

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
ESCUELA DE POSTGRADO
SECCIÓN DE POSTGRADO DE CIENCIAS ECONÓMICAS



**“PROPUESTA PARA MEJORAR LA PLANIFICACIÓN Y
PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO APLICADO A LA
EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ”**

TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR
EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE
EMPRESAS

AUTOR:

Mg. RICARDO ERNESTO IZAGUIRRE DIEGO

ASESORA:

Dra. LUCERO DE LOS REMEDIOS UCEDA DÁVILA

Trujillo, Julio 2014

DEDICATORIA

A mi querida Madre que siempre me dedicó su amor y confianza, que es y será mi
fuente de superación, gracias Madre.

A mi padre desde el Cielo por el invaluable ejemplo de vida y amor que me dio;
sus enseñanzas y valores durante los años que estuvo presente aquí en la tierra.

A mi hermano del alma Jorge quien siempre me
apoya y ayuda con sus consejos a tomar las mejores decisiones.

AGRADECIMIENTOS

Esta Tesis Doctoral es el fruto, no sólo de la dedicación y el trabajo del doctorando, sino también del esfuerzo y colaboración de muchas personas e instituciones. Aunque no pueda compensar el tiempo que les he robado, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todos los que han participado en la realización del presente trabajo.

En primer lugar a mi Asesora, la Dra. Lucero Uceda Dávila, su labor de dirección, dedicación y buen criterio, la convierten en la principal valedora de esta investigación, por estar siempre ahí para resolver mis dudas y guiarme en este largo camino, por apoyarme en los momentos de desánimo y ayudarme a ver la luz cuando veía las cosas oscuras.

A todos los Profesores del programa de Doctorado que me brindaron la confianza y disposición en este camino de superación desde el inicio y final del Doctorado, en la cual aprendí nuevas metodologías y herramientas para buscar soluciones y efectivizar la toma de decisiones.

A la Empresa Siderúrgica del Perú, por brindarme todas las facilidades para la realización de este Proyecto de Investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESÚMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	14
1. EL PROBLEMA	17
1.1. Planteamiento del Problema	17
1.2. Enunciado.....	17
1.3. Justificación e Importancia.....	18
1.4. Alcances y Limitaciones	19
2. HIPÓTESIS	19
2.1. General	19
2.2. Específica.....	20
3. OBJETIVOS	20
3.1. Generales.....	20
3.2. Específicas.....	20
4. MATERIAL Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN...	21
4.1. Material	21
4.1.1. Población	21
4.1.2. Muestra	21
4.1.3. Unidad de Investigación.....	22

4.2. Método de Investigación	22
4.2.1. Tipo de Estudio	22
4.2.2. Diseño de la Investigación	23
4.2.3. Variables y Operativización de Variables.....	24
4.2.4. Instrumentos de Recolección de Datos.....	27
4.2.5. Procedimiento y Análisis Estadístico de los Datos.....	27
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	29
1. INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON EL ESTUDIO	30
1.1. Reseña Histórica de SAP R/3	30
1.2. Razones para Implementar ERP SAP en las Empresas	31
1.3. Antecedentes de Estudios de ERP	34
1.4. Qué es SAP R/3?.....	36
1.5. Módulos de SAP R/3.....	37
1.6. Elementos que conforman el Sistema SAP R/3 Módulo de Mantenimiento.....	39
1.6.1. Datos Maestros	39
1.6.2. Hojas de Ruta	39
1.6.3. Plan de Mantenimiento.....	41
1.6.4. Tipos de Planes de Mantenimiento.....	41
1.6.5. Programación de Mantenimiento.....	42
1.6.6. Órdenes de Mantenimiento	43
2. BASES TEÓRICAS.....	45
2.1. Administración del Mantenimiento Antiguos y Nuevos Paradigmas.....	45

2.2. Gestión del Mantenimiento	48
2.3. Situación Existente del Mantenimiento Actual.....	50
2.4. Estrategias de Mantenimiento.....	50
2.5. Mantenimiento Correctivo	50
2.5.1. No Planeada o de Emergencia	51
2.5.2. Planeada	51
2.6. Mantenimiento Preventivo.....	51
2.6.1. Con Base en las Condiciones	51
2.6.2. Con base en el uso o en el tiempo	52
2.7. Mantenimiento Detectivo o Inspección de Mantenimiento	52
2.7.1. Reparación.....	53
2.7.2. Reemplazo	53
2.7.3. Modificación del Diseño	53
2.8. Técnicas de Mantenimiento	53
2.8.1. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).....	54
2.8.2. Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	56
2.8.3. Combinación TPM-RCM	58
2.8.4. Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR).....	60
2.8.5. Análisis Causa Raíz (ACR).....	61
2.8.6. Mejora de la Confiabilidad Operacional (MCO).....	61
2.8.7. Inspección Basada en Riesgo (RBI)(IBR)	63
2.9. Doctrinas de Mantenimiento.....	64
2.9.1. Doctrina de Predicción.....	64
2.9.2. Doctrina de Prevención.....	65
2.9.3. Doctrina de Corrección.....	66

3. MARCO CONCEPTUAL.....	67
3.1. Definición de Términos Básicos	68
3.2. Definición de Indicadores	71
3.3. Reportes y Consideraciones de Gestión	73
CAPÍTULO III: ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	74
1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	75
1.1. Descripción de Resultados de Encuesta.....	75
1.2. Descripción de Resultados Base de Datos SAP	93
1.3. Discusión de Resultados.....	99
CAPÍTULO IV: PROPUESTA.....	102
1.1. Fundamentos Teóricos.....	103
1.2. Propuesta Específica.....	104
CONCLUSIONES.....	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
ANEXOS.....	117

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1: Principales Beneficios en la Implantación de un Sistema ERP....	35
Gráfico 2.2: Módulos de SAP R/3	37
Gráfico 2.3: El sistema SAP R/3 como sistema abierto.....	38
Gráfico 2.4: Orden Correctiva Planeada SAP	44
Gráfico 2.5: Concepto Actual de Mantenimiento	49
Gráfico 3.1: Área de Trabajo en Empresa Siderúrgica del Perú.....	76
Gráfico 3.2: Puesto Funcional de Trabajo	77
Gráfico 3.3: Tiempo de Uso del Sistema SAP	78
Gráfico 3.4: Frecuencia de Uso del Sistema SAP	79
Gráfico 3.5: Problemas de Operación de Sistema SAP	80
Gráfico 3.6: Aprendizaje y Dificultades para Manejar el Sistema SAP.....	81
Gráfico 3.7: Grupo de Usuarios en SAP	82
Gráfico 3.8: Atención de Cestas de Compra por Suministros	83
Gráfico 3.9: Facilidad de Trabajo con Sistema SAP.....	84
Gráfico 3.10: Recomendación de Uso de Sistema SAP a otras personas	85
Gráfico 3.11: Facilidad de Distribución de Costos de cada Ubicación Técnica con Sistema SAP.....	86
Gráfico 3.12: Mejora del Mantenimiento Preventivo con SAP	87
Gráfico 3.13: Mejora de Rondas de Inspección de Mantenimiento con SAP...	88
Gráfico 3.14: Mejora y Control de Paradas Programadas de Mtto. con SAP...	89
Gráfico 3.15: Generación de Órdenes de Mantenimiento con SAP	90
Gráfico 3.16: Control de Interrupciones Mantenimiento No Planeadas a través de Generación de Planes de Mantenimiento Preventivo con SAP.....	91
Gráfico 3.17: Grado de Satisfacción General con Relación al Sistema SAP...	92

