



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA PARA EL CONTROL DEL MANTENIMIENTO
PREVENTIVO Y CORRECTIVO, MEDIANTE EL USO DE UN
PAQUETE DE COMPUTACIÓN, EN LA PLANTA
GEOTÉRMICA ORZUNIL 1**

Luis Carlos Villegas del Cid

Asesorado por el Ing. Mario Antonio Tobar Esteban

Guatemala, junio de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA EL CONTROL DEL MANTENIMIENTO
PREVENTIVO Y CORRECTIVO, MEDIANTE EL USO DE UN
PAQUETE DE COMPUTACIÓN, EN LA PLANTA
GEOTÉRMICA ORZUNIL 1**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS CARLOS VILLEGAS DEL CID

ASESORADO POR ING. MARIO ANTONIO TOBAR ESTEBAN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Julio César Molina Zaldaña
EXAMINADOR	Ing. David Jonathan Spiegeler Noriega
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA PARA EL CONTROL DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO, MEDIANTE EL USO DE UN PAQUETE DE COMPUTACIÓN, EN LA PLANTA GEOTÉRMICA ORZUNIL 1,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 8 de mayo de 2006.



Luis Carlos Villegas del Cid.

Quetzaltenango, 29 de Mayo de 2,006.

Ingeniero Fredy Mauricio Monroy Peralta.
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica.
Facultad de Ingeniería.
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Estimado Ingeniero Monroy:

Por medio de la presente quiero informarle que el trabajo, estudios e investigaciones del trabajo de graduación PROPUESTA PARA EL CONTROL DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO MEDIANTE EL USO DE UN PAQUETE DE COMPUTACIÓN EN LA PLANTA GEOTÉRMICA ORZUNIL 1, desarrollado por el estudiante Luis Carlos Villegas del Cid ha concluido satisfactoriamente.

Considero que el presente trabajo, reúne todos los requisitos exigidos por esta facultad, por lo que me permito recomendarlo para continuar con los trámites de aprobación.

Atentamente,


Ing. Mario Antonio Tobar Esteban
Colegiado No. 4,028.

ASESOR

Mario Antonio Tobar E.
INGENIERO MECÁNICO
COLEGIADO 4028

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

"Fidei per se Carologus via"
Dr. Carlos Martínez Barrios
1905: Centenario de su Nacimiento

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado, PROPUESTA PARA EL CONTROL DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO MEDIANTE EL USO DE UN PAQUETE DE COMPUTACIÓN EN LA PLANTA GEOTÉRMICA ORZUNIL 1, del estudiante Luis Carlos Villegas del Cid, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑANZA A TODOS

CARLOS H. PEREZ
ING. MECÁNICO INDUSTRIAL

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área

Guatemala, mayo de 2006

bchd

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS	Por llenar mi vida de favores y misericordias.
MI AMADA ESPOSA	Por su amor incondicional y su apoyo.
MIS PADRES	Por todo su apoyo y ser los mejores padres a través de su ejemplo.
MIS HERMANOS	Por todo su cariño y su aliento.
MI FAMILIA	Villegas, Del Cid, Godoy y Tanner. (Bruno)
MIS AMIGOS	Por estar siempre pendiente de mi familia y estar conmigo en todo momento.

AGRADECIMIENTOS A:

Ormat y Ormat de Proyectos.

Ingeniero Aaron Choresh.

Ingeniero Shalom Zivelin

Ingeniero Miguel Galicia.

Ingeniero Mario Antonio Tobar Esteban.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. MANTENIMIENTO	
1.1 Objetivos del mantenimiento.	2
1.2 Orígenes del mantenimiento.	3
1.3 Tendencias del mantenimiento.	4
1.4 Tipos de Mantenimiento.	6
1.4.1 Mantenimiento correctivo.	6
1.4.2 Mantenimiento preventivo.	9
1.4.3 Mantenimiento predictivo.	11
1.5 Costos de mantenimiento.	12
2. PLANTA GEOTÉRMICA ORZUNIL 1	
2.1 Geotermia.	15
2.2 Generación de energía eléctrica a partir de energía geotérmica.	17
2.2.1 Conversión de energía.	18
2.2.1.1 Flujo directo.	18
2.2.1.2 Flujo directo con vaporización.	19
2.2.1.3 Ciclo binario.	20
2.3 Geotermia en Guatemala.	21

2.3.1 Áreas geotérmicas en explotación con fines de generación de energía.	22
2.3.1.1 Campo geotérmico Zunil.	22
2.3.1.1.1 Área geotérmica Zunil I.	23
2.3.1.2 Campo geotérmico de Amatitlán.	26
2.3.2 Áreas a nivel de prefactibilidad.	27
2.3.2.1 Área geotérmica de Moyuta.	27
2.3.2.2 Área geotérmica de San Marcos.	27
2.3.2.3 Área geotérmica de Tecuamburro.	28
2.3.2.4 Área geotérmica de Zunil II.	28
2.3.3 Áreas con estudios preliminares.	29
2.3.3.1 Área geotérmica de Totonicapán.	29
2.3.4 Áreas con estudios a nivel regional.	29
2.4 Orzunil 1.	30
2.4.1 Ciclo termodinámico.	31
2.4.2 Ventajas que ofrece.	33

3. ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

3.1 Proceso administrativo.	35
3.1.1 Planificación.	36
3.1.2 Organización.	36
3.1.3 Dirección.	36
3.1.4 Control.	37
3.2 Planeación del mantenimiento.	37
3.2.1 Objetivos.	38
3.2.2 Políticas.	39
3.2.3 Procedimientos.	39
3.2.4 Presupuesto.	40
3.2.5 Programa.	40

3.3 Organización del mantenimiento.	41
3.3.1 Estructura.	41
3.3.2 Puestos.	41
3.3.3 Responsabilidad.	42
3.4 Dirección del mantenimiento.	42
3.4.1 Liderazgo.	42
3.4.2 Motivación.	43
3.4.3 Comunicación.	44
3.5 Control del mantenimiento.	44
3.5.1 Establecimiento de estándares.	44
3.5.2 Evaluación del desempeño.	45
3.5.3 Comparación entre el desempeño y el patrón	45
3.5.4 Acciones correctivas	46
3.6 Ley de Pareto	46
3.7 Por qué un programa de computación para el control de mantenimiento	48
3.7.1 ¿Qué es un CMMS (Computerized Maintenance Management Software)?	49
3.7.2 ¿Cómo puede un CMMS mejorar mi gestión de mantenimiento?	50

4. CODIFICACIÓN DEL EQUIPO Y CONTROL ACTUAL DEL MANTENIMIENTO

4.1 Plan de Mantenimiento.	51
4.1.1 Áreas de trabajo.	52
4.1.1.1 Unidades generadoras.	52
4.1.1.2 Balance de la planta.	53
4.1.1.2.1 Sistema de recolección.	53
4.1.1.2.2 Sub-estación.	53

4.1.1.2.3 Equipos auxiliares	53
4.1.2 Nombre del equipo.	54
4.1.3 Departamento y frecuencia.	56
4.1.3.1 Departamentos.	56
4.1.3.2 Frecuencia.	57
4.1.4 Programación.	58
4.1.5 Órdenes de mantenimiento preventivo.	58
4.1.6 Órdenes de mantenimiento correctivo.	60
4.2 Control manual del mantenimiento.	61
5. PROPUESTA	
5.1 Análisis de los requerimientos de Orzunil 1	63
5.2 Bases para la selección de los programas de computación.	64
5.3 Programas de computación (CMMS)	64
5.3.1 Preventive Maintenance Scheduler	64
5.3.2 Atlas 2000	68
5.3.3 MP2	72
5.3.4 Requerimientos mínimos de los equipos de cómputo a utilizar	80
5.4 Comparación entre programas	81
5.5 Propuesta Final	83
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
BIBLIOGRAFÍA	91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Riesgo de fallas al aumentar el tiempo.	8
2	Costo mínimo de mantenimiento.	13
3	Temperaturas en la tierra.	16
4	Reservorio de calor.	16
5	Planta geotérmica de flujo directo.	19
6	Planta geotérmica de flujo directo con vaporización.	20
7	Planta geotérmica con ciclo binario.	21
8	Campo geotérmico de Zunil.	23
9	Área geotérmica Zunil 1.	25
10	Perforación pozo ZD-6	25
11	Planta geotérmica Orzunil 1.	30
12	Ciclo binario utilizado en Orzunil 1.	32
13	Proceso Administrativo	37
14	Principio de Pareto	47
15	Orden de mantenimiento preventivo	59
16	Orden de mantenimiento correctivo	60
17	Reporte de trabajo de mantenimiento.	62

18	Creación de una tarea en Preventive Maintenance Scheduler	66
19	Seguimiento de una tarea en Preventive Maintenance Scheduler	67
20	Pantalla de módulo equipos en MP2	74
21	Pantalla de módulo inventario en MP2	75
22	Pantalla de módulo programación en MP2	76

TABLAS

I	Evolución del mantenimiento.	5
II	Codificación de Instrumentos	54
III	Planificación de mantenimiento preventivo del mes de febrero	58
IV	Costo Atlas 2000	72
V	Costo MP2	79
VI	Comparación entre programas	81

LISTA DE SÍMBOLOS

ANSI	American National Standard Institute (Instituto nacional estadounidense de normas)
GW hr.	Gigavatio hora = 1 millón de kW hr
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
ISA	Instrument Society of America. (Sociedad de Instrumentación de América)
km	Kilómetros
km ²	Kilómetros cuadrados
kW	Kilovatio
kW hr	Kilovatio-hora
m	Metro
MW	Megavatio (1,000 kW)
°C	Grados centígrados
V	Voltios

GLOSARIO

Automatización	Aplicación de procesos automáticos a un aparato, proceso o sistema.
Avería	Daño o deterioro que impide el funcionamiento de algo
Bomba de calor	Sirve para mover el calor de un punto a otro. En el caso de la geotermia, mueve el calor del vapor hacia el ambiente de una casa.
CMMS	Programa computarizado para el manejo del mantenimiento.
Conducción térmica	Propiedad natural de los cuerpos, que consiste en transmitir calor.
Desempeño	Acción y efecto de desempeñar y desempeñarse.
Eficacia	Es hacer las cosas correctas. Aquel que es eficaz escoge los objetivos correctos.
Eficiencia	Es hacer las cosas correctamente. Alcanzar las metas empleando los medios idóneos.
Energía renovable	Energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de combustible que contienen, y otras por la capacidad de regenerarse de forma natural.
Estándar	Es un patrón de comparación. Sinónimo de norma.
Falla	Falta o defecto

Fluido motriz	Hidrocarburo o refrigerante utilizado en el ciclo binario para generación de energía a partir de energía geotérmica. Es usado por su bajo punto de ebullición.
Generador	Dispositivo que convierte la energía mecánica en energía eléctrica.
Geotermia	Palabra proveniente de los vocablos griegos Geo (tierra) y Termos (calor); en conjunto significa calor proveniente de la tierra.
Gestión	Sucesión de procedimientos que se llevan a cabo para resolver algo.
Kilovatio	Medida de energía que significa 1,000 Joules de energía por segundo.
Kilovatio hora	1 Kilovatio-hora expendido durante una hora.
Ley de Pareto	Promulga que solo el 20% de las causas producen el 80% de los efectos.
Liderazgo	Cualidades de personalidad y capacidad que favorecen la guía y el control de otros individuos.
Parámetro	Valor numérico o dato fijo que se considera en el estudio o análisis de una cuestión
Proceso administrativo	Sucesión de actividades que componen la administración. planeación, organización, dirección y control.
Reservorio de calor	Acumulación de vapor a altas temperaturas y presiones en grietas en el sub-suelo.
Vapor Saturado	Vapor de agua que contiene algún porcentaje de condensado.
Vapor seco	Vapor de agua completamente libre de condensado

RESUMEN

Se presenta este trabajo con la propuesta para que el manejo del mantenimiento preventivo y correctivo en la planta geotérmica Orzunil 1, se lleve a cabo con un programa de computación.

El mantenimiento es una actividad muy importante para cualquier empresa, ya que de él depende que el equipo pueda ofrecer el rendimiento para el cual ha sido comprado y para el que fue diseñado. El control del mantenimiento es lo que hace la diferencia en una gestión de mantenimiento. Por lo que, si se tiene un buen control del mantenimiento, se podrá tener una exitosa gestión de mantenimiento en la empresa.

La ley 80-20 del economista Wilfredo Pareto promulga que son sólo el 20% de las variables que causan el 80% de los efectos. La clave es saber cuál es ese 20% para poder contrarrestar el 80% de los efectos. En este trabajo se propone un programa de computación que pueda potenciar la gestión del mantenimiento, ayudándonos a identificar ese 20% y así enfocarnos en él. Se expone también la administración del mantenimiento y en especial lo importante que es el control del mismo. Así como la forma en que se controla el mantenimiento en Orzunil 1, y la forma en que fueron codificados los equipos dentro de la planta.

Al final, se presentan tres programas de computación para ejemplificar la diversidad que existe en este tipo de mercado, tanto en costo como en funciones, y se concluye proponiendo un programa específico acorde a las necesidades de Orzunil 1.

OBJETIVOS

General

Presentar la propuesta para implementar el control del mantenimiento preventivo y correctivo, mediante un programa de computación en la planta geotérmica Orzunil 1.

Específicos

1. Analizar cada programa, de modo que pueda establecerse qué ventajas y desventajas ofrece cada uno.
2. Hacer la recomendación del uso de uno de los programas, en relación a las necesidades de Orzunil 1.
3. Demostrar la importancia de un adecuado control del mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la competencia de las empresas no se limita al mercado local, vivimos en un mundo globalizado. Por lo que, una vía segura para el éxito de una empresa, es la búsqueda constante de la excelencia en sus gestiones. Siendo el mantenimiento una de las principales. En este trabajo, se hace una propuesta para que la planta geotérmica Orzunil 1, pueda tener una gestión de mantenimiento de clase mundial.

Esto se hará proponiendo un programa de computación acorde a las necesidades de Orzunil 1, pero que pueda ofrecer un cambio drástico en la gestión del mantenimiento mediante análisis de las variables que afectan el desempeño del mantenimiento en la planta.

El trabajo empieza definiendo qué es el mantenimiento, su importancia, evolución y haciendo una diferenciación entre los diferentes tipos de mantenimiento. Se ve el hecho que los costos del mantenimiento a menudo son mal interpretados, y que es mucho más costoso un mantenimiento a medias (por los problemas que provoca a mediano plazo), que un mantenimiento bien realizado (evita fallas en el corto plazo y alarga la vida útil de los equipos).

Después, se hace un estudio de la planta geotérmica Orzunil 1. Empezando por definir qué es la geotermia, cómo puede convertirse la energía geotérmica en energía eléctrica. Una parte muy importante de este trabajo es la presentación del estado actual de la geotermia en nuestro país y sus perspectivas. Al final, se hace un estudio específico del ciclo termodinámico utilizado en Orzunil 1.

Una empresa puede ser exitosa o no, por la calidad de su gestión de mantenimiento, y el factor determinante en la calidad de la gestión del mantenimiento, es la administración del mismo. Por lo que se hace un estudio extenso de la administración del mantenimiento y cada uno de sus pasos, para luego pasar a demostrar la importancia del control del mantenimiento, y comprobar que un programa de computación para la administración del mantenimiento, potencia la calidad del mismo.

Actualmente, el control del mantenimiento en la planta geotérmica Orzunil 1, se lleva de forma manual. En este trabajo se explica el proceso de este control manual y se explica la forma en que se maneja el Programa de mantenimiento preventivo y la codificación de cada uno de los equipos.

Al final, se presentan tres propuestas que podrían hacer la gestión de mantenimiento de Orzunil 1, más efectiva, se discuten las virtudes y defectos de cada propuesta y se hace una propuesta concreta de cuál es el programa para el control del mantenimiento preventivo y correctivo que más se adecúa a Orzunil 1, y que puede hacer un cambio drástico en la gestión del mantenimiento de dicha planta.

