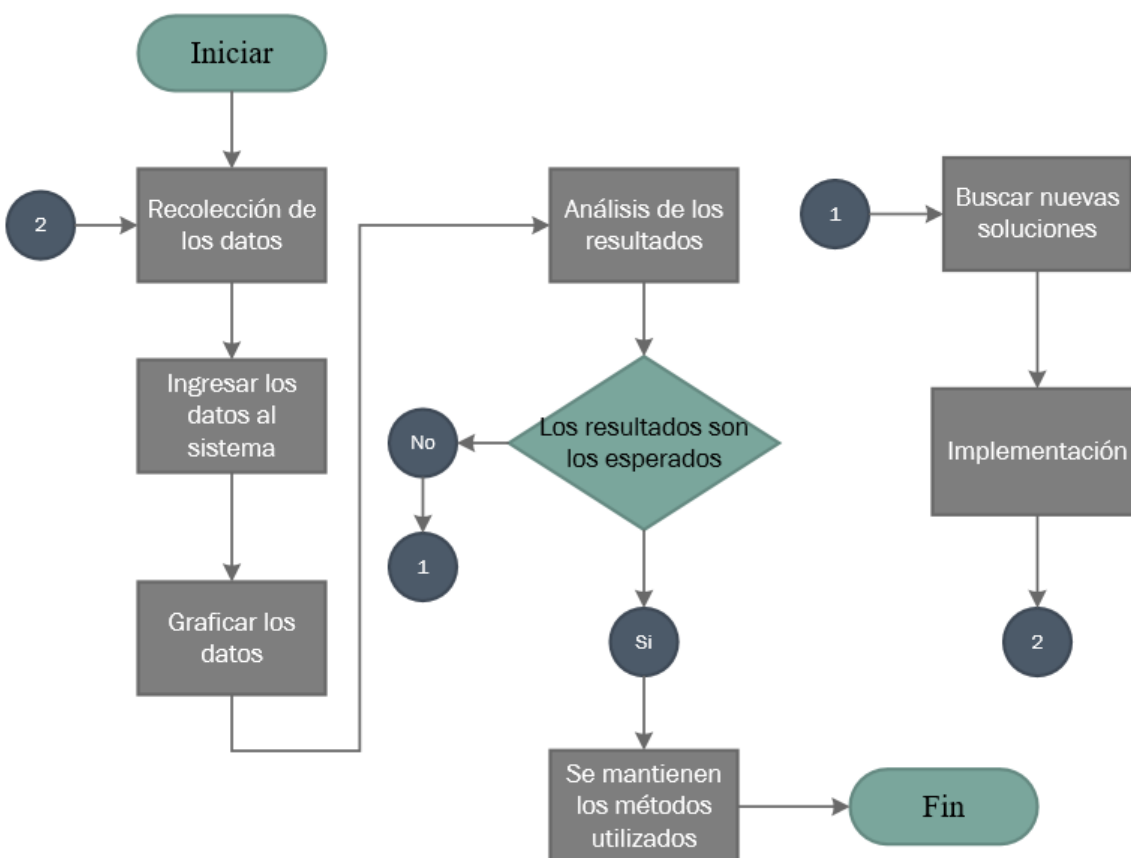
Como parte de la propuesta se identifican los siguientes indicadores mostrados en la tabla No 17 que se deben de llevar con la meta lograr exponer datos reales de cómo esta nuestro proceso.

Tabla No 17 Indicadores de mantenimiento

Indicadores	Fórmula	%	Frecuencia	Proceso	Beneficios

Nota: Michael Monge S.

Figura No 33 Diagrama de flujo para la aplicación de los controles estadísticos



Nota: Michael Monge S.

En la figura No 33 muestra el procedimiento para la aplicación de la creación de los controles estadísticos, este proceso inicia cuando los técnicos recolectan la información por medio de las ordenes de trabajo, el planificador de las tareas de mantenimiento se encarga de ingresar los datos al sistema y los supervisores en conjunto con los técnicos y el departamento de mejoras buscan soluciones para luego implementarlas y ver los resultados obtenidos si son satisfactorios se implementan si no se vuelve a re diseñar las propuestas hasta encontrar una solución viable.

Factores críticos para el éxito del proyecto

Para la realización de este proyecto es importante tomar en cuenta algunos factores que son necesarios para que se puedan llevar a cabo los objetivos y las metas mencionadas.

Apoyo de alta gerencia

El apoyo de las jefaturas es crucial para la realización de este proyecto la comprensión de los objetivos y sus alcances son indispensables para tomar conciencia de la importancia y los beneficios que se pueden alcanzar con la implementación de este proyecto.

Personal capacitado

Es evidente que un grupo de trabajo de ser capaz y apto para realizar las tareas de la forma más eficiente posible por tal motivo la capacitación y la motivación son puntos importantes para la cualquier mejora que deseemos implementar.