Gráfico 3.18: Número de Planes de Mantenimiento Activos en Empresa Siderúrgica del Perú.....	93
Gráfico 3.19: Número de Órdenes Totales Cerradas en Empresa Siderúrgica del Perú.....	94
Gráfico 3.20: Número de Órdenes Correctivas No Planeadas Cerradas en Empresa Siderúrgica del Perú.....	95
Gráfico 3.21: Número de Órdenes Programadas en Paradas Cíclicas Cerradas en Empresa Siderúrgica del Perú.....	97
Gráfico 3.22: Número de Órdenes de Inspección Cerradas en Empresa Siderúrgica del Perú.....	97
Gráfico 3.23: Número de Órdenes Preventivas Cerradas en Empresa Siderúrgica del Perú.....	99
Gráfico 4.1: Indicador de Cumplimiento Total de Órdenes Mes a Mes en Empresa Siderúrgica Peruana.....	105
Gráfico 4.2: Indicador de Cumplimiento de Órdenes en Paradas Programadas Mes a Mes en Empresa Siderúrgica Peruana.....	106
Gráfico 4.3: Indicador de Cumplimiento de Órdenes Preventivas Mes a Mes en Empresa Siderúrgica Peruana.....	107
Gráfico 4.4: Indicador de Cumplimiento de Órdenes de Inspecciones de Mantenimiento Mes a Mes en Empresa Siderúrgica Peruana.....	108
Gráfico 4.5: Indicador de Cumplimiento de Órdenes de Rutas de Padrinos de Mantenimiento Mes a Mes en Empresa Siderúrgica Peruana.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I-1: Matriz de Operacionalización de las Variables.....	25
Tabla II-1: Antiguos y Nuevos Paradigmas Administración del Mantenimiento.....	46
Tabla II-2: Consideraciones de Gestión para la medición del Indicadores	73
Tabla III-1: Área de Trabajo en Empresa Siderúrgica del Perú.....	75
Tabla III-2: Puesto Funcional de Trabajo	76
Tabla III-3: Tiempo de Uso del Sistema SAP	77
Tabla III-4: Frecuencia de Uso del Sistema SAP	78
Tabla III-5: Problemas de Operación de Sistema SAP.....	79
Tabla III-6: Aprendizaje y Dificultades para manejar el Sistema SAP	80
Tabla III-7: Grupos de Usuarios en SAP	81
Tabla III-8: Atención de Cestas de Compra por Suministros.....	82
Tabla III-9: Facilidad de Trabajo con Sistema SAP	83
Tabla III-10: Recomendación de Uso de Sistema SAP a otras personas	84
Tabla III-11: Facilidad de Distribución de Costos de cada Ubicación Técnica con Sistema SAP	85
Tabla III-12: Mejora del Mantenimiento Preventivo con Sistema SAP	86
Tabla III-13: Mejora de Rondas de Inspección de Mtto. con Sistema SAP ...	87
Tabla III-14: Mejora y Control de Paradas Programadas de Mtto. con SAP..	88
Tabla III-15: Generación de Órdenes de Mantenimiento con Sistema SAP.....	89
Tabla III-16: Control de Interrupciones de Mantenimiento No Planeadas a través de la Generación de Planes de Mantenimiento Preventivo con SAP	90
Tabla III-17: Grado de Satisfacción General con relación al Sistema SAP	91
Tabla IV-1: Indicadores a Controlar Mes a Mes Empresa Siderúrgica	104

Tabla IV-2: Cuadro Resumen de Indicadores de Eficiencia de Gestión de Mantenimiento SiderPerú	109
Tabla IV-3: Rango de Metas de Indicadores de Cumplimiento Mes a Mes en Empresa Siderúrgica Peruana	111
Tabla IV-4: Responsables de Actividades, Elaboración, Financiamiento y Control de Indicadores de Cumplimiento	111

RESÚMEN

El presente trabajo de investigación tiene por finalidad proponer y aplicar un Modelo de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) SAP R/3 para la Gestión de Planificación y Programación del Mantenimiento la cual mejorará la Eficiencia de la Gestión del Mantenimiento en la Empresa Siderúrgica de la Región Ancash ya que ésta no tiene un Modelo de Gestión del Mantenimiento eficiente. Para esto se realiza una encuesta entre todos los usuarios que van a utilizar el ERP para poder analizar y verificar que tan sencillo es su uso y si verdaderamente los usuarios confían en la herramienta para poder gestionar mejor el mantenimiento. Al analizar los datos de la encuesta se observa que es positiva, lo cual nos da una certeza que podemos confiar en el ERP y poder aplicarla, luego diseñar indicadores de Gestión a través de los datos que se extraen del ERP, para poder mejorar, controlar y medir nuestros resultados en la Gestión del Mantenimiento. Se concluye finalmente a través de los indicadores que se controlan, se obtienen resultados positivos, afirmando de ésta manera nuestra hipótesis.

ABSTRACT

This research aims to propose and implement a model Enterprise Resource Planning (ERP) SAP R / 3 for Managing Maintenance Planning and Scheduling which will improve the efficiency of Maintenance Management in the Steel Company of Ancash region because it does not have a Management Model efficient maintenance. For this, a survey of all users who will be using the ERP to analyze and check how easy it is to use and if users really rely on the tool to better manage maintenance is performed. In analyzing the survey data shows that is positive, which gives us a certainty that we can trust and be able to apply the ERP, then design management indicators through data extracted from ERP, to improve control and measure our performance in Maintenance Management. It was finally concluded by the indicators are controlled, positive results are obtained, thus affirming our hypothesis.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente frente al rápido crecimiento de nuestra economía nacional y al rol protagónico que los comercios juegan dentro de todo este entorno, frente a un comercio globalizado, las empresas tienen que ser más competitivas para poder hacer frente a la competencia de lo contrario están condenadas al fracaso.

La empresa Siderúrgica no es ajena a ésta realidad y en este sentido se ve en la obligación de mejorar sus procesos e implementar las mejoras que le permita generar ventajas competitivas y de esta manera mejorar su posicionamiento dentro del mercado.

En esta etapa de cambios, las empresas buscan elevar índices de productividad, lograr mayor eficiencia y brindar un servicio de calidad, lo que está obligando que los gerentes adopten modelos de administración participativa, tomando como base central al elemento humano, desarrollando el trabajo en equipo.

Durante el tiempo que hemos dedicado a la disciplina del mantenimiento, se ha venido observando un creciente protagonismo de esta materia en la ingeniería de los sistemas, de igual forma se ha detectado la oportunidad de negocio de las empresas de este ramo y las posibilidades que genera la innovación tecnológica emergente en los tiempos actuales en este ámbito. Estas cuestiones nos han decidido a plantear el estudio de la situación de esta disciplina (el mantenimiento) en la actualidad, ya que se considera de muchísima importancia dentro del ciclo de vida de los sistemas.

Una de las tecnologías de información y de reciente emergencia y de una particular importancia para su estudio desde la perspectiva de la Dirección de Empresas, debido a su alta utilización en el contexto mundial como por estar orientada al apoyo de la totalidad de los procesos administrativos relacionados

con las operaciones empresariales, son los Sistemas de Planificación de Recursos de la Empresa (ERP).

El uso de herramientas de software, para la administración de las empresas, está siendo cada vez más generalizado. Las empresas buscan, a través de estas herramientas, poder centralizar todos sus procesos de negocio y coordinar los mismos eficientemente, esto con el objetivo de poder tomar decisiones y disponer de información en tiempo real.

De los problemas detectados en las Empresas en mención, surge la necesidad de cumplir al 100% el programa de producción; generando la necesidad de asegurar la operatividad de todas las líneas del proceso productivo.

La presente investigación se centrará en la aplicación de un Modelo de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) SAP R/3 para la Gestión de Planificación y Programación del Mantenimiento y a partir de éste diseñar Indicadores de Gestión que controlarán y mejorarán la Eficiencia de la Gestión del Mantenimiento en la Empresa Siderúrgica de la Región Ancash.

El valor metodológico se manifiesta en la posibilidad de integrar diferentes conceptos y herramientas en los procedimientos desarrollados, ordenando el proceso de gestión del mantenimiento de la Empresa, permitiendo incluirlos y aplicarlos en la actual estrategia adoptada por la actual gestión de mantenimiento por intermedio del Planificador de Recursos Empresariales (ERP) SAP R/3.

1. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema:

En la gestión de Planificación y Programación del mantenimiento de consideran los siguientes problemas:

No se realiza un adecuado mantenimiento a los equipos y el principal indicador de esta gestión es el alto porcentaje de intervenciones por mantenimiento correctivo que alcanzan valores por encima de lo planificado, produciendo inesperadamente paradas no programadas. Todo esto referente al cumplimiento del programa de producción mensual de las líneas de producción.

Falta de lineamientos estructurados para la gestión de mantenimiento.

1.2. Enunciado:

¿De qué manera se puede mejorar la gestión de Planificación y Programación del mantenimiento en la Empresa Siderúrgica del Perú, año 2012?

La Empresa Siderúrgica no tiene un Modelo de Gestión de Planificación y Programación del Mantenimiento eficiente ya que cada área productiva utiliza un modelo diferente.

Mantenimiento correctivo es sinónimo de falta de planificación, actualmente la Empresa Siderúrgica no cuenta con una buena gestión de mantenimiento preventivo, predictivo; no hay ningún sistema que lo controle, no se tiene Indicadores de Gestión de acuerdo a una data confiable y todos los jefes de mantenimiento trabajan a su manera en

su Área, de acuerdo a un archivo de Excel que cada uno maneja independientemente.

No se cuenta con el apoyo de la alta dirección, los planes de mantenimiento preventivo no se respetan, las paradas programadas son postergadas; todo esto genera niveles de confiabilidad en los equipos y aumenta las posibilidades de paradas no programadas.

El requerimiento de disponibilidad y confiabilidad de los activos físicos responde a lineamientos, estrategias los cuales se plasman en procedimientos establecidos que regulen la planificación, organización, dirección y ejecución del mantenimiento con seguridad. Dadas las condiciones de necesidad de continuidad del proceso productivo.

1.3. Justificación e Importancia

Para la presente propuesta de investigación he decidido tomar como unidad de análisis y objeto de estudio a la Empresa Siderúrgica del Perú. De los problemas detectados en las Empresas en mención, surge la necesidad de cumplir al 100% el programa de producción; generando la necesidad de asegurar la operatividad de todas las líneas del proceso productivo.

El valor metodológico se manifiesta en la posibilidad de integrar diferentes conceptos y herramientas en los procedimientos desarrollados, ordenando el proceso de gestión del mantenimiento de la Empresa, permitiendo incluirlos y aplicarlos en la actual estrategia adoptada por la actual gestión de mantenimiento por intermedio del Planificador de Recursos Empresariales (ERP) SAP R/3.

El valor social de la investigación radica en la contribución que hace a la garantía del funcionamiento de las instalaciones y del equipamiento en la Empresa, a partir de la incidencia de la gestión de mantenimiento aplicada, que debido a un fallo de un equipo, se produzca alguna condición insegura y se exponga a los trabajadores a posibles accidentes.

1.4. Alcances y Limitaciones

Generalmente las plantas de producción de la Empresa Siderúrgica cuentan con un jefe de mantenimiento mecánico y un jefe de mantenimiento eléctrico electrónico.

Para la preparación de la presente propuesta de Investigación se realizarán coordinaciones con las direcciones de la Empresa quien nos proporcionarán información necesaria, previa autorización.

Las informaciones relacionadas al proceso productivo y de mantenimiento son referenciales. Por razones de manejo interno no se autorizará totalmente la mención de información referente a costos, así como imágenes de las líneas productivas, además se proporcionó planos en formato autocad e información relacionada sobre las paradas no programadas (interrupciones de producción por mantenimiento).

2. HIPÓTESIS

2.1. General

La propuesta de un Modelo de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) SAP R/3 para la Gestión de Planificación y Programación del Mantenimiento, nos permite diseñar Indicadores de Gestión confiables y

mejorar la Eficiencia de la Gestión del Mantenimiento en la Empresa Siderúrgica del Perú, año 2012.

2.2. Específica

Mediante el análisis comparativo de diferentes estrategias de mantenimiento nos permitirá elegir la estrategia más adecuada para mejorar la gestión de Planificación del mantenimiento en la Empresa Siderúrgica de la Región Ancash.

Mediante la elaboración de un Plan de Planificación y Programación diseñado en el Sistema ERP, nos ayudará a mejorar la Gestión de Planificación del mantenimiento en la Empresa Siderúrgica del Perú.

3. OBJETIVOS

3.1. General

Analizar que la Implementación del Modelo de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) SAP R/3 mejorará la Eficiencia en la gestión de Planificación del Mantenimiento en la Empresa Siderúrgica del Perú.

3.2. Específicos

3.2.1. Determinar con el Planificador de Recursos Empresariales (ERP) SAP R/3, la estrategia para mejorar la gestión de Planificación del Mantenimiento en la Empresa Siderúrgica del Perú; generando a partir de ella el Diseño de Indicadores de Gestión que aseguren la confiabilidad requerida de los componentes del sistema objeto de la investigación.

3.2.2. Determinar con el Planificador de Recursos Empresariales (ERP) SAP R/3 la mejora de la Planificación y Programación de Mantenimiento en la Empresa Siderúrgica del Perú.

4. MATERIAL Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

4.1. MATERIAL

4.1.1. Población

La población Total estuvo definida sólo por el personal de Mantenimiento que trabaja en el Complejo Siderúrgico del Perú que son Usuarios Finales del Sistema SAP que cuenta con 71 personas. En la cual hay diferente estratos de Puestos Funcionales de Trabajo desde Facilitadores, Padrinos, Planificadores y Técnicos de Mantenimiento.

4.1.2. Muestra

El tamaño de la muestra se determinó y calculó de acuerdo a un Muestreo Probabilístico Aleatorio Simple aplicando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde tenemos que:

n: Es el tamaño de la muestra a elegir.

N: Es la población total, en este caso es todo el personal de Mantenimiento de la Empresa Siderúrgica del Perú que son Usuarios Finales del Sistema SAP.

Z: Es el valor de la distribución normal estandarizada correspondiente al nivel de confianza escogido. Para la presente investigación se escogió 95% lo que equivale a 1.96.

p: Probabilidad positiva a favor, como el valor de p es desconocido es conveniente tomar el máximo tamaño de la muestra, lo cual sería para p=50% y sean iguales con q.

q: Probabilidad negativa en contra, como el valor de q es desconocido es conveniente tomar el máximo tamaño de la muestra, lo cual sería para q=50% y sean iguales con p.

e: Es el margen de error permitido; determinado por el responsable del estudio, en este caso es 5%.

Por lo tanto se ha determinado el tamaño óptimo de la Muestra de acuerdo al siguiente Cálculo:

$$n = \frac{1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5 \cdot 71}{(71 - 1) \cdot 0.05^2 + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$
$$n = 60.06 = 60$$

4.1.3. Unidad de Investigación

Al personal de Mantenimiento que trabaja en las diferentes Áreas de Producción como: Laminación Largos; Acería; Planos y Derivados; Mantenimiento Central; Corte y Doble; que cumplan con todos los criterios de selección, las cuales son usuarios finales del Sistema.

4.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

4.2.1. Tipo de Estudio

El tipo de Estudio de investigación utilizada será del tipo descriptiva.

Descriptiva por desarrollar una diagnostica, evaluación del objetivo de la investigación sin alterar su operación, observando, describiendo, analizando.

El proceso de la descripción no es exclusivamente la obtención y la acumulación de datos y su tabulación correspondiente, sino que se relaciona

con condiciones y conexiones existentes, prácticas que tienen validez, opiniones de las personas, puntos de vista, actitudes que se mantienen y procesos en marcha.

4.2.2. Diseño de Investigación

Para el desarrollo de la investigación, se va a utilizar la siguiente metodología conformada por las siguientes etapas:

Estudio y análisis la información de nivel de Satisfacción del Sistema SAP de los Usuarios finales de Mantenimiento de la Empresa Siderúrgica del Perú.