1. MANTENIMIENTO

Hoy en día vivimos en un mundo globalizado, en donde la competencia no se limita a las fronteras nacionales, sino a todo el mundo. Por esta razón las empresas sostienen una constante batalla para producir productos de bajo precio pero con alta calidad, de allí la importancia del mantenimiento, porque es este el que asegura el perfecto funcionamiento de los equipos, maquinas, herramientas e instalaciones el máximo tiempo posible para prevenir posibles fallas. El mantenimiento debe promover la alta disponibilidad de los equipos para producción y que no haya paradas inesperadas que retrasen el proceso productivo y redunden en pérdidas.

A demás tenemos que tener en cuenta que todo proceso productivo tiene implícita una inversión de capital al aumentar la disponibilidad del equipo, se aumenta el tiempo productivo y el retorno de capital. La utilización continua de un equipo depende de la efectividad del mantenimiento.

Otro aspecto importante es hacer notar como el mantenimiento afecta en los negocios, la mayoría de empresas cometen el gran error de enfocar el mantenimiento como un costo, ya que solo ven los costos directos del mantenimiento, mano de obra, repuestos, subcontratos, materiales, capacitación del personal y gastos administrativos. Pero no son estos los únicos costos involucrados con el mantenimiento, también tenemos costos indirectos que se generan al hacer mal el trabajo de mantenimiento, que degenera en pérdidas de producción, mala calidad de los productos y/o servicios, demoras en entregas, costos de capital por inventarios excesivos.

Se estima que los costos indirectos pueden llegar a ser de cinco a diez veces mayores que los costos directos. El éxito de la gestión de mantenimiento esta dado en la medida que la inversión en costos directos de mantenimiento eliminen o disminuyan los costos indirectos. En resumen podemos afirmar con toda seguridad que la utilización continua de cualquier equipo entregando este el óptimo desempeño para el que fue diseñado depende de la eficacia del mantenimiento que se preste a dicho equipo.

1.1 Objetivos del mantenimiento

Asegurar la disponibilidad planeada al menor costo dentro de las recomendaciones de garantía y uso de los fabricantes de los equipos e instalaciones y normas de seguridad. Contar con las instalaciones en óptimas condiciones en todo momento, para asegurar una disponibilidad total del sistema en todo su rango de desempeño, lo cual esta basado en la ausencia de errores y fallas.

El mantenimiento debe asegurar la competitividad de la empresa por medio de:

- Asegurar la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función deseada.
- Óptima producción del sistema.
- Reducción de costos de Mantenimiento.
- Disminuir el gasto de repuestos e inventarios.
- Maximizar la vida útil de los equipos.

Para que los objetivos del mantenimiento sean alcanzados se debe tener lo siguiente:

- Contar con personal altamente calificado, así como supervisores calificados.
- Adecuado programa de mantenimiento preventivo.
- Revisión de determinados componente que requieren mantenimiento frecuentemente. (identificar puntos críticos en el proceso productivo).
- Continua investigación de las causas que provocan fallas.
- Actualización de los procesos en función de los avances tecnológicos que se tengan al alcance.
- Estrecha colaboración en todos los departamentos involucrados en el proceso de producción. (Producción, Operaciones y Mantenimiento).

1.2 Orígenes del mantenimiento

Antes de 1,880 las funciones de preservación y mantenimiento que el hombre daba a su maquinaria no tenían mayor importancia ni desarrollo; pues hasta esa fecha se consideraba que el trabajo humano intervenía en el 90 % del proceso de determinado producto, y las maquinas tan solamente en el 10 % restante. Por esta razón la única forma de preservación y mantenimiento que se aplicaba a las maquinas era de tipo correctivo, es decir solamente cuando estas fallaban.

Conforme la industria fue creciendo en el mercado se demandaban cada vez mayores cantidades, diversidad y calidad de productos, por lo que la importancia de las maquinas con respecto a la mano de obra fue creciendo, así como también su complejidad y cuantía.

A partir de la primera Guerra Mundial (1914), en donde la importancia de las maquinas fue de vida o muerte, pues de ellas dependía la producción de vehículos, armas bélicas y productos de consumo, la importancia y cuidado de las maquinas aumentaron grandemente.

De aquí surgió el concepto de mantenimiento preventivo, que en la época se acepto como un procedimiento que si bien era oneroso, también necesario para la preservación de la maquinaria.

A mediados de la década de los setenta el avance tecnológico y de resultado de nuevas investigaciones, se aceleran. Aumenta la mecanización y la automatización en la industria, se opera con volúmenes de producción más altos, se le da importancia a los tiempos de parada debido a los costos por pérdidas de producción, alcanzan mayor complejidad las maquinarias y aumenta nuestra dependencia de ellas, se exigen productos y servicios de calidad, considerando aspectos de seguridad y medio ambiente y se consolida el desarrollo del mantenimiento preventivo.

1.3 Tendencias del mantenimiento

El enfoque del mantenimiento ha evolucionado a través del tiempo, básicamente ha evolucionado el enfoque de las técnicas utilizadas como se ilustra a continuación:

Tabla I. Evolución del Mantenimiento

Técnicas orientadas a:			
Cuidado físico de la maquina		Cuidado del servicio que proporciona la maquina	
...- 1914	1914 – 1950	1950 - 1970	1970 - ...
Correctivo (MC)	Preventivo (MP)	Productivo (PM)	Productivo Total (TPM)
Solo se interviene en caso de paro o de falla	Con establecimiento de algunas labores preventivas.	Importancia de la fiabilidad para la entrega del servicio. Se busca la eficiencia económica en el diseño de la planta.	Lograr eficiencia a través de un sistema comprensivo y participativo total de los empleados relacionados con el proceso productivo.

Como se puede ver en la tabla anterior el enfoque del mantenimiento ha evolucionado ya que con el paso del tiempo las maquinas se hicieron más importantes en los procesos productivos, y posteriormente fue el servicio que presta cada maquina el que adquirió importancia, debido a que si se preserva el servicio de la maquina se mantiene la eficiencia de la planta y por ende la calidad de los productos producidos. Que son al final los que producen beneficios a las empresas.

Se inicio dando atención a la maquina solo cuando esta fallaba, cuando se hicieron notorios los costos de tener una maquina parada se paso al mantenimiento preventivo o sea dar mantenimiento en horas que no afecten la producción, o en un margen de tiempo que revenga un paro mayor.

Luego surgió el mantenimiento productivo, en donde el enfoque era el de hacer las tareas de mantenimiento con la mayor eficacia posible, de tal forma que no se hicieran tareas redundantes de mantenimiento, que fueran innecesarias. En esta segunda etapa es donde se hace notorio que lo importante es mantener la calidad del servicio prestado de cada equipo, no solo el equipo en si.

En el mantenimiento productivo total el enfoque es que la calidad del servicio prestado sea óptima en todo momento a través de un plan de mantenimiento preventivo que cubra toda la vida útil del equipo. Esto se logra enfocando las tareas de mantenimiento en eliminar lo siguiente: tiempo de paro, servicio inferior o de menor calidad al de diseño y fallas en el funcionamiento. Para esto se requiere una participación total de todo el personal a todo nivel.

1.4 Tipos de mantenimiento

Existen tres tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento, los cuales están en función del momento en el tiempo en que se realizan, el objetivo particular para el cual son puestos en marcha, y en función a los recursos utilizados, son:

1.4.1 Mantenimiento Correctivo

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento reactivo”, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

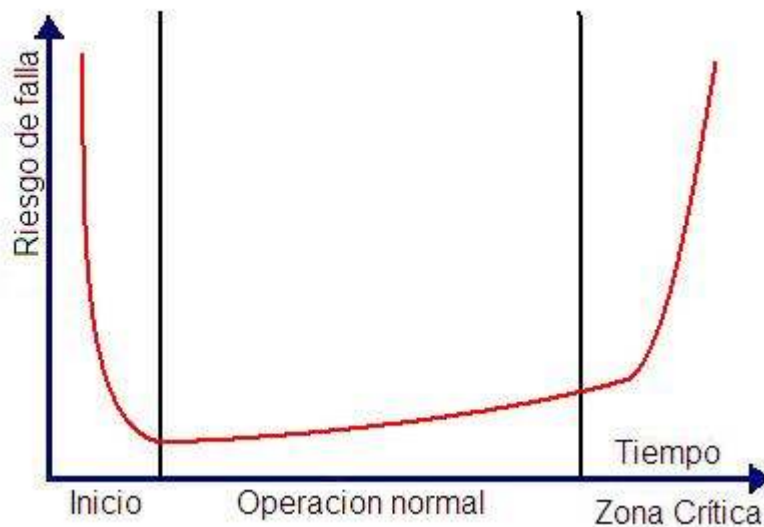
Como se puede ver este tipo de mantenimiento es él más oneroso para cualquier empresa ya que por lo regular implica la interrupción de la producción. Es por eso que el personal de mantenimiento debe trabajar eficazmente para evitar las paradas inesperadas de los equipos para efectuarles mantenimiento. El mantenimiento correctivo básicamente es política de reacción ante eventos más o menos aleatorios y que por lo general implican una avería.

A pesar de eso es posible aplicar una serie de métodos que permiten disminuir sus consecuencias, los cuales son:

- Análisis de los modos de falla, sus efectos y causas.
- Identificación de maquinas y puntos críticos.
- Instalación de elementos redundantes y utilización de tecnologías más confiables.
- Utilización de métodos de diagnostico más rápidos.
- Búsqueda de métodos de vigilancia mejor aplicados a los puntos críticos.

Cuando una empresa solamente enfoca su gestión de mantenimiento en el mantenimiento correctivo los costos de mantenimiento suben exponencialmente, ya que al envejecer la maquinaria aumenta el desgaste de los elementos internos y el riesgo de fallas, como se ilustra a continuación:

Figura 1. Riesgo de fallas al aumentar el tiempo.



Como se puede ver en la figura, al inicio de la operación de cualquier equipo el riesgo de una falla es alto debido a problemas en el montaje, cableado, mala operación, etc. Una vez la maquina entra en operación normal el riesgo solo aumenta con el paso del tiempo debido al desgaste interno de las piezas y partes defectuosas. Es de hacer notar que este riesgo será mayor si el mantenimiento que se provee al equipo no es adecuado, y por ultimo esta la zona crítica en donde el equipo se acerca al tiempo de vida útil para el cual fue diseñado.

En este punto es donde tenemos que recalcar que un factor importantísimo en el éxito de una buena gestión de mantenimiento es que sin control del mantenimiento no existen criterios para mejorar la gestión. Es decir si no se tienen registros históricos de las fallas, no se podrá hacer un análisis de esas fallas. Si no hay registros de fallas en cada tipo de equipo instalado en una planta, no podrán identificarse los problemas recurrentes. Al analizar estos registros y mediante su adecuada interpretación podrá establecerse el origen de estos problemas. Es crucial que este análisis sea efectuado por personal capacitado para esta labor, ya que de lo contrario lo más probable es que se confunda el efecto con la causa. De tal forma que se perderán recursos es corregir constantemente un efecto de una causa indetectada.

Es entonces el control del mantenimiento el que separa una gestión eficaz y una gestión de mantenimiento al más puro estilo “apaga fuegos”, o sea que solo actúa cuando algo falla.

1.4.2 Mantenimiento Preventivo

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento planificado”, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza basado estrictamente en las recomendaciones del fabricante de cada equipo y con la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento. Presenta las siguientes características:

- Se realiza en un momento en que no sé esta produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.

- Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios listos para ser utilizados.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Esta destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

El control del mantenimiento preventivo es muy importante porque con el paso del tiempo, si se tiene una buena base pueden hacerse modificaciones en el plan de mantenimiento, que permitan hacer más eficiente el mantenimiento preventivo.

Este control puede hacerse manualmente, en el cual cada equipo tiene una ficha individual en la cual se anotan todas las actividades de mantenimiento, y la que es guardada en un archivo. Semi automática, en donde con el auxilio de una computadora algunas actividades de mantenimiento son almacenadas y el control del mantenimiento es manual. Automática, donde todos los datos de la gestión del mantenimiento alimentan una base de datos en la computadora y esta brinda datos estadísticos, gráficos, tablas y criterios útiles en la toma de decisiones.

Es muy importante recalcar que cada empresa debe efectuar el tipo de control que se adecue a su realidad, ya que de no hacerlo en lugar de obtener un beneficio, obtendrá un problema más.

Como se ha mencionado antes para que la gestión de mantenimiento sea tan eficaz y eficiente que haga una mejora en todas las áreas de producción, se necesita una estrecha colaboración entre todos los departamentos involucrados en el proceso productivo. Si se logra establecer esta meta como una filosofía en el trabajo diario, se pueden alcanzar muchos beneficios como son, mayor integración entre el personal, mayor comprensión y mutua colaboración en la solución de problemas y dificultades, respuesta más rápida en la solución de problemas y un sentido de pertenencia en el resultado final de la empresa.

A diferencia del mantenimiento correctivo, el mantenimiento preventivo se ejecuta antes de que se produzca una falla, con el único objetivo de prevenir fallas.

1.4.3 Mantenimiento Predictivo

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicación de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por ausencia de producción.

La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado. Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo:

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones)
- Endoscopia (para poder ver lugares ocultos)
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- Termografía (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.)

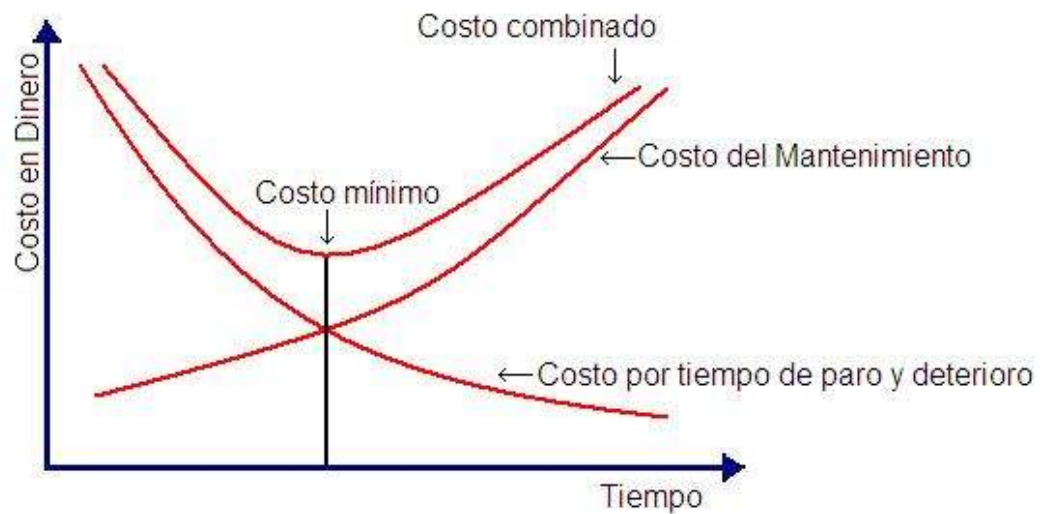
Para el mantenimiento preventivo el control es importante, porque asegura que los procedimientos de diagnóstico han sido bien aplicados, y que hay una mejora en el desempeño de los equipos. Además que es el control de mantenimiento preventivo y correctivo el que da origen a este tipo de mantenimiento.

1.5 Costos de Mantenimiento

Como se menciona antes el aspecto más importante del mantenimiento es su efectividad en costo. Es decir el mantenimiento que se da a cada equipo dentro de nuestra planta debe ser suficiente grande para que minimice los costos por paros inesperados y por deterioro inherente al equipo, y suficientemente bajo para que los costos directos de mantenimiento no hagan que la operación de la planta sea ineficiente. Es decir para no dar sobre mantenimiento a un equipo.

Por ejemplo no es necesario hacer un cambio de aceite a un compresor cada mes si el fabricante recomienda que se haga cada año. Es labor del gerente de mantenimiento encontrar ese punto de equilibrio que minimice los costos relacionados con el mantenimiento. (ver figura 2)

Figura 2. Costo mínimo de mantenimiento.