Resistencia al cambio

Uno de los puntos más difíciles al momento de querer implementar una mejora siempre será la resistencia al cambio los seres humanos estamos acostumbrados a realizar tareas conocidas y muchas veces no nos gusta experimentar nuevas formas de realizar un trabajo más si esto implica un esfuerzo extra. Para este proyecto la aplicación de la 5S y el ciclo de Demin son vitales para encontrar los resultados esperados y sacar el mayor provecho de las propuestas realizadas.

Trabajo en equipo

Es necesario que el equipo de trabajo entienda los beneficios que este proyecto de investigación puede ofrecer, desde la reducción de la fatiga en los técnicos hasta equipos más estables y soluciones más rápidas al momento de enfrentar fallos o averías por eso el trabajo en equipo y el apoyo tanto de técnicos como supervisores es vital.

Lluvia de ideas

Para la realización de este trabajo fue vital la experiencia en conjunto tanto de los técnicos como de los supervisores del departamento de facilidades ya que con su conocimiento de los sistemas y la experiencia en el campo se pudo llegar a alcanzar los objetivos propuestos.

Análisis económico

Para verificar si la propuesta realizada es rentable es necesario realizar un análisis económico de los resultados obtenidos en el estudio de traslados innecesarios. Para este cálculo se tomó como referencia el salario presentado por el ministerio de trabajo de un técnico especializado para salvaguardar los intereses de la compañía.

A continuación, se presentará la inversión necesaria para la instalación de las estaciones de trabajo.

Tabla No 18 Gastos del proyecto

Nota: Michael Monge S.

Como se observa en la tabla No 18 estos son los gastos necesarios para la implementación de las estaciones de trabajo.

Tabla No 19 Cargas de trabajo

Cargas de trabajo				
Variable				
Constante				

Nota: Michael Monge S.

En la tabla No 19 están calculadas las cargas de trabajo este porcentaje representa la fatiga constante y variable normal a la que se encuentran sometidos los técnicos en su trabajo diario y se debe de tomar en consideración para el cálculo de la ganancia en horas del proyecto.

Tabla No 20 Cálculo de la ganancia

				Tiempo no productivo							
AIR HANDLING UNIT CR1/CR2	Eléctrico	12	4,25	8,12	14,2	26,57	105	78	9	3230	
AIR HANDLING UNIT CR1/CR2	Mecánico	12	0	8,14	8,21	16,35	90	74	8	1485	
AIR HANDLING UNIT CR1/CR2	Eléctrico	52	6,25	7,45	0	13,7	30	16	2	9287	
AIR HANDLING UNIT CR1/CR2	Mecánico	52	22,5	7,05	13,5	43,05	180	137	15	21829	
AIR HANDLING UNIT CR1/CR2	Eléctrico	1	22,3	8,5	10	40,8	150	109	12	489	
AIR HANDLING UNIT CR1/CR2	Mecánico	1	20,5	8,05	15	43,55	180	136	15	485	
AIR HANDLING UNIT CR1/CR2	Eléctrico	3	15	8	7,05	30,05	75	45	5	1280	
AIR HANDLING UNIT CR1/CR2	Mecánico	3	11,3	7,45	0	18,75	30	11	1	893	
AIR HANDLING UNIT CR1/CR2	Mecánico	12	25	8,25	22	55,25	90	35	4	617	
CHILLER MAGNETICO	Mecánico	52	16	7,45	0	23,45	60	37	4	5052	
CHILLER MAGNETICO	Mecánico	12	4,5	8,05	0	12,55	60	47	5	440	
CHILLER MAGNETICO	Eléctrico	6	12,3	7,25	12,5	32,05	120	88	10	671	
AIR HANDLING UNIT CR1/CR2	Mecánico	1	25	8,12	8,56	41,68	75	33	4	152	
AIR HANDLING UNIT CR1/CR2	Mecánico	6	15,2	9,15	8,14	32,49	120	88	10	549	
AIR HANDLING UNIT CR1/CR2	Eléctrico	1	17,03	7,25	0	24,28	180	156	17	29	
AIR HANDLING UNIT CR1/CR2	Mecánico	12	17,5	22,3	15,6	55,4	120	65	7	2318	
CHILLER CONVENCIONAL	Mecánico	1	10,25	8,14	12,3	30,69	105	74	8	90	
CHILLER CONVENCIONAL	Eléctrico	1	12,3	9,25	15,2	36,75	45	8	1	143	
CHILLER CONVENCIONAL	Mecánico	52	25	7,26	12,6	44,86	45	0	0	9328	
CHILLER CONVENCIONAL	Mecánico/Eléctrico	1	0	7,19	10,5	17,69	120	102	11	26	
AIR HANDLING UNIT OFICINAS	Mecánico	12	8,39	8,28	17,5	34,17	120	86	9	2374	
AIR HANDLING UNIT OFICINAS	Mecánico	52	9,25	7,15	18,5	34,9	120	85	9	10624	
AIR HANDLING UNIT OFICINAS	Mecánico/Eléctrico	3	8,26	9,15	19,25	36,66	120	83	9	660	
AIR HANDLING UNIT OFICINAS	Mecánico/Eléctrico	6	15,2	15,3	17,26	47,76	200	152	17	1490	
GANANCIA TOTAL EN MINUTOS										73541	
GANANCIA TOTAL EN HORAS										1226	