Análisis de la Información del Sistema SAP en el Módulo de Mantenimiento, para ver el estado de la Gestión de la Planificación y Programación del Mantenimiento.

Diseño de Indicadores a partir del análisis del Sistema SAP, para poder llevar un control de los procesos de la Gestión del Mantenimiento. El Modelo de Diseño de Investigación fue Descriptivo cuyo Ideograma fue el siguiente:



Conclusiones y Recomendaciones: De acuerdo a los resultados obtenidos en las etapas previas, se va a redactar los puntos concluyentes, así como las recomendaciones necesarias.

Redacción del Informe Final: Después de haber realizado las fases previas de la metodología, se estará en condición de poder desarrollar el informe final con

los resultados obtenidos, comprobando la hipótesis planteada en el Plan de Tesis.

4.2.3. Variables y Operativización de Variables

Variable Independiente:

Propuesta

Definición Conceptual: Acción o conjunto de acciones orientadas a mejorar algún proceso, suele emplearse para dar cuenta de la manifestación de una idea o plan que ostenta una finalidad determinada.

Definición Operacional: Oportunidad de Mejora en la Planificación de los Recursos, Control y Evaluación, en este caso con el ERP se van a mejorar los procesos de Gestión de Mantenimiento, y luego a diseñar con los resultados los Indicadores de Gestión para controlar los procesos.

Variable Dependiente:

Mejorar la Planificación y Programación del mantenimiento aplicado a la Empresa Siderúrgica del Perú

Definición Conceptual: Mejoramiento, optimización de la Planificación y Programación con el uso del ERP, luego poder controlar con la generación de Indicadores para mejora del proceso.

Definición Operacional: Satisfacción de los Usuarios Finales, con la mejora de la gestión en la Planificación y Programación del Mantenimiento, esto va a repercutir con la Calidad, imagen y Status del Área de Mantenimiento.

Operacionalización de Variables

Tabla I-1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

TEMA: (Título de la Tesis) PROPUESTA PARA MEJORAR LA PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO APLICADO A LA EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ			
PROBLEMA: (Pregunta principal) ¿De qué manera se puede mejorar la gestión de Planificación y Programación del mantenimiento en la Empresa Siderúrgica del Perú?			
VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICES
Mejorar la Planificación y Programación del Mantenimiento en la Empresa Siderúrgica del Perú	Mejora en el Mantenimiento Preventivo	% Cumplimiento de Planes de Mantenimiento Preventivo	Índice de Cumplimiento de Planes de Mantenimiento
		Número de Planes de Mantenimiento Preventivo Programados por Área	Índice de Utilización de Planes de Mantenimiento Preventivo
	Mejora en la Gestión del Personal	Número de Órdenes de Mantenimiento generadas por Mantenedor	Índice de Generación de Ordenes realizadas por Mantenedor
		% Órdenes Cerradas y Notificadas por Área	Índice de Cumplimiento de Trabajos por Área
	Mejoras en las Interrupciones de Mantenimiento	% Interrupciones de Producción por Mantenimiento Correctivo No Planeado por Área	Índice de Paradas de Producción debido a fallas por Mantenimiento Correctivo No Planeado
		Número de Interrupciones de Producción por Mantenimiento Correctivo No Planeado por Ubicación Técnica	Índice de Número de Paradas de Producción por Mtto. Correctivo No Planeado en Ubicación Técnica.

Análisis de la Planificación de Mantenimiento	Análisis de Paradas Cíclicas de Mantenimiento	% Cumplimiento de Órdenes del programa de Paradas Cíclicas por Área	Índice de Cumplimiento del Programa de Paradas Cíclicas por Área
		Número de Órdenes Cerradas y Notificadas del Programa de Paradas Cíclicas por Área	Índice de Órdenes Cerradas y Notificadas del Programa de Paradas Cíclicas por Área
	Análisis de Rondas de Inspección de Mantenimiento	% Cumplimiento de Órdenes de Inspección por Área	Índice de Cumplimiento de Rondas de Inspección por Área
		Número de Órdenes de Inspección Cerradas y Notificadas por Área	Índice de Órdenes de Inspección Cerradas y Notificadas por Área
	Análisis del Mantenimiento Preventivo	% Cumplimiento de Órdenes de Mtto. Preventivo por Área	Índice de Cumplimiento de Órdenes de Correctivo Planeado por Área
		Número de Órdenes de Mtto. Preventivo Cerradas y Notificadas por Área	Índice de Órdenes de Mtto. Preventivo Cerradas y Notificadas por Área

Fuente:Elaboración Propia

4.2.4. Instrumentos de Recolección de Datos

Para obtener los datos aplicaremos las siguientes técnicas e instrumentos, recurriendo al personal de Mantenimiento que es Usuario Final en el sistema SAP y a análisis de los datos que se encuentran registrado en el Sistema.

- a) **Técnica de Análisis Documental:** Utilizando como fuentes de recolección de datos, fichas textuales, teniendo como fuentes libros y revistas especializadas sobre mantenimiento, estudios de medición de satisfacción, datos obtenidos del Sistema SAP.
- b) **Técnica de la Encuesta:** Utilizando como instrumento un cuestionario, recurriendo como informantes a los Usuarios Finales de Mantenimiento que utilizan el Sistema. Mediante la cual aplicaremos para obtener los datos para ver el grado de Satisfacción del Uso del Sistema SAP.

La validación del Instrumento de Recolección de Datos se ha realizado con la Prueba del Alpha de Cronbach. El mismo que dio como resultado un coeficiente de consistencia interna con un nivel de confiabilidad de $\alpha = 0.96$, aproximadamente 96%. Tal como se indica en el Anexo.

4.2.5. Procedimiento y Análisis Estadístico de los Datos

Los datos obtenidos a través de las técnicas e instrumentos indicados se procesarán a través del programa computarizado Microsoft Excel 2010 y SPSS versión 21. Con relación en su ordenamiento de relevancia de mayor a menor, ésta información se sustentará a través de cuadros, gráficos, etc. Por lo cual los resultados evidenciarán una realidad la misma que deberá ser analizada para contrastar cada sub-hipótesis y por extensión la hipótesis global. Con respecto a la forma de análisis de los datos:

- a) Con respecto a la información que se presentó como resúmenes, los gráficos, cuadros, etc., se formularon apreciaciones objetivas.
- b) Las apreciaciones y conclusiones que resultaron del análisis fundamentarán cada parte de la propuesta de solución al problema que dio lugar al inicio de la investigación.
- c) Los resultados se obtuvieron utilizando la Estadística Descriptiva, mediante los gráficos y cuadros estadísticos los que se mostraron y explicaron.
- d) En conclusión se validó categóricamente las sub-hipótesis, las mismas que se sustentaron y demostraron por sí solas en el capítulo siguiente.

II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se estructura el Marco Teórico analizando los principales temas relacionados con el proyecto de investigación, así como las herramientas a utilizar, el cual es la base teórica que sustentará el análisis y diagnóstico del problema a resolver y a la vez permitirá plantear las alternativas de solución de acuerdo a lo estudiado en el presente capítulo.

1. INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON EL ESTUDIO

1.1. Reseña Histórica de SAP R/3

SAP R/3 es un Sistema de Aplicaciones y Productos en procesamiento de datos, el cual es muy útil, debido a que es un medio muy eficaz para gestionar el seguimiento y control de los equipos, en cuanto a sus Planes de Mantenimiento y sus historiales técnicos.

En el presente trabajo se desarrollarán los pasos para la Implementación de la Gestión de Mantenimiento en SAP. Se caracteriza detalladamente la Planificación, Ejecución y Control para llevar a cabo todo el proceso ejecutado, explicando todas las etapas de la realización.