2. PLANTA GEOTÉRMICA ORZUNIL 1

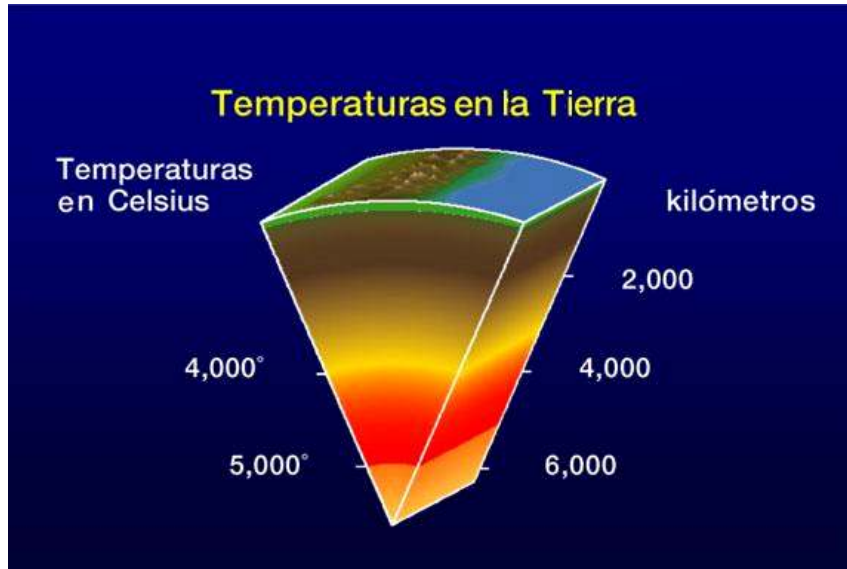
2.1 Geotermia

El núcleo de la tierra es una fuente abundante de energía. Todo el mundo esta familiarizado con las reservas de la tierra de combustibles fósiles – gas, petróleo y carbón – pero estas son tan solo una pequeña parte de las reservas totales. Se estima que la cantidad de calor acumulada a 10 kms de la superficie contiene 50,000 veces más energía que todas las reservas de gas y petróleo en el mundo.

La palabra Geotermia se deriva de los vocablos griegos Geo (Tierra) y Termos (Calor) que en conjunto significan calor proveniente de la tierra. La energía geotérmica es una enorme y subvaluada fuente de calor y energía.

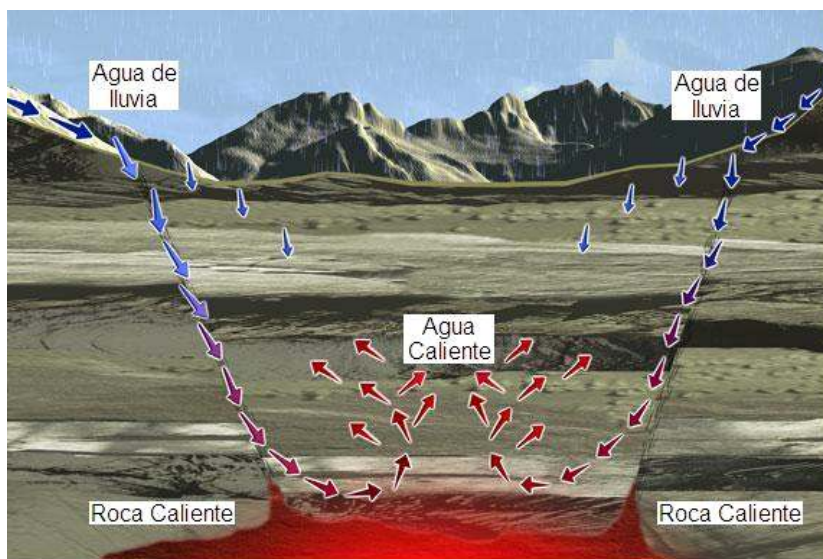
En el núcleo de la tierra, a unos 6,400 Kms. por debajo de la superficie, se alcanzan temperaturas de más de 5,000 °C (ver figura 3). Ya que por debajo de este hay material radioactivo como el uranio, que se encuentra en decadencia. Debido a la baja conducción térmica de la roca, tomara varios billones de años antes de enfriarse. Este calor fluye constantemente desde el núcleo hacia la superficie, formando alrededor roca derretida a altas temperaturas y presiones, magma. El magma algunas veces puede llegar hasta la superficie de la tierra como lava, pero la mayor parte del tiempo queda por debajo calentando sus alrededores.

Figura 3. Temperaturas en la tierra.



El agua de lluvia en la superficie de la tierra se filtra y se acumula en fracturas y poros de la roca caliente, formando reservorios de vapor y agua caliente. Si esos reservorios son explotados, pueden proveer calor para muchos usos, incluyendo generación de energía.

Figura 4. Reservorio de calor.



2.2 Generación de energía eléctrica a partir de energía geotérmica

A pesar de que la energía geotérmica ha sido utilizada con propósitos de calefacción desde tiempos remotos, no fue sino hasta el siglo XX cuando se inicio a utilizar como medio de generación de energía eléctrica. Los primeros experimentos realizados para convertir energía geotérmica en energía eléctrica se dieron en Laredello, Tuscano, Italia en 1,904. Una planta geotérmica de 250 Kw, inicia operaciones allí en 1,913.

Actualmente, se utiliza energía geotérmica en 21 países con una capacidad total estimada en más de 8,000 MW. Los Estados Unidos es el país con la mayor capacidad instalada con 2,200 MW.

Si bien la energía geotérmica es limpia, no es tan renovable como la energía solar y eólica. Como la energía solar, la cantidad de energía en la tierra es inmensa y tiene una vida útil medida en millones de años. Sin embargo, a diferencia de la energía solar utilizar la energía térmica de la tierra puede resultar una disminución temporal de la cantidad de energía disponible. Por lo que reinyectar fluido remanente después de utilizar el vapor ayuda a conservar el reservorio de calor. Pero a pesar de la reinyección, el contenido calorífico del reservorio disminuye gradualmente.

El período de recuperación de un recurso geotérmico depende básicamente del uso al cual este ha sido sometido. Un estudio reciente indica que el periodo de recuperación oscila en 30 años para bombas de calor, 100 a 200 años para calefacción, y varios cientos de años para generación de energía eléctrica.

Recursos destinados a la generación de energía eléctrica pueden proveer energía hasta por 50 años si son manejados adecuadamente, pero el equipo usualmente llega a su vida útil antes de completar este periodo de tiempo. El uso continuo y de largo plazo de energía geotérmica requeriría la construcción periódica de nuevas plantas en nuevas ubicaciones, mientras los recursos previamente utilizados pueden recuperar su poder calorífico.

2.2.1 Conversión de energía

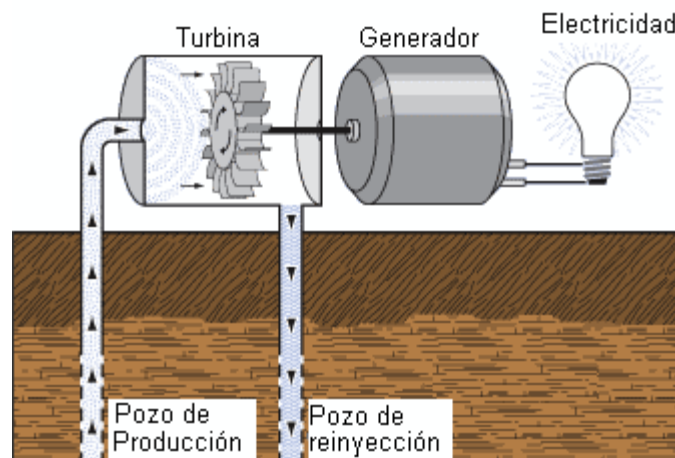
La producción de energía eléctrica utilizando energía geotérmica se basa en el equipo convencional turbina generador, en donde el vapor se expande en una turbina, generando movimiento torcional transferido a un generador en donde se produce la energía eléctrica. Esto se logra haciendo pozos geotérmicos y llevando el agua caliente y vapor mediante sistemas de tuberías a una planta geotérmica en donde se lleva a cabo la conversión antes mencionada. Básicamente este tipo de plantas se divide en 3 tipos: Flujo directo, flujo directo con vaporización y binarias.

2.2.1.1 Flujo Directo.

En estas plantas el vapor se expande en una turbina para generar electricidad. El problema de las plantas de flujo directo es que ya que los pozos son bastante profundos es común que los recursos geotérmicos sean muy ricos en minerales, lo que a largo plazo provoca daños en los alabes de las turbinas, y como que los tratamientos térmicos para hacer las turbinas resistentes a este tipo de ataque hacen subir los costos de las turbinas, puede optarse por otras alternativas.

Este tipo de plantas es el mas antiguo, pero sigue siendo muy efectivo. La planta geotérmica más grande del mundo “The Geysers”, ubicada en el norte de California, USA. Utiliza este tipo de tecnología.

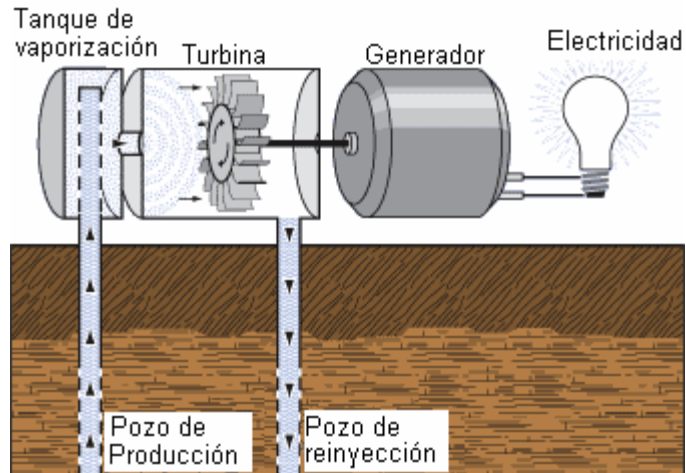
Figura 5. Planta Geotérmica de Flujo Directo



2.2.1.2 Flujo Directo con vaporización.

Se utiliza en plantas que reciben vapor saturado con una temperatura mayor de 175° C. Para recursos geotérmicos ricos en vapor, el vapor puede ser utilizado directamente (plantas de flujo directo). Ya que dichos recursos son muy escasos, es más común que el vapor saturado o agua caliente del pozo geotérmico sea llevado a un tanque en donde es vaporizado reduciendo su presión, el agua caliente sobrante y el condensado que sale de la turbina es entonces reinyectado al reservorio de calor.

Figura 6. Planta Geotérmica de Flujo Directo con vaporización

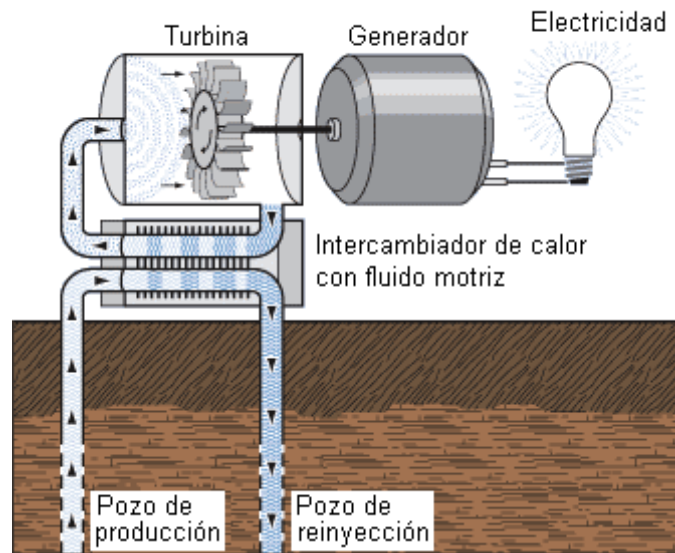


2.2.1.3 Ciclo binario.

Para reservorios de calor que puedan proveer recursos geotérmicos con temperaturas menores de 175° C es más eficiente transferir el calor de los recursos geotérmicos a un fluido motriz, que se vaporiza y que es el que pasa por la turbina. Este tipo de plantas es llamado binario ya que un fluido secundario es el utilizado en el ciclo. En estas plantas el costo de equipo suele ser más alto que las plantas de flujo directo.

El ciclo termodinámico del fluido motriz esta basado en el ciclo de Rankine. El fluido motor utilizado en este tipo de plantas es usualmente un hidrocarburo o refrigerante, básicamente porque su punto de ebullición es menor que el del agua. Tanto el fluido motor y el fluido geotérmicos están confinados en ciclos cerrados separados (el fluido geotérmico después de transferir su energía térmica es reinyectado), por lo que las emisiones al ambiente son casi nulas.

Figura 7. Planta geotérmica con ciclo binario



2.3 Geotermia en Guatemala

A principios de los años 70 la Agencia Japonesa para la Cooperación Internacional (JICA) asistió al Instituto nacional de electrificación (INDE), en los primeros estudios de los recursos geotérmicos del país. En 1,972 se hizo el primer estudio en Moyuta, Jutiapa. En 1,975 se perforaron 2 pozos geotérmicos con fines de producción, pero el resultado no fue el esperado; por lo que se concentro el desarrollo en los campos de Zunil y Amatitlán. En 1,981 con tal de ampliar el inventario a nivel nacional y establecer orden de prioridades de los campos, el INDE y la Agencia de recursos geológicos y minería (BRGM) de Francia, iniciaron exploraciones en 13 campos localizados en la parte sur este y oeste de la cordillera volcánica que se extiende a lo largo del país, desde El Salvador hasta México.

Resultado de estas exploraciones se determinaron 4 niveles de prioridad:

- I. Áreas geotérmicas en explotación con fines de generación eléctrica.
- II. Áreas a nivel de Prefactibilidad.
- III. Áreas con estudios Preliminares.
- IV. Áreas con estudios a nivel regional.

En la actualidad se estima que los recursos geotérmicos en Guatemala tienen una capacidad de 500 MW.

2.3.1 Áreas geotérmicas en explotación con fines de generación de energía.

2.3.1.1 Campo Geotérmico de Zunil

El área geotérmica de Zunil se encuentra ubicada en el municipio de Zunil, departamento de Quetzaltenango. Los primeros estudios de reconocimiento se llevaron a cabo entre 1,973 y 1,977, con asistencia técnica del gobierno del Japón. A partir de 1,977 el INDE con personal nacional, realizó estudios dentro de un área aproximada de 310 km², se perforaron 18 pozos de diámetros reducidos. Basándose en los resultados de estos estudios, en 1,979 se seleccionó un área de 4 km² que se consideró la más promisoría para hacer un estudio de prefactibilidad, la cual se llamó Zunil I, y a sus alrededores Zunil II (área de la cual se hablara más adelante).

Figura 8. Campo geotérmico de Zunil.



2.3.1.1.1 Área geotérmica Zunil I

Entre los años 1,980 y 1,982 se perforaron con fondos del INDE seis pozos exploratorios profundos, de los cuales cuatro resultaron productores. En 1,982 se realizó un Informe de Factibilidad en el que se afirmaba que existía un potencial para instalar una planta de 15 MW de capacidad con un tiempo de vida de 20 años, sugiriendo perforar tres pozos más para completar el caudal de vapor requerido.

En 1,991 y 1,992 se perforaron tres pozos con profundidades entre 1,500 y 2,000 Mts de profundidad.

En 1,992 se llevo a cabo un proceso de licitación por medio del cual se adjudico y suscribió contrato de compraventa de energía en 1,993 con la empresa ORZUNIL I de Generación de Energía, Ltda. En este contrato INDE se hace responsable de entregar flujos establecidos de Salmuera (agua caliente) y Vapor, mantenimiento y operación del campo geotérmico y capacidad adecuada de reinyección. ORZUNIL I se comprometió a instalar una planta geotérmica con capacidad de 24 MW de energía con los flujos establecidos.

Con el objetivo de tener suficiente capacidad de reinyección en 1,999 se procedió a perforar cuatro pozos de reinyección. En el año 2,000 se reparó el pozo ZCQ-6, el cual había disminuido su producción.

Para aumentar la capacidad de producción en el año 2,001 fueron perforados dos pozos nuevos ZD-4 y ZD-5, de los cuales solo ZD-4 resultó productor. Dicho pozo se encuentra en operación actualmente. En 2,002 se trabajó en la limpieza y reparación del pozo ZD-2. También en este año se conectaron a la planta Orzunil I para producción los pozos ZD-4 y ZCQ-4. El cual se consideraba apto para reinyección, pero después de algunos estudios se comprobó su capacidad para producción.