GANANCIA ANUAL EN COLONES
¢4 726 922

Nota: Michael Monge S

Como se observa en la tabla No 20 la ganancia percibida será de ¢4 726 922 colones al año lo que nos daría una recuperación en menos de año y medio, pagándose el proyecto totalmente solo y generando ganancias en los siguientes años.

Beneficios del proyecto

Para que el proyecto obtenga beneficios reales es necesario invertir el tiempo ahorrado de 1226 horas al año de los técnicos en tareas que le generen ganancia a la empresa, como lo son las contrataciones externas que por falta de disponibilidad de los técnicos estos trabajos deben de ser realizados por compañías externas. Si la compañía anualmente tiene un gasto de aproximadamente cincuenta millones de colones al año equivalente a 2000 horas hombre este gasto se podría reducir utilizando las horas ganadas que son 1226 para disminuirlas a 774 horas lo cual generaría la ganancia esperada.

REFERENCIAS

- Acuña Acuña, J. (2012). *Control de Calidad*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Alaveddra Flores, C., Gastelu Pinedo, Y., Méndez Orellana, G., Minaya Luna, C., Pineda Ocas, B., Prieto Gilio, K., . . . Moreno Rojo, C. (Enero-Diciembre, 2016). Gestion de mantenimiento y su relacion con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu. *Ingenieria Industrial, num.34*, 11-26.
- García Garrido, S. (2010). *Organización y Gestión Integral de mantenimiento*. Madrid, España: Díaz de Santos S.A.
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2009). *Control estadístico de la calidad y Seis sigma*. México DF: McGRAW-HILL/Interamericana de editores, S.A.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). *Metodología de la investigación*. México DF: McGRAW-HILL .
- José Angel Medrano Marquez, V. L. (2017). *Mantenimiento técnicas y aplicaciones industriales*. Ciudad de México: Patria S.A de C.V.
- Muther, R. (1970). *Distribucion de planta* . New York: McGraw hill.
- Olarte C, W., Botero A, M., & Cañon A, B. (2010). Técnicas de mantenimiento utilizadas en la Industria. *Scientia Et Technica*, 222-226.
- Ortiz Useche, A., Rodríguez Monroy, C., & Izquierdo, H. (enero-marzo, 2013). Gestión de mantenimiento en pymes industriales. *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 18, núm. 61, pp. 86-104.
- Pulido Gutiérrez, H. (2010). *CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Apéndice 3

Ficha técnica grupo UTY1

Sistemas de enfriamiento	
Número de equipo	
Ubicación	
Fabricante	
Descripción del equipo	Datos
Grupo	
Familia	
Modelo	
Serie	
Refrigerante	
Datos del motor	Valor
Tipo	
Amp	
Hp	
Rodamientos int	
Rodamientos ext	
Voltaje	
Peso	
Rpm	
Hz	
Compresor	Valor
Rodamientos	
Rodamientos	
Rpm	
Descripción de datos para realizar los PM	Valor
Cantidad de grasa en gramos	
Tiempo de engrase en horas	
Tensión de la faja	
Torque del soporte del motor	

Apéndice 4

Ficha técnica grupo MZ1-1

Sistemas de enfriamiento	
Número de equipo	
Ubicación	
Fabricante	
Descripción del equipo	
Grupo	Datos
Familia	
Modelo	
Serie	
Datos del motor	
	Valor
Tipo	
Amp	
Hp	
Rodamientos int	
Rodamientos ext	
Voltaje	
Peso	
Rpm	
Hz	
Avanico	
	Valor
Rodamientos del eje	
C.F.M	
Descripción de datos para realizar los	PM
Cantidad de grasa para el motor gr	
Cantidad de grasa para el Ventilador gr	
Tiempo de engrase en horas	
Tension de la faja nueva lbs	
Tensión de la faja usada lbs	
SPAN	
Torque del soporte del motor	
Torque del soporte del eje del Ventilador	

Nota: Michael Monge S.