SAP es una Compañía Alemana fundada en 1972. *“SAP es el líder mundial en el suministro de soluciones e-business colaborativas”*.¹ Líder en la industria de sistemas integrados en tecnología Cliente/Servidor con presencia en los 5 continentes. Posee 54% del mercado de aplicaciones corporativas cliente /servidor a nivel mundial. Más del 20% de los ingresos es invertido en Investigación y Desarrollo. Y posee más de 10 millones de usuarios en 120 países del mundo.

¹ Hijón, Raquel N. op. cit. p. 13

SAP pertenece al mercado de aplicaciones ERP (Enterprise Resource Planning) y tiene como competidores en el mercado global a: Baan, PeopleSoft, Oracle Applications, QAD y BPCS entre otros.

La implementación de una plataforma ERP puede llegar a ser un proceso largo y frustrante pero si se mezcla con una buena estrategia va a ser muy gratificante para la organización.

La implementación de un ERP demanda mucho esfuerzo por reducir la resistencia al cambio debido a que los trabajadores de la empresa consideran que automatización es sinónimo de desempleo, pero en realidad no es así.

*“El sistema ERP es popular porque administra las actividades funcionales de todas las etapas de la cadena de valor, así como las transferencias de recursos entre las diferentes divisiones de la empresa”.*²

1.2. Razones para Implementar ERP SAP en las Empresas

Existen tres razones fundamentales por las cuales una empresa se interesa en implantar una solución ERP:

Aumentar su competitividad: Las empresas requieren continuas optimizaciones de sus costos, ya sea de producción, comercialización o administración; por otro lado, deben incrementar constantemente su productividad.

Controlar mejor sus operaciones: Varias empresas tienen un manejo aislado de la información generada en los distintos departamentos y requieren de una solución global que integre y organice los datos para que en forma accesible apoye la toma de decisiones.

² Charles W. L., Hill ; Gareth R., Jones op. cit. p. 454

Integrar su información: Es importante integrar la información en las áreas vitales de la empresa como finanzas, distribución y manufactura, mantenimiento.

SAP lleva años en el puesto número uno con un producto cada vez más completo, que incluye desde la gestión de los recursos financieros que dieron origen a los ERP, hasta un sofisticado sistema de business intelligence, destinado a extraer información de la compañía para la toma de decisiones. Todo ello sin olvidar la gestión de recursos humanos, la cadena de suministro o el ciclo de vida de los productos. Es lo que se denomina un ERP extendido, que permite a SAP atender a una amplia gama de clientes que buscan en él, la automatización y la integración de los procesos de sus empresas, haciéndolos más ágiles mientras se reducen los costos.

“Cada módulo funciona como un sistema experto que es capaz de analizar la información que le proporcionan los administradores funcionales. Después les informa en tiempo real sobre el estado de operaciones funcionales vitales y hace recomendaciones que permiten que los administradores las mejoren.

Por consiguiente la ERP de SAP permite que los administradores de una división coordinen mejor sus actividades, lo que es una fuente importante de ventaja competitiva.”³

La adecuada implementación de estos sistemas en una compañía depende principalmente del diseño que se le haga de acuerdo a las necesidades de la empresa ya que, por ser sistemas flexibles, se adaptan a las empresas a sus funciones y van más allá de sus necesidades según sea el caso, o se queden cortos ante estas.

³ Charles W. L., Hill; Gareth R., Jones op. cit. p. 454

“Un Sistema de Información es un medio por el cual los datos fluyen de una persona o departamento hacia otros, por lo que los sistema de información proporcionan servicio a todos los demás sistemas de una organización y enlazan a todos sus componentes en forma tal que éstos trabajen con eficiencia para alcanzar el mismo objetivo.”⁴

“De esta manera se le proporciona a la gerencia la información deseada.”⁵

En el presente trabajo se desarrollarán los pasos para el Diseño de un Plan para la Implementación de la Gestión de Planificación y Programación de Mantenimiento en SAP en su módulo PM (Plant Maintenance), de las Líneas de Producción de la Empresa Siderúrgica de la Región Ancash. La investigación está enfocado al diseño de (3) tres etapas (Planificación, Ejecución y Control). Para llevar a cabo todo el proceso ejecutado, se explicará todas las etapas de la realización.

Para la Planificación se definirá todo el desarrollo a seguir para la inclusión de los datos en el sistema, dentro de estas se destaca la Creación de las Ubicaciones Técnicas en el Sistema, la Creación y/o modificación de Hojas de Rutas, Selección de Ubicaciones Técnicas para crear Planes de Mantenimiento, Creación de los Planes de Mantenimiento, Programación de Planes y Ajustes del Sistema, y todas las gestiones realizadas en general durante el proceso.

Para la Ejecución, se realizarán Flujogramas de procedimiento, para que todo el personal conozca como navegar en el Sistema, y que exista un procedimiento escrito de cómo manejar cada una de las Etapas de las Gestiones de Mantenimiento a través de SAP.

⁴ A. Senn, James op. cit. p. 20

⁵ G. Murdick, Robert; C. Munson, Jhon op. cit. p. 6

Para el Control, se propone Indicadores, para medir el cumplimiento de la Gestión.

1.3. Antecedentes de Estudios de ERP

El Dr. Ing. Fermín D. Rico Peña ha realizado estudios de Sistemas ERP, Metodologías de Implementación y Evaluación de Software presentando su Tesis Doctoral en la Universidad La Coruña-España el año 2004, en la cual presenta el análisis de los sistemas ERP cuyo diseño conceptual los presenta como modelos de sistemas de gestión de la información en el ámbito empresarial.

En su Tesis Doctoral indica: *“Nace de esta forma un nuevo concepto de sistema ERP extendido que, además de poder ejecutar eficientemente los procesos de administración y operación correspondientes a las distintas funcionalidades implantadas, ofrece herramientas para la gestión y conocimiento de las relaciones con los clientes y de integración de toda la cadena de suministro a través de las posibilidades de comunicación y colaboración entre suministradores en todos los niveles, así como entre fabricantes y clientes, todo ello de aplicación a la generalidad de las relaciones empresariales”*.⁶

En el mismo año, el Dr. Patricio Ramírez Correa presentó su Tesis Doctoral Rol y Contribución de los Sistemas de Planificación de los Recursos de la Empresa (ERP) en la Universidad de Sevilla, aportando de ésta manera como los ERPs contribuyen a la mejora de Gestión de una Empresa.

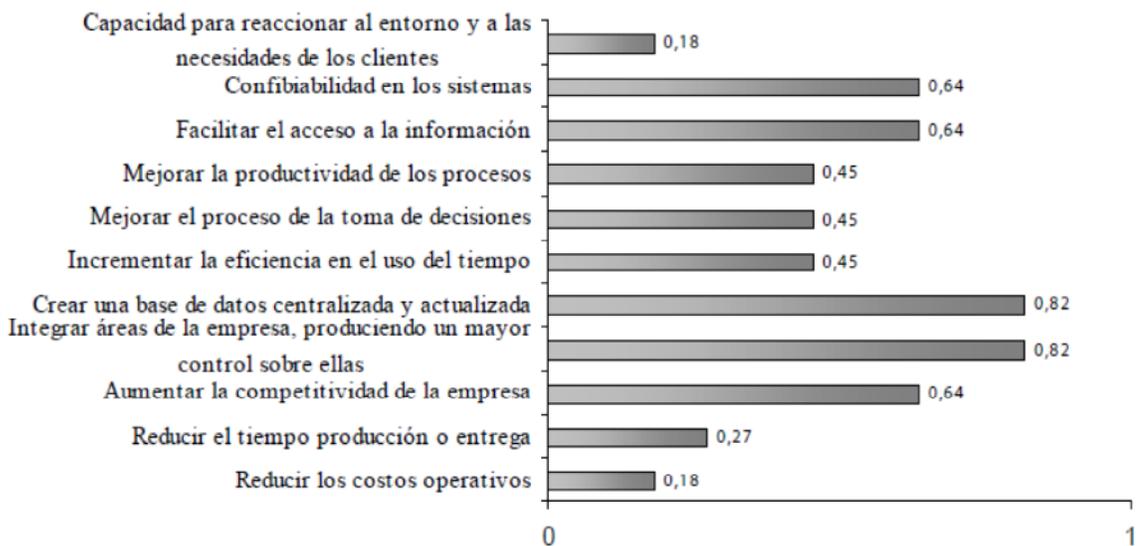
En sus conclusiones finales de sus Tesis Doctoral indica: *“El nuevo entorno económico de competencia global que surge en la década de los noventa impuso a las empresas y sus directivos nuevos desafíos. En este nuevo contexto, tanto*