Actualmente se estudia convertir el pozo ZCQ-2 originalmente para reinyección en pozo productor. Y además se trabaja en la perforación de dos nuevos pozos ZD-6 y ZD-7.

Figura 9. Área geotérmica Zunil I.



Figura 10. Perforación pozo ZD-6.



2.3.1.2 Campo Geotérmico de Amatitlán

El área geotérmica de Amatitlán esta localizada 24 Km al sur de la ciudad de Guatemala, entre los municipios de Amatitlán, villa canales y San Vicente Pacaya. Las primeras investigaciones fueron llevadas a cabo por el gobierno de Japón en 1,972 y en 1,977 se iniciaron los estudios de prefactibilidad.

En 1,989 se perforaron 4 pozos exploratorios confirmando el potencial comercial del área. Para 1,991 se perforaron 4 pozos de diámetro comercial, confirmándose la disponibilidad de 12 MW con la producción de 2 pozos (AMF-1 y AMF-2), y capacidad de reinyección con el pozo AMF-3.

En 1,997 INDE contrato a la empresa mexicana ICA (Ingenieros Civiles Asociados), para evaluar el campo. La evaluación del campo con fines de exploración y producción con los pozos existentes ser firmó con un contrato que incluía la instalación de una planta a boca de pozo de 5 MW que opero desde el mes de noviembre de 1998 hasta el mes de noviembre de 2,001, cuando concluyó el contrato, produciendo un total de 98.4 GW hr.

Paralelamente en Mayo de 1,998 JICA en conjunto con INDE realizaron un proyecto para determinar el potencial del reservorio de calor en el área. El informe final demostró una potencia inicial de 50 MW por 25 años.

En 2,001 se inicio un proceso de licitación para adjudicar el campo geotérmico para producción de energía. Ormat Industries Ltda., ganó el proyecto. El cual incluye la instalación gradual de módulos generadores de energía hasta 50 MW durante los próximos 5 años. Actualmente ya se han obtenido todos los permisos necesarios del Ministerio de energía y minas, y la aprobación del estudio de impacto ambiental.

Por lo que ya se han iniciado los trabajos de obra civil. La planta comenzara su operación comercial aproximadamente a finales del año 2006.

2.3.2 Áreas a nivel de prefactibilidad

2.3.2.1 Área geotérmica de Moyuta

El área geotérmica de Moyuta se localiza en el oriente del país en el departamento de Jutiapa. Los primeros estudios se llevaron a cabo en 1,972 cubriendo un área aproximada de 1000 km². En 1,974 los estudios se concentraron en un área de 330 km².

Como resultado de las investigaciones y la perforación de 12 pozos de diámetro reducido, se seleccionó un área de 10 km² en donde se perforaron dos pozos exploratorios de diámetro comercial (INDE 1 y 2). Los registros obtenidos indican que las temperaturas máximas alcanzadas eran de 114 °C, no siendo adecuadas para la generación de energía.

En 1,990 se realizaron nuevas exploraciones, determinando que existen sitios alternos dentro del área para realizar nuevas perforaciones, con altas probabilidades de encontrar recursos que puedan explotarse comercialmente para la producción de energía.

2.3.2.2 Área geotérmica de San Marcos.

Se encuentra en el noroccidente de país. Basándose en estudios preeliminarios realizados en 1,982 por OLADE (Organización Latinoamericana de Energía), en 1,993 el INDE enfocó los estudios en un área de 85 km².

INDE firmó un acuerdo de cooperación económica y técnica con la Comunidad Europea para realizar estudios de prefactibilidad en el área geotérmica de San Marcos. En septiembre de 1,993 comenzaron los estudios, presentándose el informe final en diciembre de 1,997. El estudio demostró buenas temperaturas en el reservorio y sugería que el campo podría proveer suficiente vapor para instalar una planta geotérmica de 24 MW.

2.3.2.3 Área geotérmica de Tecuamburro

Se encuentra en el departamento de Santa Rosa, ubicada en las faldas del volcán del mismo nombre.

En esta área se han realizado estudios a nivel de prefactibilidad a partir de 1,998 por parte de personal del INDE y con la colaboración de Los Alamos National Laboratory de Estados Unidos, habiéndose perforado un pozo de diámetro reducido de 800 m de profundidad, el cual registró una temperatura de 235 °C. El estudio indicó que el campo podría proveer suficiente flujo para la operación de una planta geotérmica de 50 MW.

2.3.2.4 Área Geotérmica de Zunil II.

Los estudios de prefactibilidad del área Zunil II abarcaron aproximadamente 150 km² y se iniciaron a partir de 1,989, seleccionando un área de 16 km² localizada al este de Zunil I. En esta área se perforaron tres pozos de diámetro reducido, siendo uno de ellos productor. Este pozo demostró poder mantener un flujo de 35 toneladas de vapor seco por hora. El estudio de prefactibilidad realizado en 1,992 estima que existe recurso apto para la explotación comercial de una planta con potencial de 50 MW.

2.3.3 Áreas con estudios preliminares

2.3.3.1 Área geotérmica de Totonicapán

Estudios preeliminares conducidos con ayuda del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). En 1,996, se llevaron acabo estudios geológicos y geofísicos. En 1998, se realizaron estudios de gravimetría y magnetometría. Las temperaturas geoquímicas máximas esperadas oscilan en el rango de 200° a 230° C.

2.3.4 Áreas con estudios a nivel regional.

Son áreas que se han identificado conjuntamente con OLADE y esta pendiente iniciar estudios a nivel de prefactibilidad, estas áreas son:

- a) Atitlán: En el departamento de Sololá. Temperatura 95 °C.
- b) Palencia: Ubicada a 20 Km al noreste de Ciudad de Guatemala. Temperatura 140 °C.
- c) Motagua: A orillas del río Motagua en el departamento de Zacapa. Temperatura 160 °C.
- d) Ayarza: En los alrededores de la laguna de Ayarza, departamento de Santa Rosa.
- e) Retana: En la laguna de Retana, departamento de Jutiapa. Temperatura 150 °C.
- f) Ixtepeque-Ipala: Ubicada en los alrededores del volcán Ipala, departamento de Chiquimula. Temperatura 180 °C.
- g) Los Achiotés: Al este del área geotérmica de Tecuamburro. Temperatura 155 °C.

2.4 Orzunil 1

Figura 11. Planta geotérmica Orzunil 1.



La planta se ubica en el Km 209 carretera de Retalhuleu a Quetzaltenango, Aldea La Calera Zunil, Quetzaltenango. Para su construcción y diseño se contó con el respaldo de ORMAT INDUSTRIES, LTDA., de Israel, empresa que cuenta con más de 30 años experiencia en el uso de tecnologías para el desarrollo de fuentes de energía geotérmica, ORMAT ha construido muchas plantas geotérmicas en países como Estados Unidos, Kenia, Costa Rica, Filipinas, Nicaragua, Austria, Nueva Zelanda, entre otros.

La planta geotérmica Orzunil I es un modelo de inversión y cooperación a largo plazo que involucra Instituciones Nacionales e Internacionales de desarrollo y empresas privadas para la producción y distribución de energía.

Orzunil I, es un proyecto que reduce la dependencia de importación combustibles para la generación de energía, no contamina el medio ambiente y contribuye a la explotación de energía renovable en el país.

Inició la generación de energía comercialmente el 1 de Octubre de 1,999 desde entonces y hasta la fecha ha producido más de 865,000 GW hr. Cuenta con 7 unidades generadores idénticas de 4.5 MW nominales. Dichas unidades fueron diseñadas para ajustarse al recurso geotérmico, optimizando así la eficiencia de la planta y los costos de la misma.

En la actualidad se cuenta con tres plataformas donde están perforados los cinco pozos productores, distribuidos así:

- Plataforma A: ZD-1 y ZD-2.
- Plataforma B: ZD-4
- Plataforma C: ZCQ-3 y ZCQ-4

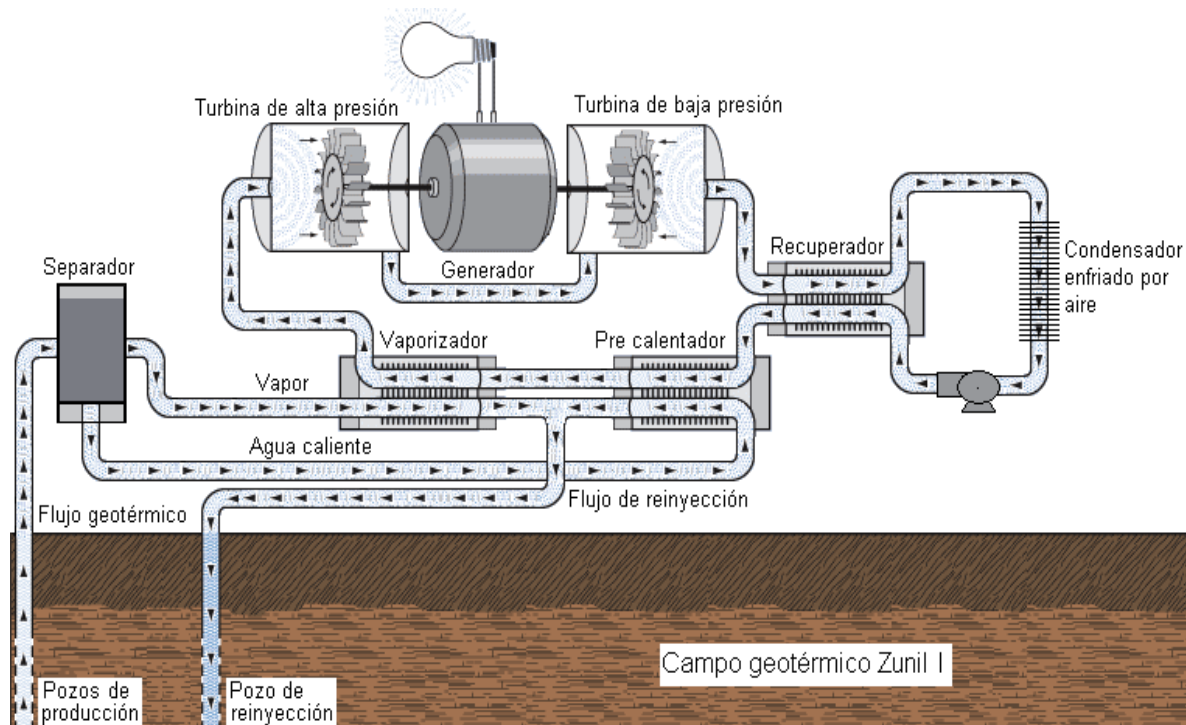
A demás todo el fluido geotérmico es reinyectado al reservorio de calor mediante los pozos ZCQR-3 y ZCQR-5.

2.4.1 Ciclo Termodinámico

El ciclo termodinámico utilizado por cada una de las 7 unidades es un ciclo binario. Utilizan el vapor y agua caliente recibida de los pozos geotérmicos del INDE a una temperatura aproximada de 180 °C.

El calor contenido en el vapor y agua caliente es transferido a un fluido motor que es vaporizado por el mismo calor. El agua caliente se utiliza en una etapa de precalentamiento y el vapor es el que agrega el calor que convierte el fluido motor en vapor. Los vapores del fluido motor se expanden en una primera turbina de alta presión para luego salir de esta a una temperatura y presión más bajas y entregar una segunda etapa en una turbina de baja presión que en conjunto con la turbina de alta presión hacen girar el generador donde se produce la energía eléctrica con un voltaje de 13,200 V. Los vapores del fluido motor son entonces enviados a un recuperador en donde entregan la temperatura remanente, luego se condensa el fluido motor en un condensador enfriado por 18 ventiladores. Al salir del condensador el fluido motor se pre calienta en el recuperador, para luego pasar por una bomba en donde se añade presión y comienza un nuevo ciclo.

Figura 12. Ciclo binario utilizado en Orzunil I.



2.4.2 Ventajas que ofrece Orzunil I

- Uso eficiente del vapor y salmuera que brinda hasta un 30% de incremento en la generación de energía.
- Uso eficiente de condensadores enfriados por aire, que eliminan los problemas creados con tener agua disponible y uso de torres de enfriamiento.
- 100% de reinyección de fluido geotérmico, permitiendo extender la vida útil del reservorio de calor.
- Flexibilidad para adaptarse a condiciones y características variables de las fuentes de Vapor y Salmuera.
- Los gases no condensables son colectados a presión positiva, lo que elimina el uso de bombas de vacío.
- Las emisiones de gases no condensables y H₂S son tan pequeñas que son fácilmente disueltas en el ambiente, y pueden considerarse despreciables.
- Los costos de operación y mantenimiento son reducidos, gracias a la tecnología con la que se cuenta.

3. ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Administración es el proceso de planear, organizar, dirigir y controlar para lograr objetivos organizacionales pre establecidos. Bajo esta premisa, todos los seres humanos somos administradores, unos mas exitosos que otros pero en general todos en algún momento de nuestro diario vivir planeamos, organizamos, dirigimos y controlamos algo. Desde tareas tan sencillas como hacer las compras semanales, cambiar llantas a nuestro vehículo, o las vacaciones de fin de año. De alguna manera siempre estamos administrando algo.

La Administración es una actividad universal y por ende compleja, la diferencia entre el éxito y fracaso de la administración radica en el nivel de comprensión que se tenga sobre aquello que se quiera administrar y así aplicar los conceptos de administración de una forma efectiva. En el ámbito empresarial como se menciona antes el mantenimiento de los activos de la empresa puede hacer la diferencia para que una empresa sea exitosa, y en el mantenimiento es la administración de este último la que puede hacer la diferencia.

3.1 Proceso Administrativo

Es el proceso de planear, organizar, dirigir y controlar los esfuerzos de los miembros de la organización y de aplicar los demás recursos de ella para alcanzar las metas establecidas.

El proceso es una forma sistemática de hacer las cosas. Definimos la administración, como un proceso porque todos los administradores prescindiendo de sus habilidades y aptitudes, realizan ciertas actividades interrelacionadas con el fin de lograr las metas deseadas. Etapas:

3.1.1 Planeación

¿Qué se va hacer? Implica que los administradores proyectan de antemano sus metas y acciones, las cuales se basan en algún método, plan o lógica.

3.1.2 Organización

¿Cómo lo vamos hacer? Significa que los administradores coordinan los recursos materiales y humanos de la organización. La eficacia de una empresa depende de su capacidad de ordenar los recursos para lograr las metas. Cuanto mas integrado y coordinado esté el trabajo de una organización, más eficaz será.

3.1.3 Dirección

Ver que se haga. Describe cómo los administradores dirigen e influyen a los subordinados haciendo que otros efectúen las tareas esenciales.

3.1.4 Control

Ver cómo se está haciendo. El control significa que los administradores tratan de asegurarse de que la organización siga la dirección correcta en la obtención de metas. Si alguna parte de la organización se ha desviado, los administradores tratan de averiguar por qué y arreglas las cosas para que se realicen según lo planeado.

Figura 13. Proceso Administrativo



Como se puede ver en la ilustración todas las etapas del proceso administrativo son muy importantes, ya que sin una de ellas no se tendrá éxito en la etapa posterior, o si en una etapa se ha cometido algún error, este se vera reflejado en etapas posteriores.

3.2 Planeación del Mantenimiento.

La planeación es la parte más importante de la administración, ya que si no hay ningún plan, por ende no habrá nada que organizar, dirigir y controlar; por lo que no existirá administración como tal.

La planeación “Consiste en fijar el curso concreto de acción a seguir, estableciendo los principios que habrán de orientarlo, la secuencia de operaciones para realizarlo y la determinación de tiempo y números necesarios para su implementación”, Agustín Reyes Ponce.

En palabras más simples la planeación del mantenimiento no es nada más que definir *QUE* (objetivos) queremos alcanzar, *COMO* (políticas y procedimientos), *CON QUE* (presupuesto) pensamos alcanzarlo y *CUANDO* (programas).