Apéndice 5

Ficha técnica MZ1-2

Sistemas de enfriamiento	
Número de equipo	
Ubicación	
Fabricante	
Descripción del equipo	Datos
Grupo	
Familia	
Modelo	
Serie	
Datos del motor	Valor
Tipo	
Amp	
Hp	
Rodamientos int	
Rodamientos ext	
Voltaje	
Peso	
Rpm	
Hz	
Ventilador	Valor
Rodamientos del eje	
Serie	
CFM	
Número de parte	
Descripción de datos para realizar los PM	Valor
Cantidad de grasa en oz Motor	
Cantidad de grasa en oz Ventilador	
Tiempo de engrase en horas	
Tension de la faja nueva	
Tensión de la faja usada	
Torque del soporte del motor	
Torque del soporte del eje del avanico	

Nota: Michael Monge S

Apéndice 5

Ficha técnica MZ1-3

Sistemas de enfriamiento	
Número de equipo	
Ubicación	
Fabricante	
Descripción del equipo	Datos
Grupo	
Familia	
Modelo	
Serie	
Datos del motor	Valor
Tipo	
Amp	
Hp	
Rodamientos int	
Rodamientos ext	
Voltaje	
Peso	
Rpm	
Hz	
Modelo	
Avanico	Valor
Rodamientos del eje	
Serie	
C.F.M	
Descripción de datos para realizar los PM	Valor
Cantidad de grasa en oz	
Tiempo de engrase en horas	
Tension de la faja nueva	
Tensión de la faja usada	
SPAN	
Torque del soporte del motor	
Torque del soporte del eje del avanico	

Nota: Michael Monge S

Apéndices 6

Ficha técnica MZ1-4

Sistemas de enfriamiento	
Número de equipo	
Ubicación	
Fabricante	
Descripción del equipo	Datos
Grupo	
Familia	
Modelo	
Serie	
Datos del motor	Valor
Tipo	
Amp	
Hp	
Rodamientos int	
Rodamientos ext	
Voltaje	
Peso	
Rpm	
Hz	
Modelo	
Avanico	Valor
Rodamientos del eje	
Serie	
CFM	
Descripción de datos para realizar los PM	Valor
Cantidad de grasa para el motor gr	16 & 12
Cantidad de grasa para el avanico gr	
Tiempo de engrase en horas	
Tensión de la faja nueva	
Tensión de la faja vieja	
SPAM	
Torque del soporte del motor	
Torque del soporte del eje del avanico	

Nota: Michael Monge S

Apéndice 7



DEPARTAMENTO DE SALARIOS

Lista de ocupaciones clasificada por el personal
técnico del Departamento

SALARIOS MÍNIMOS

SECTOR PRIVADO

AÑO 2018

Decreto N°40743-MTSS, publicado en La Gaceta 228, Alcance
N°291 del 01 de diciembre del 2017. Rige 1º de enero del 2018.

SIGLAS Y SALARIOS MÍNIMOS:

TNC: Trabajador no Calificado	€10.060,75
TSC: Trabajador Semicalificado	€10.940,34
TC: Trabajador Calificado	€11.141,73
TE: Trabajador Especializado	€13.141,39
TNCG: Trabajador no Calificado Genéricos	€300.255,79*
TSCG: Trabajador Semicalificado Genéricos	€323.028,23*
TCG: Trabajador Calificado Genéricos	€339.572,06*
TMED Técnico Medio Educación Diver.	€355.847,32*
TEG: Trabajador Especializado Genéricos	€381.335,61*
TEdS: Técnico de Educación Superior	€438.542,68*
DES: Diplomados de Educación Superior	€473.642,47*
Bach: Bachiller Universitario	€537.222,66*
Lic.: Licenciado Universitario	€644.689,30*
TES: Trabajador Especialización Superior	€20.394,10

Fuente: Ministerio de trabajo

Apéndice 8

Caja Costarricense de Seguro Social			
Concepto	Patrono	Trabajador	Monto
SEM	9,25%	5,50%	€0
IVM	5,08%	3,84%	€0
TOTAL CCSS	14,33%	9,34%	€0
Recaudación Otras Instituciones			
Institución	Patrono	Trabajador	Monto
Cuota Patronal Banco Popular	0,25%	-	€0
Asignaciones Familiares	5,00%	-	€0
IMAS	0,50%	-	€0
INA	1,50%	-	€0
TOTAL OTRAS INSTITUCIONES	7,25%	-	€0
Ley de Protección al Trabajador (LPT)			
Concepto	Patrono	Trabajador	Monto
Aporte Patrono Banco Popular	0,25%	-	€0
Fondo de Capitalización Laboral	3,00%	-	€0
Fondo de Pensiones Complementarias	0,50%	-	€0
Aporte Trabajador Banco Popular	-	1,00%	€0
INS	1,00%	-	€0
TOTAL LPT	4,75%	1,00%	€0
Total			
	Patrono	Trabajador	Total
PORCENTAJES TOTALES	26,33%	10,34%	36,67%

Fuente: Caja Costarricense del Seguro Social.