⁶ Rico Peña, Fermín op. cit. p. 22

para participar en forma eficiente y eficaz en los mercados internacionales como para mejorar la calidad de los sistemas productivos, las organizaciones necesitan sistemas de información eficientes.”⁷

Según el estudio del señor Ángel Benvenuto en la Universidad de Concepción, acerca de la implementación de sistemas ERP y su impacto con la gestión de la empresa, algunos beneficios cuantitativos que pudo obtener son los siguientes, tal y como se muestra en la gráfica siguiente en donde se pueden observar una calificación entre 0 y 1 según el impacto en la empresa.

Gráfico 2.1. Principales beneficios en la implantación de un Sistema ERP



Fuente: Implementación de Sistemas ERP

“El 91% de las empresas afirma que la implementación de un sistema ERP permite administrar la información de manera más eficiente y eficaz, según lo esperado. Pero, se debe considerar que este sistema es una herramienta de gestión empresarial, que solo entrega información, por lo que se requiere poseer

⁷ Ramírez Correa, Patricio op. cit. p. 341

*las herramientas y conocimientos adecuados para obtener el mayor provecho de estos sistemas”.*⁸

A continuación menciono a un grupo de empresas siderúrgicas que han optado por implantar el sistema SAP R/3, las cuales avalan algunas de las ventajas ya descritas:

“HILSAMEX: Grupo de 9 empresas siderúrgicas agrupadas bajo el nombre de Hylsa, fue la primera organización en Latinoamérica en instalar el sistema SAP R/3 versión 3.0. Los cuales podemos ver en sus resultados obtenidos los siguientes aspectos:

Incrementar la productividad al trabajar con menos interfaces.

Mejorar su imagen al contar con tecnología de punta.

*Ser más rápida y flexible, al dar respuesta casi automáticamente a las necesidades de sus empresas y clientes.”*⁹

1.4. Qué es SAP R/3?

Significado de SAP R/3: S= Sistemas

A= Aplicaciones

P= Productos

R= Tiempo Real

/3= Trabaja en 3 Niveles: Nivel 1= Base de Datos (Archivos)

Nivel 2= Aplicación (ABAP, lenguaje)

Nivel 3= Presentación(SAP GUI, Pantallas)

⁸ Benvenuto Vera, Angelo. Implementación de sistemas ERP, su impacto en la gestión de la empresa e integración con otras TIC. Universidad de concepción, 2006. CapiV review Vol. 4.

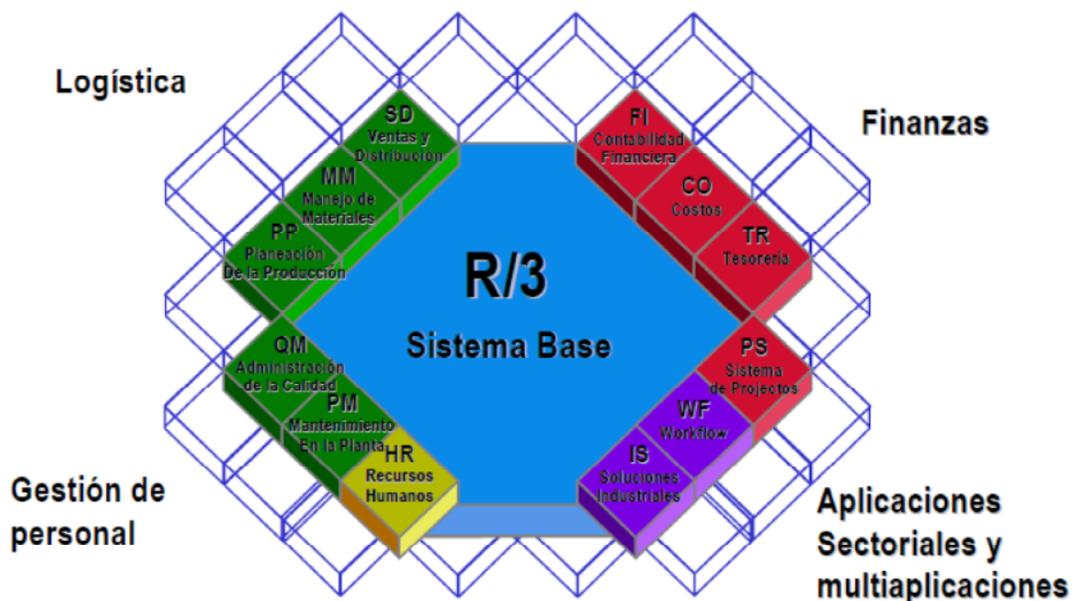
⁹ Rendón, Ricardo (1993). Historias de éxito (HYLSAMEX). Revista SAPerspectiva edición México y Centroamérica (Núm. 1, pp. 9-10).

SAP R/3 es un sistema informático que gestiona de manera integrada "en línea" todas las áreas funcionales de la empresa. SAP está organizado en un conjunto de módulos de software cliente / servidor a tres niveles, al que añade un módulo de "Workflow" para la optimización y la reingeniería de los procesos de negocio. El Sistema SAP se basa en el concepto de combinar todas las actividades de negocio y los procesos técnicos de una empresa en una solución informática simple, integrada, robusta y fiable.

1.5. Módulos de SAP R/3

El sistema R/3 se basa en un modelo empresarial global que cubre las áreas de aplicación siguientes: finanzas, costos, tesorería, sistema de proyectos, workflow, soluciones industriales, recursos humanos, mantenimiento en la planta, administración de la calidad, planeación de la producción, manejo de materiales, ventas y distribución. En la presente tesis de investigación nos vamos a enfocar en su módulo de Mantenimiento (PM).

Gráfico 2.2. Módulos de SAP R/3

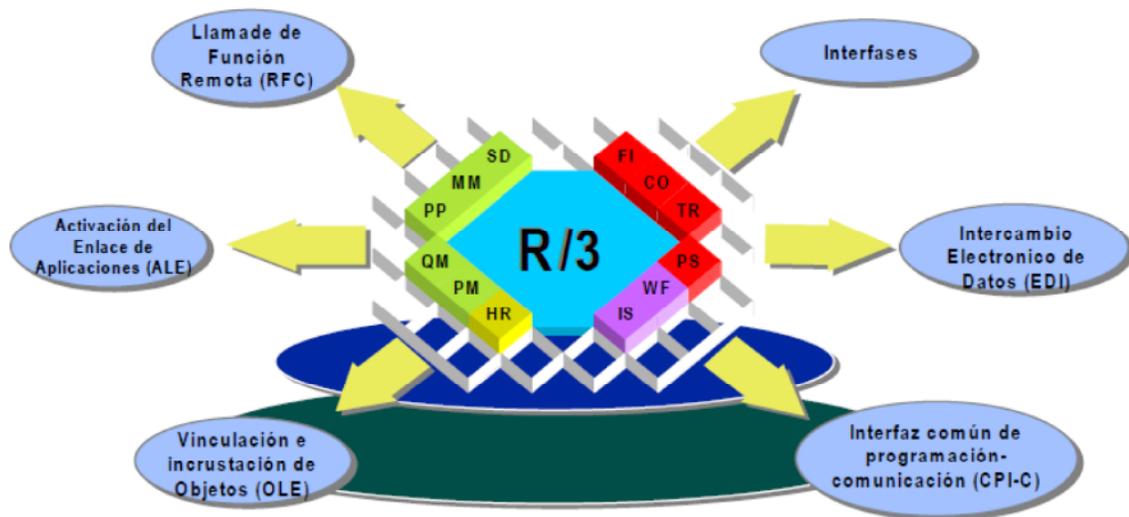


Fuente: Deloitte Consulting. Implantación de SAP R/3

“Todas las instalaciones de R/3 incluyen un conjunto de componentes que forman el corazón del sistema; se identifica con el R/3 sistema base, el cual proporciona las herramientas para construir un paquete de programas que se ajusten exactamente a los requerimientos de una empresa y que se pueden cambiar con el desarrollo de la compañía.”¹⁰