Toda planeación empieza con el deseo de alcanzar un objetivo, a continuación se deben considerar todas las limitaciones o restricciones para llevarlo a cabo; esto da origen a las políticas a seguir, métodos a utilizar es decir procedimientos que se seguirán. Una vez definido lo anterior podemos hacer programas en donde se considera el tiempo que cada tarea de mantenimiento tomara, y por ultimo presupuestos, que nos permiten en una primera etapa de control ver la efectividad de nuestra gestión.

3.2.1 Objetivos

Son planes de largo plazo que integran todas las acciones necesarias para alcanzarlos. Por ejemplo un objetivo claro de mantenimiento puede ser la reducción de gastos en repuestos de sistemas de lubricación en 5% durante el año 2,006. Esto implica un especial cuidado en todo lo que tenga que ver con sistemas de lubricación, fijar estrategias para asegurar la calidad del aceite, revisiones periódicas y mantenimientos predictivos para anticipar fallas mayores que hagan aumentar el gasto presupuestado en repuestos.

Los objetivos deben ser claros, concretos y medibles. De tal forma que posteriormente se pueda evaluar fácilmente el grado en que estos han sido alcanzados o no.

3.2.2 Políticas

Son las normas que rigen las actividades de mantenimiento, estas delimitan la dirección en que la administración general enfoca el mantenimiento dentro de cada empresa. En otras palabras demuestran el compromiso que la empresa tenga para con la gestión de mantenimiento. De forma que toda persona dentro del departamento este segura de que es lo que se espera de su labor. Algunas políticas de mantenimiento pueden ser:

- La seguridad es primero. Nunca empezar una tarea de mantenimiento sin la previa autorización de operación y el bloqueo del equipo a trabajar.
- Todas las tareas de mantenimiento se llevaran a cabo de forma eficiente y eficaz.
- Siempre dejar limpio el lugar de trabajo antes de dar por terminada la tarea de mantenimiento.
- Antes de empezar una tarea de mantenimiento se debe contar con todas las herramientas y repuestos necesarios.

3.2.3 Procedimientos

El procedimiento es una serie de labores interrelacionados cronológicamente que constituyen la forma de realizar un trabajo. Esta es una parte vital de la planeación porque es la que define como se va a alcanzar el objetivo, es decir cual es la forma más efectiva para hacerlo.

Por ejemplo si se necesita realizar un trabajo en un Generador: El procedimiento nos dictara cual es el momento apropiado para realizarlo, cuando afecte lo menos posible la disponibilidad de la planta generadora, el tiempo para realizarlo y con que necesitamos contar para hacerlo en el menor tiempo posible. Al definir un procedimiento no solo se establece como se debe hacer el trabajo, sino también quien debe hacer; en este caso el personal de mantenimiento eléctrico y mecánico de la empresa.

3.2.4 Presupuesto

El presupuesto representa los recursos con los que contamos para poder hacer efectiva la gestión de mantenimiento. Es decir si nosotros tenemos una muy buena planificación de nuestro mantenimiento pero no podemos contar con los repuestos a tiempo porque no hay recursos suficientes. Entonces las tareas de mantenimiento ineludiblemente se atrasaran provocando distorsiones en nuestros programas y probablemente dando lugar a fallas mayores. Es decir no sirve planificar si no se ejecuta, y no se puede ejecutar si no se cuenta con los recursos para hacerlo.

3.2.5 Programa

El programa o plan de mantenimiento integra todo lo anterior y lo calca en el tiempo, es decir lo calendariza. Toma en cuenta la demanda de la empresa en los diferentes meses del año y así puede programar las tareas de mantenimiento en los diferentes meses, sin interferir con la operación productiva de la empresa.

3.3 Organización del Mantenimiento

Es la correcta utilización de los recursos de mantenimiento (hombres, material, equipo, etc), para cumplir con el plan establecido. Para poder organizar todo adecuadamente necesitamos saber que estructura se necesita, que puestos, y que va a hacer cada puesto.

3.3.1 Estructura

Será de acuerdo a las necesidades de la empresa, de tal forma que la comunicación pueda ser fluida entre cada uno de los departamentos de la organización. Debe ser de tal forma que todos estén enfocados al éxito de la gestión de mantenimiento, entendiendo que solo la coordinación entre los diferentes departamentos hará que la gestión de cada uno de ellos sea efectiva. Puede ser lineal si la organización es muy pequeña o por departamentos si la organización es muy grande.

3.3.2 Puestos

Una vez definida la estructura del departamento de mantenimiento se necesita saber con que recurso humano es necesario contar para poder llevar a cabo de buena forma todas las tareas de mantenimiento. Hay que definir la cantidad de personal necesario de acuerdo al volumen de trabajo de cada área: Mecánica, eléctrica y automatización.

3.3.3 Responsabilidad

Si no se delimitan las tareas requeridas de cada puesto, lo mas seguro es que nadie sea responsable de nada tampoco. Por eso es necesario hacer responsable a cada persona dentro del departamento de lo que tiene que hacer, para que no haya excusas tales como: nadie me dijo, yo no sabía, yo pensé que era responsabilidad de xx. Para una gestión de mantenimiento exitosa todos y cada uno dentro del departamento deben saber cuales son sus obligaciones y cumplirlas, de otra manera se desestabiliza el sistema. “Responsabilidad de todos, obligación de nadie”, anónimo.

3.4 Dirección del Mantenimiento

Ejecutar, simple y sencillamente ejecutar lo planeado y hacer que todo el esfuerzo organizacional valga la pena entregando resultados. Para poder dirigir a un grupo de personas a hacer hay tres elementos que son fundamentales:

3.4.1 Liderazgo

Hay muchas definiciones de liderazgo, pero particularmente creo que el liderazgo es hacer que un grupo de personas haga lo que tienen que hacer aun y cuando no quieran hacerlo. El líder debe tener la capacidad de saber exactamente quienes son las personas que están dentro de la organización, conocer sus fortalezas y debilidades. Y a pesar de todas ellas crear un ambiente de trabajo óptimo en el cual lo difícil sea no cumplir con las expectativas.

Jonh F. Kennedy dijo: *“líder es aquel que sabe dirigir a un grupo de personas a alcanzar un objetivo común, para lo que sabe aprovechar las fortalezas y debilidades de cada individuo, maximizando los esfuerzos y minimizando el fracaso y la desilusión, alcanzando así la satisfacción personal y el éxito en su totalidad”*

3.4.2 Motivación

Fuerza intrínseca del individuo que motiva la acción. Cada persona es un mundo complejo, cada quien arrastra al trabajo sus presiones familiares, sus costumbres, sus creencias, etc. Pero dentro del trabajo todo eso tiene que quedar como una mera anécdota.

Para poder ejecutar lo planificado por el programa de mantenimiento es necesario tener un grupo motivado de trabajadores. Que cada día sea un nuevo reto dentro de la empresa, un reto de demostrar todas las cualidades que hicieron que fueran contratados en primer lugar. Entre mas motivado este un grupo de trabajo mejor será su desempeño.

Esto se alcanzara valorando el trabajo de cada trabajador, haciendo sentir a cada uno que recibe gratificaciones y satisfacciones personales acorde al esfuerzo que ha hecho. Debe siempre de mantenerse un sentido de equidad en las relaciones con el equipo de trabajo, porque de no ser así un trabajador puede llegar a sentirse desvalorado y que no importando el esfuerzo realizado la valoración pasa más por otros factores que por el trabajo en si.

También es importante mantener una política de sueldos que sea acorde al conocimiento, experiencia y aportación de cada trabajador dentro del equipo.

3.4.3 Comunicación

La comunicación es la habilidad de transmitir ideas o pensamientos, es necesario mantener una fluida comunicación en todos los niveles del mantenimiento, esto es vital para evitar accidentes y para evitar malentendidos que puedan deteriorar las relaciones dentro del equipo y redunden en un pobre desempeño de las labores de mantenimiento.

3.5 Control del Mantenimiento

Es la fase del proceso administrativo que mide y evalúa el desempeño y toma las acciones correctivas cuando es necesario. El control es un proceso meramente regulador. Consta de 4 fases:

3.5.1 Establecimiento de Estándares

Los patrones representan el desempeño deseado. Pueden ser tangibles o intangibles, vagos o específicos, pero siempre relacionados con el desempeño que se desea alcanzar. En el mantenimiento estos patrones deben estar relacionados con el éxito del mantenimiento. Por ejemplo una reparación general de una turbina deberá efectuarse en un tiempo no mayor de 3 días de trabajo y 3 técnicos. Un mantenimiento general de una banda transportadora deberá efectuarse en un día de trabajo, etc.

3.5.2 Evaluación de Desempeño

Este paso requiere una definición exacta de lo que se pretende medir. El sistema de control depende de la información inmediata respecto al desempeño, y la unidad de medida y evaluación debe estar de acuerdo con un patrón predeterminado y poder expresarse de forma que facilite la comparación con el patrón. Esta evaluación debe ser para cada actividad de mantenimiento dentro de la empresa.

3.5.3 Comparación entre el desempeño y el patrón

Toda actividad genera algún tipo de variación. Es importante determinar los límites dentro de los cuales puede tomarse como normal dicha variación. Esto separa las variaciones que pueden considerarse normales de las que son excepcionales. Es importante hacer tal distinción ya que las acciones correctivas deben enfocarse en las variaciones excepcionales con el único objetivo que se conviertan en variaciones normales.

La comparación del desempeño con lo que se planeo busca localizar los errores o desviaciones, principalmente para permitir predicción de resultados futuros. Un buen sistema de control debe proporcionar rápidas comparaciones, localizar posibles dificultades o mostrar tendencias significativas del futuro. No es posible hacer cambios en la forma en que el mantenimiento fue ejecutado, pero entenderlo nos permitirá crear las condiciones para que en el futuro no se cometan los mismos errores y los resultados sean mucho mejores.

3.5.4 Acciones correctivas

El control debe indicar cuando el desempeño no fue acorde al plan, y que acciones correctivas deben tomarse para evitar el mismo resultado en el futuro. El objetivo del control es indicar cuándo, cuánto, dónde y cómo debe ejecutarse la corrección.

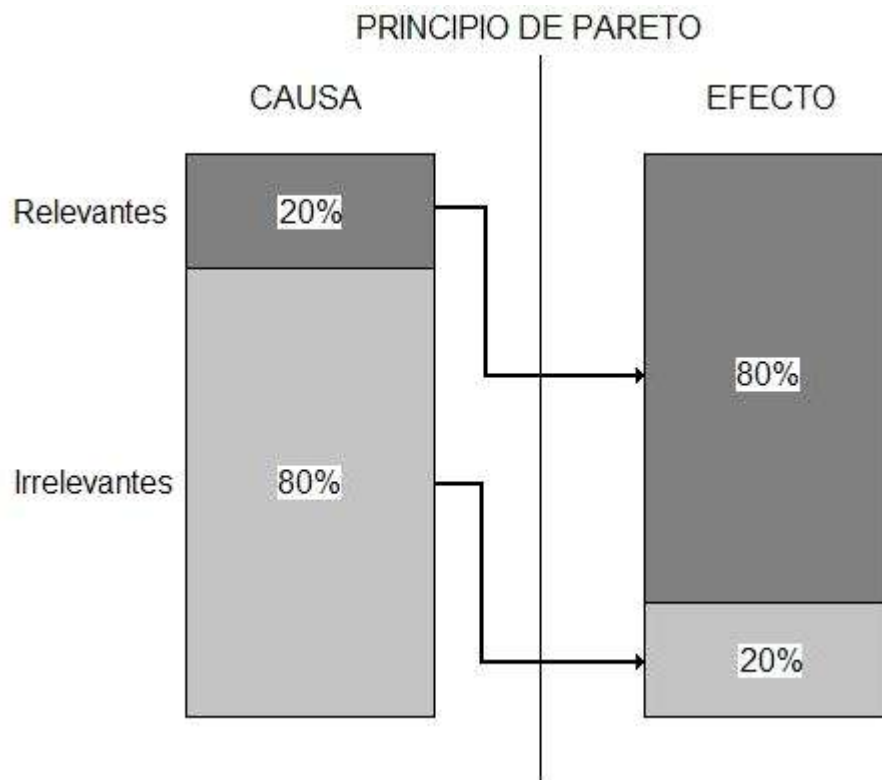
3.6 Ley de Pareto

Wilfredo Pareto, sociólogo y economista italiano (1848-1923). Se tituló como Ingeniero en la universidad de Turín, se radicó en Florencia. De sus estudios sobre la distribución de la riqueza entre las diferentes clases sociales derivó el llamado “Principio de Pareto”, al demostrar que 20% de la población poseía 80% de la riqueza. Al ocupar cargos en la administración pública Pareto aplicó su principio para el estudio y búsqueda de solución de los problemas que enfrentó.

El principio establecido por Pareto se ha extrapolado a diferentes situaciones generalizándose para establecer que el 20% de las variables causa el 80% de los efectos, lo que se denomina la regla 80-20. El “Principio de Pareto” ha resultado de gran utilidad para el proceso de mejora continua, ya que permite determinar cuáles son las variables causales que tienen mayor incidencia en un problema, definiendo aquellas que definirse de forma prioritaria para resolverlo. De acuerdo con el principio de Pareto son pocas las variables que ocasionan la mayor parte del problema, mientras que son muchas las que ocasionan la parte minoritaria.

La experiencia indica que es mejor disminuir en 50% el efecto adverso de las variables relevantes y con ello lograr una mejor significativa de la situación problema, que tratar de eliminar los efectos, también adversos, de variables irrelevantes cuya mejora no será significativa.

Figura 14. Principio de Pareto



En esto radica la importancia del Control del mantenimiento. En saber que problemas conforman ese 20% que hará la diferencia en nuestra gestión.

Y es precisamente este el problema de la mayoría de empresas, en que se conforman con que se realicen las tareas de mantenimiento sin saber como y con que efectividad, de tal forma que el control del mantenimiento ni siquiera existe.

Sin el control del mantenimiento no podremos saber cual es ese 20% en el cual debemos enfocarnos para reducir el 80% de los problemas que enfrentamos en la gestión del mantenimiento.

3.7 ¿Porque un programa de computación para el control del mantenimiento?

La globalización prácticamente ha dejado a las empresas con dos opciones; buscar las mejores prácticas para sus gestiones, o perecer. Así de simple. Si una empresa no esta dispuesta a hacer cambios relevantes en la forma de conducir sus negocios, será devorada por la competencia. No hay mas, por simple y pura competitividad es necesario que cada empresa este dispuesta a innovar día con día.

Un programa de computación para el control del mantenimiento nos hace la vida mucho más fácil, ya que automatiza las tareas de mantenimiento. Y dependiendo de la disponibilidad de la empresa para invertir en él, puede también integrar desde la capacitación de personal hasta los requerimientos de bodega. De forma que un solo programa puede integrar todas las funciones relacionadas con el funcionamiento eficaz de las tareas de mantenimiento.

3.7.1 ¿Qué es un CMMS (Computerized Maintenance Management Software)?

Es un programa computarizado para el manejo del mantenimiento. Dan a las empresas la facultad de poder rastrear los activos de la empresa (equipo y materiales) detalladamente, saber cuando y como se efectuaran las ordenes de trabajo para mantener esos activos y acumular todos los costos asociados de mano de obra, materiales y herramientas. Entre las ventajas que ofrece podemos contar:

- Permite a las empresas rastrear órdenes de trabajo electrónicamente en un sistema centralizado.
- Cada orden de trabajo tiene un número único asignado, para su fácil rastreo. Asimismo en la misma orden se asignan los recursos necesarios para poder ser ejecutada. Por ejemplo repuestos, herramientas, incluso otros trabajos previos (los cuales se convierten en una orden de trabajo independiente).
- Elimina el papeleo. Si bien es cierto las empresas tienden a seguir imprimiendo órdenes de trabajo, estas quedan registradas; evitando así la pesadilla de órdenes de trabajo extraviadas.
- Una orden de trabajo pasa por diferentes etapas: desde la apertura cuando es generada, hasta llegar a ser una orden cerrada. Cuando el trabajo ha sido completado.
- Las órdenes pueden ser automáticamente generadas por el programa. Lo que es extremadamente útil en el mantenimiento preventivo, ya que automáticamente el programa genera las ordenes de trabajo del día, semana o mes.