El sistema R/3 asegura la portabilidad mediante la utilización de estándares industriales para interfaces que permiten la concurrencia de aplicaciones, datos e interfaces de usuarios. De este modo, el sistema dispone de la capacidad para funcionar con diferentes sistemas operativos, bases de datos y redes. El Sistema R/3 utiliza estándares industriales de sistemas abiertos como TCP/IP, EDI, OLE y interfaces abiertas.

Gráfico 2.3. El sistema SAP R/3 como sistema abierto



Fuente: ASAP World Consultancy

¹⁰Blain, Jonathan; ASAP World Consultancy op. cit. p. 77

1.6. Elementos que conforman el Sistema SAP R/3 Módulo de Mantenimiento

1.6.1. Datos Maestros

Es el conjunto de datos requeridos en el Sistema SAP, para dar soporte a la Gestión de Mantenimiento. Se clasifican en Datos Organizacionales y Datos Técnicos.

a) Datos Organizacionales

Centro de Emplazamiento

Grupo de Planificación

Áreas de Empresa

Centro de Costo

Elemento PEP

b) Datos Técnicos

Puesto de Trabajo

Ubicación Técnica

Equipo

Medios Auxiliares de Fabricación (MAF)

Puntos de Medida

1.6.2. Hojas de Ruta

Las hojas de ruta corresponden a los estándares de mantenimiento, en donde se integran la secuencia de actividades y recursos necesarios para ejecutar el mantenimiento a un objeto técnico. *“Se usan las hojas de ruta para estandarizar estas secuencias de trabajo de repetición y planificarlas con mayor eficacia.”*¹¹

¹¹ SAP Mantenimiento, Hojas de Ruta Disponible en:

http://help.sap.com/saphelp_470/helpdata/es/c0/04c7e84ebb11d189110000e8322f96/content.htm

Consultado el 10 de Noviembre 2012

Describen un grupo de actividades u operaciones de mantenimiento, en secuencia y/o en paralelo, asociándoles duración (tiempos estimados), componentes (Materiales o partes y repuestos), puestos de trabajo (responsables de la ejecución del trabajo), y/o servicios, que han de realizarse sobre un objeto técnico (Ubicación técnica y/o equipo) a mantener.

Se usan las hojas de ruta para estandarizar estas secuencias de trabajo de repetición y planificarlas con mayor eficacia. Muchos fabricantes suministran sus objetos técnicos junto con hojas de ruta para mantenimiento. Sin embargo las Hojas de Ruta se crean a menudo en la misma empresa a partir de la experiencia de los mantenimientos.

Las hojas de ruta ayudan a reducir el esfuerzo de mantenimiento cuando las secuencias de trabajo estandarizadas se modifican. El elemento central del Mantenimiento Preventivo corresponde a las hojas de Ruta.

Las Hojas de Ruta contienen la descripción de operaciones, los tiempos estimados para llevarlas a cabo, los componentes/repuestos (cuando aplique) y la frecuencia con la cual deben ser ejecutadas (paquetes de mantenimiento), esta frecuencia puede estar basada en días calendario (semanas, meses, años) o en función de la actividad del equipo (horas de operación, kilómetros recorridos, cantidad producida).

a) Aplicación de las Hojas de Ruta

Estandarizar procesos de trabajos repetitivos, permitiendo apoyar la gestión de planificar, en términos de eficiencia y tiempo.

Planes de Mantenimiento y en la creación de órdenes de Mantenimiento.

b) Tipos de hoja de Ruta

i. Hoja de Ruta Instrucciones

Son hojas de ruta que se utilizan para realizar instrucciones de mantenimiento. No hacen referencia a ningún objeto técnico en concreto.

Para crear una hoja de ruta se debe asignar un código externo para el grupo de hojas de ruta, este puede contener varias instrucciones de mantenimiento.

ii. Hoja de Ruta Ubicaciones Técnicas

Una hoja de ruta para ubicación técnica se asigna a una ubicación técnica específica. Mediante una hoja de ruta de ubicación técnica, podrá definir y gestionar de forma centralizada las actividades de mantenimiento de su ubicación técnica. Las hojas de ruta para ubicación técnica forman parte de los planes y órdenes de mantenimiento para ubicaciones técnicas.

*“Las hojas de ruta para ubicación técnica están específicamente enlazadas con una ubicación técnica”.*¹²

iii. Hoja de Ruta Equipo

Las hojas de ruta para equipo tienen un enlace específico con un equipo. Mediante las hojas de ruta para equipos, podrá definir y gestionar de forma centralizada las actividades de mantenimiento de sus equipos. Las hojas de ruta para equipo forman parte de los planes y órdenes de mantenimiento.

1.6.3. Plan de Mantenimiento

Es el conjunto de acciones realizadas a un objeto técnico con el fin de asegurar su disponibilidad en un periodo determinado.

¹² SAP Mantenimiento, Hojas de Ruta para Mantenimiento Disponible en:

http://help.sap.com/saphelp_40b/helpdata/es/3c/abb131413911d1893d0000e8323c4f/content.htm

Consultado el 10 de Noviembre 2012

1.6.4. Tipos de Planes de Mantenimiento

Plan de Ciclo Individual

Son aquellos planes que están basados en ciclos de mantenimiento, para ejecutar las acciones de mantenimiento sobre un objeto técnico.

Plan por Estrategia

Son aquellos planes que están basados en estrategias de mantenimiento para ejecutar las acciones de mantenimiento sobre un objeto técnico.

Plan de Mantenimiento Múltiple

Son aquellos planes que están basados en un set de ciclos, para ejecutar las acciones de mantenimiento sobre un objeto técnico.

1.6.5. Programación de Mantenimiento

El sistema calcula automáticamente la fecha prevista para una o más posiciones de mantenimiento, según los parámetros de programación y de los paquetes de mantenimiento obteniendo la toma respectiva. El sistema asigna estatus a la (s) toma (s) de mantenimiento, estos son: En espera y Tomado.

1.6.6. Órdenes de Mantenimiento

Es un recolector de costo de los recursos necesarios para una determinada intervención de mantenimiento a un objeto técnico y permite planificar las tareas y logística, asociadas a esta actividad.

*“Además, la orden de mantenimiento (orden PM) es un medio de documentar el trabajo de mantenimiento.”*¹³

¹³ SAP Mantenimiento, Órdenes de Mantenimiento Disponible en:

http://help.sap.com/saphelp_40b/helpdata/es/2d/35224a448c11d189420000e829fbbd/content.htm

Consultado el 11 de Noviembre 2012

Funciones de las Órdenes de Mantenimiento

Programar medidas para uno o más objetos técnicos.

Describir las medidas que se llevarán a cabo en detalle.

Especificar los centros o emplazamientos en los que se llevarán a cabo las medidas.

Describir las operaciones individuales que se llevarán a cabo en detalle, especificar el tiempo de ejecución planificado y el número de personas que intervendrán.

Planificar materiales utilizando listas de materiales específicas del objeto, si es preciso.

Especificar las normas de liquidación.

Incluir hojas de ruta en la orden de mantenimiento para ayudar a preparar la medida de mantenimiento.