- Usualmente este tipo de programas también tienen la facultad de poder dar seguimiento a un equipo en particular, de tal forma que podemos saber que tareas de mantenimiento se han efectuado en cualquier equipo.

Las ventajas antes mencionadas son de forma general las que la mayoría de programas de este tipo ofrecen, pero como veremos mas adelante las facultades de cada programa varían dependiendo del tipo de empresa en particular o de la inversión que se este dispuesto a hacer.

3.7.2 ¿Como puede un CMMS mejorar a mi gestión de mantenimiento?

- Ayuda a migrar nuestra gestión de mantenimiento de un ambiente de solo realizar mantenimiento correctivo, a uno donde predomine el mantenimiento preventivo. Generalmente es mucho menos oneroso dar mantenimiento que reparar después de que algo se ha arruinado. Además así se aumenta la vida útil del equipo.
- Hace la fuerza laboral más eficiente. El personal de mantenimiento pasa menos tiempo planeando sus tareas e invierte mas tiempo reparando el equipo.
- Produce una serie de reportes automatizados, que pueden ser analizados para aumentar la eficiencia en áreas como:
 - ✓ Materiales obsoletos en bodega
 - ✓ Reduce la cantidad de repuestos almacenados para hacer el mantenimiento.
 - ✓ Busca formas de mejorar procesos.
 - ✓ Produce reportes de desempeño.

4. CODIFICACIÓN DEL EQUIPO Y CONTROL ACTUAL DEL MANTENIMIENTO

Hasta este punto hemos visto lo importante que es tener un adecuado control del mantenimiento en cualquier tipo de industria. Ahora veremos la codificación y como se lleva actualmente el control del mantenimiento en la Planta Geotérmica Orzunil 1. Como se menciona más adelante no existe ninguna norma que regule la codificación de equipos en español, pero si existe una norma ISA para codificar en inglés. Por lo que toda la codificación del equipo esta en idioma inglés.

4.1 Plan de mantenimiento

En la planta Geotérmica Orzunil 1 se cuenta con un plan de mantenimiento que fue hecho estrictamente en base a las recomendaciones de los fabricantes de cada equipo, también ha ido evolucionado de forma que algunas tareas de mantenimiento se han aumentado y otras se han ido eliminando según la experiencia dentro de la planta lo ha ido indicando. Las tareas de Mantenimiento se encuentran sub divididas en tres grandes áreas:

1. Mantenimiento Mecánico.
2. Mantenimiento Eléctrico.
3. Mantenimiento de Instrumentación y control.

Cada orden de trabajo de mantenimiento preventivo tiene su propia identificación la cual se expresa en el siguiente formato.

Área de trabajo - Nombre del equipo – Departamento y frecuencia

Por ejemplo digamos la re calibración del transmisor de temperatura de la salida de salmuera en la unidad numero siete. Esta tarea de mantenimiento tiene una frecuencia semestral. Dicha orden tiene la siguiente identificación:

OEC7 – TT1105 – CS

Área de trabajo: OEC7: unidad numero 7

Nombre del equipo: TT1105: Transmisor de temperatura de la salida de salmuera.

Departamento y Frecuencia: CS: Control semi anual: semestral

Es de esta forma como se formó la nomenclatura de todas las órdenes de mantenimiento preventivo que conforman el plan de mantenimiento. Ahora veremos en detalle que elementos componen cada una de ellas.

4.1.1 Áreas de Trabajo

La planta se subdivide en:

4.1.1.1 Unidades Generadoras

Como se menciona en la planta se cuenta con siete unidades idénticas cada una de ellas es un área de trabajo independiente, ya que cada una contiene su control autónomo, equipo y tubería independiente. Abreviatura OEC1..7 (ORMAT Energy Converter, convertidor de energía de Ormat)

4.1.1.2 Balance de la Planta

Para hacer facilitar la planificación del mantenimiento las otras áreas de trabajo se han agrupado en una sola categoría. Abreviatura BOP (Balance of plant, Balance de la planta).

4.1.1.2.1 Sistema de recolección

Este sistema lo componen todas las plataformas en donde se encuentran los pozos productores así como todos los sistemas que ahí se encuentran. Además todo el sistema de tuberías de entrada y salida de la planta. Abreviatura GS (Gathering system, sistema de recolección)

4.1.1.2.2 Subestación

La energía producida por las unidades generadoras en 13,200 V es transportada a una subestación en donde un transformador eleva el voltaje a 69,000 V y se conecta a la red del INDE mediante dos líneas de salida Los Brillantes y La Esperanza. Abreviatura SY (Switch yard, Subestación)

4.1.1.2.3 Equipos Auxiliares

Están conformados por Compresores de aire (AC, air compressor), secador de aire (AD, Air dryer), Generador de emergencia (EG, emergency generator) y Sistema contra incendios (FS, fire system).

4.1.2 Nombre del Equipo

Existe una gran cantidad de formas de poder clasificar y codificar los equipos, muchas veces existen variaciones de industria a industria. Pero en un esfuerzo de unificar criterios en 1984 se unieron ISA (Sociedad americana de Instrumentación), y ANSI (American National Standards Institute). Y redactaron la norma ANSI/ISA 5.1 que regula la codificación y clasificación de equipos según se resume en la siguiente tabla:

Tabla II. Norma ANSI/ISA 5.1.

Letras de Identificación

1era Letra		Letras sucesivas		
Variable Medida	Letra de Modificación	Función de letra pasiva	Función de salida	Letra de Modificación
A Análisis		Alarma		
B Llama (quemador)		Libre	Libre	Libre
C Conductividad			Control	
D Densidad o Peso específico	Diferencial			
E Tensión (fem)		Elemento primario		
F Caudal	Relación			
G Calibre				
H Manual				
I Corriente eléctrica		Indicación o indicador		
J Potencia	Exploración			
K Tiempo			Estación de control	

L Nivel		Luz piloto		
M Humedad				
N Libre		Libre	Libre	Libre
O Libre		Orificio		
P Presión		Punto de prueba		
Q Cantidad	Integración			
R Radioactividad		Registro		
S Velocidad o Frecuencia	Seguridad		Interruptor	
T Temperatura			Transmisión o transmisor	
U Multivariable		Multifunción	Multifunción	Multifunción
V Viscosidad			Válvula	
W Peso o fuerza		Vaina		
X Sin clasificar		Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
Y Libre			Relé o función	
Z Posición			Elemento final de control	

Es importante resaltar que si bien el lector no encuentra mucha relación en las letras y su significado es porque estas normas son hechas para letras en inglés y por lo tanto así se usan. Por ejemplo la letra F como primera letra se refiere a la variable Caudal porque (F = Flow = caudal), etc.

Ejemplos:

→ TT = letra primaria T (temperature, temperatura), letra secundaria T (transmitter, transmisor)

TT = Transmisor de temperatura = Temperature transmitter

→ LCV = letra primaria L (level, nivel), letra secundaria C (control), letra terciaria V (valve, válvula)

LCV = Válvula de control de nivel = Level control valve

→ FCV = letra primaria F (flow, flujo), letra secundaria C (control), letra terciaria V (valve, válvula)

FCV = Válvula de control de flujo = Flow control valve

→ FT = letra primaria F (flow, flujo), letra secundaria T (transmisor)

FT = Transmisor de flujo = Flow transmitter

→ SE = letra primaria S (speed, velocidad), letra secundaria E (sensor)

SE = sensor de velocidad = speed sensor

En cuanto la codificación numérica, varían dependiendo de cada empresa. En Orzunil 1 no existe una definición para el código numérico de los equipos.

4.1.3 Departamento y frecuencia

4.1.3.1 Departamentos

→ M (mechanical, mecánico)

→ E (electrical, eléctrico)

→ C (control, instrumentación y control)

4.1.3.2 Frecuencia

Se refiere a la frecuencia con la que es necesario realizar la tarea de mantenimiento:

- Q (quaterly, trimestral)
- S (semi annually, semestral)
- A (annually, anual)
- 24 (24 meses)
- 36 (36 meses)
- 60 (60 meses)

Las tareas de mantenimiento que actualmente se ejecutan en la planta según departamento y frecuencia son:

- MQ (mechanical quaterly, mecánico trimestral)
- MS (mechanical semi annually, mecánico semestral)
- MA (mechanical annually, mecánico anual)
- M24 (mecánico 24 meses)
- M36 (mecánico 36 meses)
- M60 (mecánico 60 meses)
- EQ (electrical quaterly, eléctrico trimestral)
- ES (electrical semi annually, eléctrico semestral)
- EA (electrical annually, eléctrico anual)
- E60 (eléctrico 60 meses)
- CS (control semi annually, instrumentación y control semestral)
- CA (control annually, instrumentación y control semestral)

4.1.4 Programación

Las tareas de mantenimiento están agrupadas por departamento y frecuencia. Y se han distribuido en los diferentes meses del año de acuerdo al volumen de trabajo que hay en cada uno de ellos. Por ejemplo la carga de trabajo más fuerte es en el mes de febrero con las siguientes tareas de mantenimiento:

Tabla III. Planificación de Mantenimiento Preventivo mes de Febrero.

Febrero		
Departamento y Frecuencia	Unidad	Cantidad de ordenes
MQ	2-4-6	69
ES	2-4-6	96
CS	2-4-6	138
MA	2-4-6	39
	Total	342

Lo cual significa que en el mes de Febrero se harán las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo mecánico trimestral en las unidades 2, 4 y 6, en total 69 órdenes, etc. El total de órdenes de trabajo preventivo del mes de Febrero fueron 342.

4.1.5 Órdenes de Mantenimiento Preventivo

Cada tarea de mantenimiento preventivo genera una orden independiente, la cual se imprime y se entrega al encargado del departamento.

Figura 15. Orden de Mantenimiento Preventivo

Orden de Mantenimiento Preventivo		
Planta: ORZUNIL 1	Sub sistema: Sistema de Recolección de Salmuera	Código: OEC 7 – TT1116 - CS
Área de Trabajo: OEC 7	Equipo: Medición de Temperatura	Componente: Transmisor de temperatura en la salida de salmuera
Descripción de la tarea de mantenimiento <ul style="list-style-type: none"> • Re calibración 		
Indicaciones de Seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Desconectar todas las Fuentes de energía hacia el transmisor 		
Herramienta, Materiales y equipo necesario <ul style="list-style-type: none"> • Calibrador de transmisores de temperatura (simulador de señal de RTD) • Copa 10 mm y llave de trinquete • Desarmador bornero de 1.5mm de castigadera 		
Procedimiento: <ul style="list-style-type: none"> • Simular señal de RTD en el transmisor y corroborar que la señal simulada concuerda con la indicación en pantalla, en el cuarto de control. 		
Page 1 of 1		Revision 0

4.1.6 Ordenes de Mantenimiento Correctivo

Figura 16. Orden de Mantenimiento Correctivo

Orden de Mantenimiento Correctivo		
Fecha:	Orden de trabajo No.	
Descripción del equipo:	Dibujo (si es necesario)	
Área de Trabajo:		
Solicitada Por:		
Aprobada por:		
Prioridad:		
Trabajo requerido/problema:		
Acción Correctiva		
Material:		
Completada por:	Fecha:	
Firma:	Departamento:	Tiempo:

Las órdenes de mantenimiento correctivo son giradas por el personal de operación, quienes tienen por tarea detectar cualquier problema en sus rondas de inspección diarias y semanales. También pueden ser giradas órdenes de trabajo correctivo por indicación del personal de mantenimiento.

4.2 Control actual del Mantenimiento

Actualmente el control del mantenimiento se lleva manualmente. Dentro de la planta existe un Analista de plata, en quien se concentra todo el control del mantenimiento. Es la persona que gira todas las órdenes de mantenimiento preventivo y que recibe todas las órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo, cuando estas ya han sido completadas.

A partir de estas órdenes se genera un Reporte de trabajo, en donde se especifica cual fue el problema que se encontró, acción correctiva, repuestos y costos implícitos.

Todos estos reportes son enviados a la casa matriz de la planta en Israel, en donde son analizados y desde donde son enviados de vuelta todos los resultados y modificaciones al plan de mantenimiento preventivo necesarios.

Después de recibir las correcciones es el Analista de planta quien debe hacer las modificaciones pertinentes y ver que se ejecuten.

Figura 17. Reporte de Trabajo de Mantenimiento

Reporte de Trabajo de Mantenimiento.			
Fecha:		Número:	
Área de trabajo:		Equipo:	
Descripción:		Código del equipo:	
Ubicación:			
Detalles del Componente que falló:			
Componente:		Fabricante:	
Código:		Modelo:	
Numero de serie:		Código fabricante:	
Detalle del trabajo			
Completado por:		Fecha:	
Tiempo:		Departamento:	
Materiales			
Repuesto	Código	Cantidad	Costo

5. PROPUESTA

Hasta este punto hemos hablado de lo importante que es el control del mantenimiento para cualquier tipo de empresa, es ahora turno de hablar específicamente de los diferentes programas de computación pueden ayudarnos con tan vital tarea, y que son propuestos en este trabajo.

5.1 Análisis de los requerimientos de Orzunil 1.

Orzunil 1 es una planta geotérmica de 24 MW nominales, situada en el occidente del país. Concretamente en el municipio de Zunil, departamento de Quetzaltenango. Dentro de las muchas ventajas que ofrece está el alto nivel de automatización con que cuenta. Esto hace que el personal necesario para operar y dar mantenimiento a la planta se pequeño. La planta esta dividida en dos departamentos, operación y mantenimiento, a los cuales el personal administrativo da soporte.

El personal de operación esta dividido en turnos de dos personas, y en mantenimiento laboran 6 personas entre técnicos e ingenieros. Resulta entonces que la operación y mantenimiento de la planta Orzunil 1, puede llevarse de una manera exitosa con relativamente poco personal. Es por esto que la planta no necesita un programa demasiado grande, simplemente uno que pueda suplir sus necesidades básicas.

En el mercado hay una infinidad de programas de computación dedicados al control del mantenimiento. A pesar que hay algunos muy populares y que tienen mucha demanda, como: SAP (SAP America Inc.), Maximo (MRO Software), y 7i (Datastream), en esta propuesta se toman en cuenta solo aquellos que puedan llegar a ser rentables en Orzunil 1.

Ya que los programas antes mencionados son enfocados para corporaciones muy grandes y con muchos trabajadores.

Incluso estos programas incluyen el control de la atención al cliente, cosa que no existe en Orzunil 1. Hay que recordar que es una generadora de energía que solo entrega la energía al INDE, por lo que más se manejan relaciones corporativas y no atención al cliente como tal.

5.2 Bases para la selección de los programas de computación.

La diversidad que existe en el mercado de los programas de computo para el control del mantenimiento, no es solo a cerca del los títulos y las empresas que los producen, la realidad es que dependiendo del precio que se este dispuesto a pagar, así será la cantidad de funciones que el programa es capaz de ejecutar. Entonces podemos encontrar programas muy económicos, pero que a su vez son muy sencillos; así como programas cuya inversión requerida es bastante mayor, pero pueden ejecutar muchísimas más funciones.

Lo que se pretende con este proyecto es ofrecer una gama de opciones que sean adecuadas para Orzunil 1. Por eso se escogieron tres programas, uno muy elemental, otro con funciones más avanzadas, y uno muy completo.

5.3 Programas de Computación. (CMMS)

5.3.1 Preventive Maintenance Scheduler.

Es desarrollado por la compañía Cyberniche, es un programa que permite fácil y rápidamente crear una base de datos de las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo.

Como es que la tarea debe ser completada, con que frecuencia y a que hora. Esto permite imprimir las órdenes de trabajo con todas las especificaciones necesarias para que el trabajo se complete como se debe.

También se puede rastrear que trabajos han sido completados y cuales están pendientes. A demás quien ha completado la tarea, quien la ha supervisado, que materiales ha utilizado y en cuanto tiempo se ha completado.

Este programa más que todo facilita la programación del mantenimiento, ya que de forma autónoma imprime las órdenes de trabajo que se hayan programado para esa semana o mes. Este programa como su nombre lo indica es un programador del mantenimiento preventivo, no va mas allá de eso.

Lo primero es ingresar todas las órdenes de trabajo que se tenga en el programa, esto se hace fácilmente ya que la interfase en este programa es sumamente sencilla y nada complicada.

Lo interesante es que las tareas pueden ser asignadas directamente a alguna persona en particular, también puede colocársele un margen de tiempo y hora del día ideales para realizar la tarea. Al mismo tiempo se ingresan los datos del equipo al cual se estará dando mantenimiento. Cada orden de trabajo tiene su número propio y único, ubicación del equipo, tipo de tarea, y también puede ingresarse el código propio de cada empresa para el equipo. A continuación se presenta la pantalla en donde se ingresa una tarea y datos del equipo. (ver figura 18)

Para crear una tarea en Task Name se da nombre a la tarea, en este caso ese podría ser el código interno de la orden de trabajo, el número es asignado automáticamente.

En Manufacturer se ingresa el fabricante del equipo al cual se le dará mantenimiento, Model number es el numero de modelo, serial number, el numero de serie; Location, la ubicación dentro de la planta; type, el tipo de tarea, es decir limpieza, calibración, ajuste, etc.; tag number es el codigo del equipo; task descripción, la descripción de la tarea: tools / techniques required, herramienta y técnicas necesarias para poder hacer la tarea; expected results, es el resultado que se desea alcanzar al finalizar la tarea; best time, la hora mas aconsejable del día para realizarla; horas y minutos el tiempo que debería tomar completar la tarea; Assigned to se refiere a la persona a la cual se le asigno la tarea; purchase date, la fecha de compra del equipo: warranty expiration date, la fecha de vencimiento de la garantía y el espacio de miscellaneous, para notas varias.

Figura 18. Creación de una Tarea en Preventive Maintenance Scheduler.

The screenshot displays the 'PMaint Preventative Maintenance - Evaluation Version' application window. The interface is organized into several sections:

- Task Identification:** Fields for Task Name, Task Number, Manufacturer, Model Number, Serial Number, Location, Type, and Tag Number.
- Task Details:** Task Description, Tools/Techniques Required, and Expected Results.
- Scheduling:** Task Frequency (with a list of weekly dates and frequency buttons like Weekly, Monthly, Bimonthly, Quarterly, Semiannual, Annual) and a 'Current Year Only' checkbox.
- Logistics:** Purchase Date, Warranty Expiration Date, Best Time (Hours and Minutes), and Assigned to.
- Navigation:** A set of buttons at the bottom for First, Previous, Next, Last, Add New, Delete, Find, and Help.

Otra función muy útil es la del seguimiento de las tareas en la que se puede ver el estado actual de una tarea. También puede darse por completada una tarea de mantenimiento, así como ingresar todos los datos relacionados a la finalización de la tarea de mantenimiento. Costos como repuestos, mano de obra o impuestos. Y quien completo la orden de trabajo, cuanto tiempo le tomo y quien superviso el trabajo.

Figura 19. Seguimiento de una tarea en Preventive Maintenance Scheduler.

The screenshot shows a software window titled "Maintain Assignments". The window is divided into several sections:

- Task Information:** Includes a "Show" button, a date field "Scheduled for the Week of" set to "24/07/2006", a "Completed" checkbox, and a "Completed On" dropdown menu.
- Personnel:** Fields for "Assigned to" (Luis Villegas) and "Inspected by".
- Costs:** A table with columns for "Parts Cost", "Labor Cost", "Tax Cost", and "Total Cost", all showing "\$0.00".
- Notes:** A large empty text area for additional information.
- Task Details:** A separate pane on the right showing:
 - Task Name: "Calibracion Transmisor de Temeperatura" with a quantity of "1".
 - Description: "Calibracion de Transmisor de Temperatura. Simular señal de RTD al trasmisor y verificar que la señal de salida sea correcta."
 - Tools/Techniques Required: "Simulador de señal RTD. Desarmador bormero plano. Desarmador plano."
 - Expected Results: "Desviacion del 3% del Span del Transmisor"
 - Best Time to Complete: "Time to Complete: 7 Hours, 30 Minutes"
- Navigation:** Buttons for "First", "Previous", "Next", "Last", "Delete", "Find", and "Ok".
- Print:** A "Print Work Order" button.

Toda la información ingresada puede ser fácilmente consultada e impresa en una diversidad de reportes. También existe la opción de reportes personalizados, en donde se hace el reporte según las variables que el usuario quiera consultar.

Como se menciona anteriormente este es un programa bastante sencillo, cuya función principal es la de facilitar la programación del mantenimiento. Tiene algunas funciones interesantes, pero son muy básicas. Así que si lo que buscamos es optimizar la gestión de mantenimiento este programa no brinda todas las herramientas necesarias para poder hacerlo.

La mayor ventaja de este programa es su bajo costo de \$250.00.

5.3.2 Atlas 2000

Este programa es desarrollado por la compañía Data-Trak. Esta disponible para todas las plataformas de Windows. Tiene muchas funciones entre las que se pueden mencionar puede trabajar en red, generación de ordenes de trabajo, control de inventario, módulos de requisición y compras, historiales, reportes personalizados de mantenimiento preventivo. Una ventaja es que este programa tiene la capacidad de adaptarse a la gestión de mantenimiento que la empresa este llevando, es decir la estructura del programa puede personalizarse de forma que sea lo más cercano a lo que la empresa actualmente maneja. A continuación se enumeran algunas categorías disponibles en el programa:

Equipo:

- Variables del equipo (Fabricante, Modelo, numero de serie, código, código de la empresa, etc)
- Sub componentes
- Medidores del equipo (estado del equipo)
- Fotos y diagramas
- Notas de equipo
- Equipos arrendados

Programación de Mantenimiento Preventivo:

- Órdenes activadas por diferentes criterios (tiempo, variables del equipo o medidores del equipo)
- Estimación de repuestos, costos, mano de obra o contratistas
- Planificación de tareas para personas, equipos, repuestos o proyectos
- Plan de trabajo
- Notas

Mano de Obra:

- Base de datos con la información de los trabajadores
- Costos de la mano de obra
- Reporte de horas de los trabajadores

Inventario y compras:

- Información de repuestos
- Repuestos por numero de serie
- Capacidad de manejar varias bodegas
- Historial de repuestos
- Control de nivel de inventario
- Varios proveedores por repuesto
- Generación automática de requisiciones
- Órdenes de compra de repuestos

Ordenes de Trabajo

- Órdenes de mantenimiento preventivo
- Órdenes de mantenimiento correctivo
- Órdenes de mantenimiento predictivo
- Se pueden definir indefinidos tipos ordenes de mantenimiento

- Ingreso de costos relacionados con la mano de obra, equipo, repuestos y servicio de contratistas
- Generación automática de ordenes de mantenimiento

Seguridad:

- Protección del programa por medio de clave
- Diferentes niveles de seguridad
- Perfiles indefinidos con diferentes niveles de seguridad

Mantenimiento Predictivo:

- Variables definidas por el usuario
- Estadísticas
- Limites (máximo y mínimo)
- Generación de ordenes a partir de diferentes variables (definidas en la sección de equipos)

Librería de Procedimientos

- Se pueden crear procedimientos re usables que incluyen, repuestos a utilizar, mano de obra, servicios de contratistas, equipo y plan de trabajo.
- Se pueden asignar procedimientos a trabajadores, equipos, proyectos o inventarios para generar automáticamente órdenes de trabajo.

Reportes y Análisis

- Reportes, encabezados y pie de pagina personalizados.
- Ordenamiento y filtros personalizados
- Historial de reportes para todas las categorías de órdenes de mantenimiento.

Código de Barras

Es completamente opcional, diseñada par agilizar las operaciones de mantenimiento y que la transferencia de datos hacia la computadora sea más rápida y fácil.

- Edición automática de órdenes de trabajo.
- Control de inventario
- Envío y recepción de paquetes
- Entrada y salida de equipo
- Compras
- Rotulación
- Ingreso automático de datos

Como se puede ver este es un programa mucho más completo y con muchas más funciones. Esto hace que la puesta en marcha de un sistema de este tipo sea compleja. En estos casos el proveedor no solo vende el programa de computación en si, sino que tambien vende la instalación y puesta en marcha, así como un servicio respaldo técnico.

Para la instalación y puesta en marcha, la compañía manda un técnico especializado para facilitar la transición hacia el programa y entrenar a todas las personas que interactuarán con el programa, esto puede ser logrado en un tiempo tan corto como 5 días. Para maximizar la utilización del programa se cotizo el programa para dos usuarios, de esta forma el personal de bodega puede alimentar la base de datos independientemente del analista que maneja el mantenimiento. El costo de desglosa de la siguiente forma:

Tabla IV. Costo Atlas 2000

Programa Atlas 2000	\$ 3,000.00
Usuario Adicional	\$ 800.00
Soporte técnico	\$800.00
Instalación y entrenamiento (5 días)*	\$ 5,000.00
Costo Total	\$ 9,600.00
Scanner código de barras (opcional)	\$ 1,300.00

*No incluye gastos (transporte y alojamiento del técnico.

5.3.3 MP2

Este es un programa creado por la compañía norteamericana Datastream ®. Es uno de los más completos que se encuentran en el mercado, ya que facilita desde el manejo del mantenimiento preventivo y correctivo, hasta la capacitación del personal. MP2 nos permite:

- Calendarizar tareas de mantenimiento preventivo.
- Generar órdenes de mantenimiento correctivo.
- Requisición y compra de repuestos.
- Organizar y dar seguimiento al inventario.
- Mantener registros de cada equipo.
- Mantener registros confidenciales del recurso humano.
- Proyectar fallas en los equipos.

Este programa es adaptable a empresas de cualquier tamaño. Ya que puede iniciar aislado o cómo cliente/servidor. La gran ventaja es que puede iniciarse aislado y mejorándose hasta llegar a la versión cliente/servidor.

Esta versión puede ser utilizada con plataformas LAN o WAN (siglas en inglés para describir redes locales o redes globales-internet).

A demás también se encuentra en diferentes idiomas cómo: español, chino, danés, holandés, alemán, francés, inglés.

MP2 Profesional esta diseñado para instalaciones pequeñas a medianas, esta disponible para bases de datos Microsoft Access® y Microsoft SQL Server®.

Sus principales funciones se encuentran sub divididas en módulos cómo sigue:

Equipos:

En este módulo se da seguimiento a cada equipo dentro de las instalaciones de la planta, desde el momento en que se compraron. A demás de ingresar los datos básicos de cada equipo (fabricante, modelo, numero de serie, código de fabricante, código en planta, etc); este modulo permite ingresar al usuario un o mas indicadores del funcionamiento del equipo, repuestos asociados, ubicación, sub ubicación, y seguimiento de garantías de equipos que todavía la tenga vigente.

La interfase del usuario con el programa es bastante sencilla y amigable. En este modulo fácilmente se puede acceder al historial del equipo, datos financieros (costo del equipo y repuestos asociados), repuestos, notas, adjuntos (fotos y diagramas), historial, y variables personalizadas.

En la parte izquierda aparecen los diferentes módulos para una fácil transición de módulo a módulo, así como comandos para crear una orden de

mantenimiento preventivo, un nuevo repuesto, o una orden de mantenimiento correctivo.

Figura 20. Pantalla del Módulo Equipos en MP2.

Equipment No.	Equipment Type	Description	In-Service	Location
AIRCOMPRESSOR-1	Aircomp	Air compressor 1	Yes	Bldg1-Plant
AIRCOMPRESSOR-2	Aircomp	Air compressor 2	Yes	Bldg1-Plant
AUTOLOAD-LN1	Autoload	Automatic Loading System - Line 1	Yes	Bldg1-Plant
AUTOLOAD-LN2	Autoload	Automatic Loading System - Line 2	Yes	Bldg1-Plant
CHILLER-EXTRD1-LN1	Chill	Chiller for Extruder 1 on Line 1	Yes	Bldg1-Plant
CHILLER-EXTRD1-LN2	Chill	Chiller for Extruder 1 on Line 2	Yes	Bldg1-Plant
CHILLER-EXTRD2-LN1	Chill	Chiller for Extruder 2 on Line 1	Yes	Bldg1-Plant
CHILLER-EXTRD2-LN2	Chill	Chiller for Extruder 2 on Line 2	Yes	Bldg1-Plant
CONVEYER-DIE-INVT-LN1	Conveyor	Conveyor - Die to Inventory, Line 1	Yes	Bldg1-Plant
CONVEYER-DIE-INVT-LN2	Conveyor	Conveyor - Die to Inventory, Line 2	Yes	Bldg1-Plant
CONVEYER-EXTRD1-LN1	Conveyor	Conveyor - Resin to Extruder 1, Line 1	Yes	Bldg1-Plant
CONVEYER-EXTRD1-LN2	Conveyor	Conveyor - Resin to Extruder 1, Line 2	Yes	Bldg1-Plant
CONVEYER-EXTRD2-LN1	Conveyor	Conveyor - Resin to Extruder 2, Line 1	Yes	Bldg1-Plant
CONVEYER-EXTRD2-LN2	Conveyor	Conveyor - Resin to Extruder 2, Line 2	Yes	Bldg1-Plant
COOLTOWER-LN1	Cooling	Cooling tower on Line 1	Yes	Bldg1-Plant
COOLTOWER-LN2	Cooling	Cooling tower on Line 2	Yes	Bldg1-Plant
DIE-LN1	Die	Plastics die - Line 1	Yes	Bldg1-Plant
DIE-LN2	Die	Plastics die - Line 2	Yes	Bldg1-Plant
EXTRUDER1-LN1	Extruder	Extruder 1 on Line 1	Yes	Bldg1-Plant
EXTRUDER1-LN2	Extruder	Extruder 1 on Line 2	Yes	Bldg1-Plant
EXTRUDER2-LN1	Extruder	Extruder 2 on Line 1	Yes	Bldg1-Plant

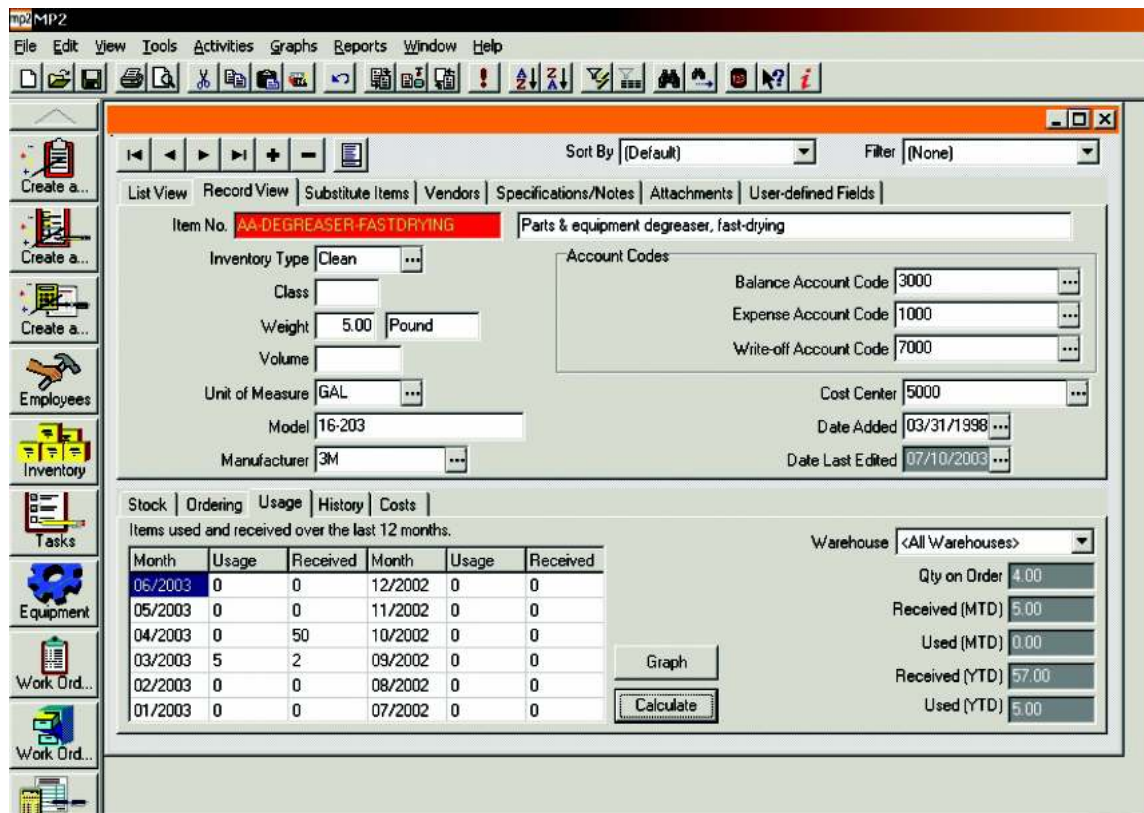
Inventario:

En este módulo se almacena información detallada de cada repuesto o componente utilizado en la gestión de mantenimiento. Se pueden un historial de todos los repuestos utilizados, proveedores de estos repuestos, y en base a estos datos crear graficas para ilustrar el consumo mes a mes o consumo anual de cualquier repuesto. También se puede calcular el nivel de inventario y ajustarlo para que todas los repuestos necesarios siempre estén disponibles y nunca se gaste de más en repuestos que no son estrictamente necesarios.

Para cada repuesto se asocia el tipo de mantenimiento, peso, volumen, unidad de medida (galones, metros, unidades, etc), modelo, fabricante y código de la empresa.

Así mismo se puede asignar códigos para control de presupuesto, costo, fecha de ingreso, disponibilidad del repuesto, historial, cantidad recibida en cualquier mes o en cualquier año.

Figura 21. Pantalla del Módulo Inventario en MP2.



Mano de Obra:

En este módulo para cada trabajador involucrado en la organización, se pueden asignar salarios, nivel de habilidades técnicas, índices, requerimientos de capacitación, información de capacitación completada y certificados para cada empleado. Este tipo de documentación facilita la implementación de normas de calidad como ISO 9000.

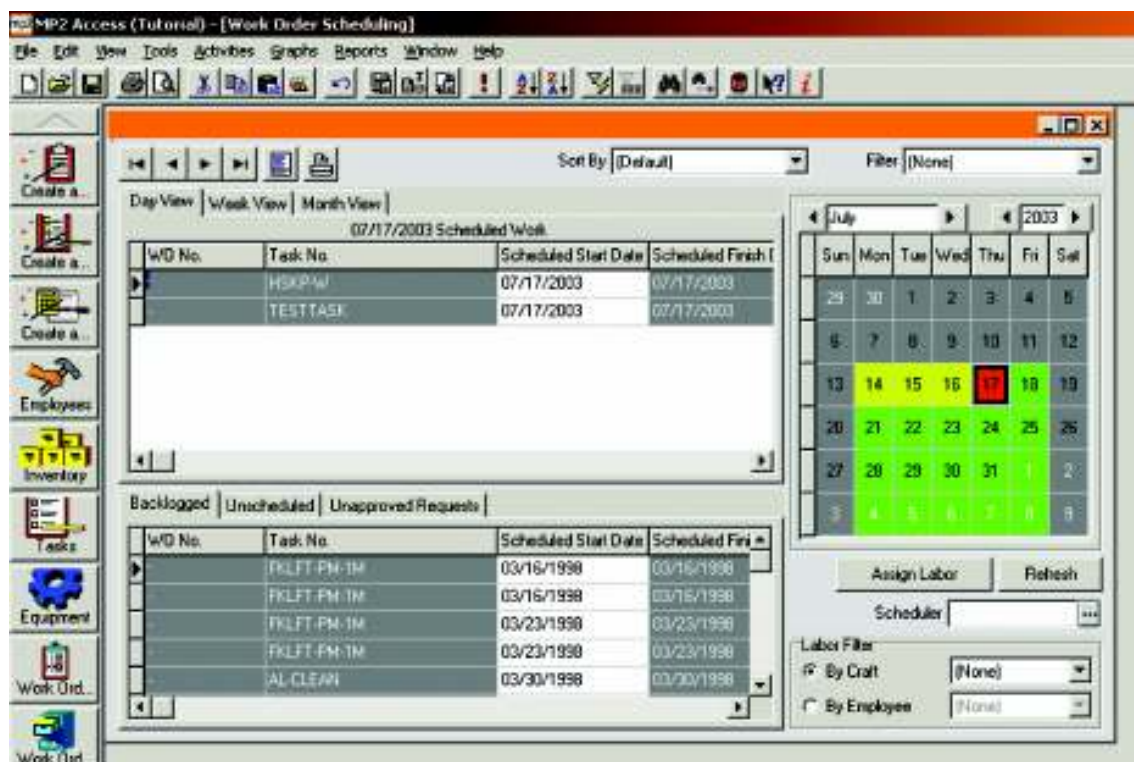
Compras:

Permite al usuario calcular costos de cada orden de compra, generar requisiciones automáticamente y ordenar repuestos e insumos eficientemente.

Programación:

Programa fácilmente los días operacionales de la empresa, registra cada trabajo realizado por cualquier empleado, horas extras y horas de paro. Este modulo ayuda a evitar falta de recursos para realizar tareas de mantenimiento y sobre utilización de recursos de igual forma. Esto hace que se eliminen costos innecesarios y se aumente la rentabilidad de la empresa.

Figura 22. Pantalla del Módulo de Programación en MP2.



En este módulo se programa cada orden de mantenimiento para un día específico, y se le asignan los recursos necesarios para realizarla.

Así mismo se puede dar seguimiento a las tareas que ya están programadas para una semana o un mes en especial.

Seguridad:

Para asegurar la veracidad de la información que el programa contiene en este módulo se crean perfiles de usuario con distintos niveles de seguridad para que ninguna persona no autorizada pueda alterar datos importantes.

Mantenimiento predictivo estadístico:

Los controles estadísticos nos ayudan a prevenir y predecir fallos en los equipos. Este módulo da seguimiento al resultado de cada orden de trabajo de mantenimiento y lleva control sobre los indicadores de los equipos, también lleva un registro del estado del equipo, registrando variables desde temperatura, color y grado de suciedad del equipo.

Tareas:

Crea un historial de tareas de mantenimiento repetitivas, asigna tareas a personas o grupos específicos, se puede ingresar instrucciones especiales y procedimientos de seguridad, así como información especializada de mantenimiento.

Órdenes de Trabajo:

Genera órdenes de trabajo acorde a la programación del mantenimiento. Rápidamente puede actualizar los recursos involucrados como mano de obra, repuestos y comentarios para varias ordenes y darlas por terminadas. Ayuda a registrar los costos de cada orden de trabajo y la asignación de recursos, de forma que haya menos tiempo ocioso en las labores de mantenimiento.

Mantenimiento correctivo:

Ayuda a crear tareas de mantenimiento sobre la marcha, se puede asignar la prioridad de la orden de trabajo, monitorear su estado y asignar recursos. Las órdenes pueden ser abiertas relacionándolas con un equipo o con una ubicación. Para plantas grandes puede también optarse por incorporar el módulo Weblink que a través de internet puede enviar las ordenes directamente a un sistema de mensajería instantánea o a una agenda personal (pocket pc), mandar correos electrónicos (email), etc. Con este módulo se optimiza la pronta respuesta a situaciones de emergencia.

Reportes y Análisis:

Rastrea la vida útil de los recursos. Se puede seleccionar de una variedad de 150 reportes pre definidos incluyendo equipo, inventario, mano de obra, compras, programación, mantenimiento predictivo estadístico, tareas, ordenes de trabajo, y mas de 100 combinaciones de gráficas.

La cantidad de funciones que este programa ofrece son enormes, aunado a esto Datastream también ofrece servicio de consultoría en línea, a través de teléfono o correo electrónico. De los tres programas que se han revisado este es el más completo, ofrece más funciones y herramientas para que la empresa mejore de manera sustancial sus operaciones de mantenimiento.

Vale la pena mencionar que una gran ventaja del MP2 es que es un programa muy versátil, ya que si se compra el soporte técnico; cualquier actualización en el paquete es completamente gratis para la empresa.

Tambien es importante decir esta cotización es para el MP2 basado en Access 2000, existen otras plataformas y otros programas como el 7i de Datastream (este programa es ideal para empresas muy grandes que controlan varias plantas al mismo tiempo), lo interesante es que el usuario puede empezar con la versión más básica y conforme se vaya adaptando al programa y aprendiendo a sacar el máximo provecho de el, este puede ir creciendo, incluso migrar del MP2 en una planta a el 7i para toda una organización.

Como la idea seria manejar tambien el inventario en otra maquina por separado el costo de MP2 se desglosa de la siguiente forma:

Tabla V. Costo MP2

Programa MP2	\$ 6,000.00
Usuario Adicional	\$ 1,200.00
Soporte técnico (1 año)	\$2,400.00
Implementación (8 días)	\$ 8,000.00
Curso de Capacitación (7 días)	\$ 7,000.00
Costo Total	\$ 24,600.00

*No incluye gastos (transporte y alojamiento del personal).

5.3.3 Requerimientos mínimos de los equipos de computo a utilizar

- Procesador
 - Pentium 450 Mhz (mínimo)
 - Pentium 1 Ghz o equivalente (recomendado)
- Sistema Operativo
 - Cualquier versión de Windows
- Memoria Ram
 - 256 MB (mínimo)
 - 512 MB (recomendado)
- Disco Duro
 - 1 GB (mínimo requerido)
 - 4 GB (recomendado)
- Protocolos de comunicación
 - TCP/IP, IPX/SPX
- Tarjeta de red
 - 10 Mbps (minimo)
 - 100 Mbps (recomendado)
- CD – Rom
 - Requerido para instalar el programa

5.4 Comparación entre programas

Tabla VI. Comparación entre programas

Función	Programas		
	Preventive Maintenance Scheduler	Atlas 2000	MP2
Programación del Mantenimiento Preventivo	✓	✓	✓
Manejo del Mantenimiento Correctivo	✓	✓	✓
Base de Datos del Personal	✓	✓	✓
Reportes (pre definidos y personalizados)	✓	✓	✓
Manejo de Inventario	X	✓	✓
Manejo de Mantenimiento Predictivo	X	✓	✓
Manejo de Compras	X	✓	✓
Análisis de la Información	X	✓	✓
Actualizaciones automáticas del programa de computación	X	X	✓
Posibilidad de migrar a otra plataforma	X	X	✓

La diversidad de paquetes de computación para la gestión de mantenimiento que hay en el mercado actualmente es inmensa, en este trabajo solo se pretende mostrar la gran variedad que existe tanto en costos como en funcionalidad de los que pudieran ser de utilidad par Ormat de Proyectos.

El programa Preventive Maintenance Scheduler aunque su costo es muy atractivo (\$250.00), el gran impedimento que tiene es que no pasa de ser un buen programador, pero una de las premisas de este trabajo es la mejora sustancial de la gestión de mantenimiento de Ormat de Proyectos, y si el programa no tiene la capacidad de Analizar la información con que esta siendo alimentado, no es útil para la función para la cual se quiere adquirir.

Si bien a primera vista pareciera que la diferencia entre el programa Atlas 2000 y MP2 no es significativa (y si lo es el costo \$15,000.00); la gran diferencia es que el programa Atlas 2000 se convierte en un sistema cerrado; es decir después de la compra del programa, no hay posibilidad de cambiar absolutamente nada. Por ejemplo si sale al mercado una nueva versión con mejoras sustanciales del mismo Atlas 2000, se tendrá que comprar la licencia del programa nuevamente.

A demás de que no puede agregarse absolutamente nada al programa después de que ya se esta utilizando en la empresa. Esta es la razón principal que justifica el costo del MP2 su versatilidad y el hecho de que es un sistema abierto. Actualizaciones automáticas y la posibilidad de cambiar de plataforma o migrar a un nuevo sistema por completo.

5.5 Propuesta Final

Ormat de Proyectos es manejada por la empresa Ormat de Israel. El fuerte de Ormat es la geotermia, es una de las empresas más fuertes en el ramo a nivel mundial. Han instalado plantas en Nueva Zelanda, Kenia, Estados Unidos, Costa Rica, Nicaragua, entre otros. Aunque la presentación de este trabajo es específicamente para Ormat de Proyectos, vale la pena mencionar que Ormat maneja muchas otras plantas en varias partes del mundo.

Como se pudo comprobar el programa MP2 es el más completo, ya que maneja absolutamente toda la gestión de mantenimiento de la empresa, desde la capacitación de personal de mantenimiento hasta las requisiciones y ordenes de compra, y aunque para Ormat de Proyectos no sea recomendable el programa 7i de Datastream, creo que para la empresa Ormat en general sería muy aconsejable. Así que con una perspectiva de largo plazo con toda seguridad puedo afirmar que el programa ideal para la gestión de mantenimiento de Ormat de Proyectos es MP2, ya que cubre todas las necesidades y mucho más para Ormat de proyectos, y al comprobar la valía de este tipo de programa de computación; podría también extenderse a Ormat en general, para que bajo un mismo programa pudiera manejarse toda la gestión de mantenimiento de toda la Organización.

CONCLUSIONES

1. El programa de computación para el control del mantenimiento que más se adecúa a Orzunil 1, es MP2 de Datastream, por ser el más completo, el que tiene la mayor capacidad de análisis de las variables críticas de la gestión del mantenimiento, y porque es el más versátil.
2. Del control del mantenimiento dependen las demás funciones administrativas y al mismo tiempo contribuye a ellas, guardando estrecha relación con todas. Sin una planeación para fijar metas y objetivos, el control no tendría ningún propósito. Sin una organización, no existiría orientación sobre quién y cómo se deben efectuar las evaluaciones y tomar acciones correctivas. Sin una dirección, los informes de evaluación no tendrían ninguna incidencia en el desempeño del mantenimiento.
3. El mayor problema de las empresas es que se conforman con que las tareas de mantenimiento se ejecuten, sin saber cómo y con que eficacia se han hecho. De tal forma, que el control del mantenimiento ni siquiera existe, siendo éste vital para determinar cuáles son las causas en donde debemos enfocar nuestros esfuerzos, para tener una buena gestión de mantenimiento.
4. El potencial de energía geotérmica en Guatemala es enorme, y dadas las necesidades energéticas del país y las bondades de este tipo de tecnología debería ser un área de desarrollo prioritaria.

RECOMENDACIONES

1. La compra del programa de computación MP2 de Datastream, debe ser prioritaria para Orzunil 1, y así mejorar sustancialmente su gestión del mantenimiento.
2. Poner especial interés en determinar cuáles son las variables que más afectan la gestión del mantenimiento en Orzunil 1.
3. Enfocar los esfuerzos del mantenimiento en solucionar esos problemas y llevar un registro detallado de las acciones correctivas, para que sirva de referencia en otras plantas con tecnología similar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Armstead, Christopher. Energía Geotérmica. México: Editorial Limusa, 1989. pp. 61-67, 223 -242.
2. Creus Solé, Antonio. Instrumentación Industrial. Sexta edición. México: Alfaomega Grupo Editor, 1998. pp. 20-22.
3. Dounce Villanueva, Enrique. La Productividad en el Mantenimiento Industrial. Segunda reimpresión. México: Editorial CECSA, 2000. pp. 4-5, 193-239.
4. Hernández y Rodríguez, Sergio. Introducción a la Administración. México: Editorial McGraw-Hill, 1994. pp. 98-99.
5. <http://www.datastream.net> mayo de 2006
6. <http://www.data-trak.com> mayo de 2006
7. <http://www.cniche.com> mayo de 2006

BIBLIOGRAFÍA

1. Carmichael, Colin. Kent's Mechanical Engineers' Handbook. Wiley Engineering Handbooks series. 1950.
2. Cengel, Yunus. Boles, Michael. Termodinámica. Tomo II. México: McGraw-Hill, 1996.
3. Chiavenato, Adalberto. Administración. Tercera impresión. México: McGraw-Hill, 2001.
4. <http://www.mantenimientomundial.com> mayo de 2006
5. <http://www.reliabilityweb.com> mayo de 2006