Planificar las medidas que llevarán a cabo los ejecutores del mantenimiento.

Ejecutar tomas de material planificadas o no planificadas desde el almacén de la orden.

Introducir notificaciones que documenten el progreso del trabajo.

Liquidar los costos resultantes de una medida de mantenimiento en: un centro de costo, un proyecto, en otra orden.

Tipos de Órdenes de Mantenimiento

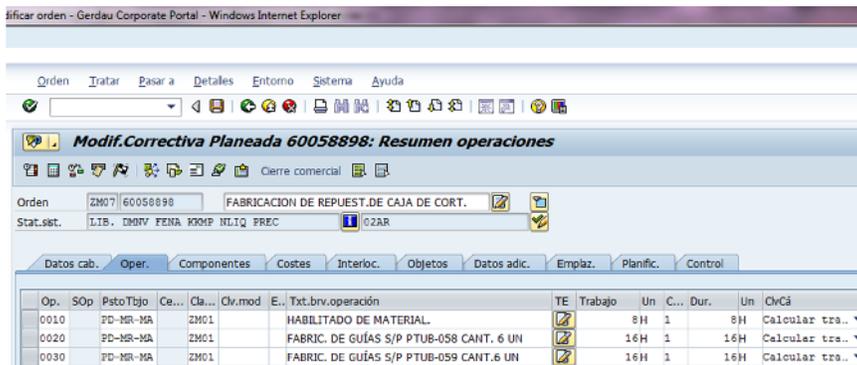
i. Orden Correctiva No Planeada

Ésta orden de Trabajo es el documento principal de Mantenimiento para registrar la ejecución del trabajo. Ésta contendrá toda la información necesaria cuando se ha llevado a cabo la reparación. Son órdenes de emergencia, se realizan después que se ha ejecutado un trabajo de mantenimiento de emergencia.

ii. Orden Correctiva Planeada

Ésta orden de Trabajo trata del planeamiento y programación de las actividades que eliminan las anomalía, fallas y roturas detectadas por las inspecciones formales o informales, como también tendencias de mantenimientos correctivos ejecutados y que serán realizadas durante la parada programada o cuando sea posible durante la operación.

Gráfico 2.4. Orden Correctiva Planeada SAP



The screenshot shows the SAP PM module interface for a Planned Corrective Order (60058898). The order is titled 'Modif. Correctiva Planeada 60058898: Resumen operaciones'. The order number is 2M07|60058898 and the description is 'FABRICACION DE REPUEST.DE CAJA DE CORT.'. The status is 'LIB.' and the plant is '02AR'. The table below lists the operations:

Op.	SOp	Psto/Tbjo	Ce...	Cl...	Cv.mod	E...	Txt.br.v.operación	TE	Trabajo	Un	C...	Dur.	Un	OrCá
0010		PD-MR-MA		ZM01			HABILITADO DE MATERIAL.			8H	1		8H	Calcular tra...
0020		PD-MR-MA		ZM01			FABRIC. DE GUÍAS S/P PTUB-058 CANT. 6 UN			16H	1		16H	Calcular tra...
0030		PD-MR-MA		ZM01			FABRIC. DE GUÍAS S/P PTUB-059 CANT.6 UN			16H	1		16H	Calcular tra...

Fuente: Sistema SAP Módulo PM

iii. Orden Preventiva

Esta orden trata las actividades de inspección periódicas formales que tienen la función de identificar anomalías antes que pueda tornarse en una falla. Estas inspecciones hacen parte de los planes de inspección preventiva y son gestionados en el SAP-PM. Con el ciclo semanal son solicitadas al sistema las órdenes de trabajo para ejecución de las inspecciones preventivas.

iv. Orden Predictiva

Estas órdenes tratan las actividades de seguimiento periódico o continuo de la condición de un equipo a través de un análisis de los parámetros que nos indica el momento óptimo de intervención, eliminando paradas inesperadas. Estos parámetros son acompañados a lo largo del tiempo y nos permite la evaluación de tendencias que pueden predecir la ocurrencia de una falla.

2. BASES TEÓRICAS

En los últimos años, el mantenimiento industrial ha evolucionado de manera sorprendente, debido a los nuevos requerimientos de la industria en cuanto a calidad, seguridad, costo y efectividad del mantenimiento. Al estar en auge los avances de las ciencias administrativas, planteando nuevos paradigmas y metodologías para desarrollar efectivamente la administración, los gerentes de mantenimiento han tenido que aprender a combinar estos elementos administrativos con los principios de la ingeniería aplicada, en aras de alcanzar los objetivos de la manera más satisfactoria. Sin embargo, la enorme cantidad de propuestas, hace que en algunos casos no pueda llevarse a cabo la completa aplicación de una metodología, lo cual hace que se intente con una y otra según sea el impacto que haya alcanzado en el medio. Esta tesis busca la aplicación práctica de sus principios en el problema de desarrollar una metodología eficiente para administrar el mantenimiento industrial.

2.1. Administración del Mantenimiento Antiguos y Nuevos Paradigmas

Hace ya tiempo que casi todo lo que se publica sobre temas de la Gestión está dominado por el argumento de cambio. Se exhorta a todas las disciplinas a adaptarse a cambios en organización. Tal vez donde esto se percibe con mayor extensión y profundidad es en el campo de la administración de los activos físicos. *“Una característica impactante de este fenómeno es la cantidad de cambios que han ocurrido simultáneamente. Algunos han ocurrido a nivel estratégico, casi filosófico, mientras otros son más tácticos o técnicos en su naturaleza.”*¹⁴

¹⁴ Mantenimiento, el Nuevo Paradigma Disponible en:

http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos_rcm_archivos/rcm%20Moubray.pdf

Consultado el 12 de Noviembre 2012

Presentamos una tabla de los antiguos y nuevos paradigmas del Mantenimiento:

Tabla II-1. Antiguos y Nuevos Paradigmas Administración del Mantenimiento

ANTIGUOS Y NUEVOS PARADIGMAS GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	
ANTIGUO	NUEVO
1.El principal objetivo del mantenimiento es optimizar la disponibilidad de los equipos al mínimo costo	El mantenimiento afecta todos los aspectos del negocio y no solo disponibilidad y costos, afecta también a la seguridad, la integridad ambiental, la eficiencia energética y calidad de productos
2.El mantenimiento tiene que ver con preservar los activos físicos	El mantenimiento tiene que ver con preservar las funciones de los activos físicos
3.La mayoría de los equipos tiende a fallar más en la medida que se ponen viejos	La mayoría de las fallas no ocurren con mayor frecuencia, en la medida que los equipos son más viejos
4.El mantenimiento proactivo tiene que ver con prevenir fallas	El mantenimiento proactivo tiene que ver con evitar, eliminar o minimizar las consecuencias
5.Para la mayoría de los activos físicos se pueden desarrollar programas de mantenimiento genéricos	Los programas de mantenimiento genéricos son solamente aplicables en equipos con igual contexto operativo, funciones y estándares de rendimientos
6.Se debe tener disponibilidad de información de fallas antes de desarrollar estrategias de mantenimiento exitosas	Casi siempre es necesario tomar decisiones en el entorno de mantenimiento, con información de tasas de fallas inadecuadas

7. Se puede eliminar la posibilidad de fallas proporcionando protección adecuada	Como las protecciones también pueden fallar, el riesgo asociado a los Sistemas de protección, también debe ser administrado
8. Hay tres tipos de mantenimiento: productivo, preventivo y correctivo	Existen cuatro tipos de mantenimiento: predictivo, preventivo, detectivo (proactivo) y correctivo
9. La frecuencia de actividades de mantenimiento predictivo deben programarse de acuerdo a la frecuencia de falla y/o a la criticidad del componente	Las frecuencias de las actividades de mantenimiento predictivo deben basarse en los períodos de desarrollo de las fallas (intervalos de falla o intervalos P-F)
10. Las políticas de mantenimiento deben ser definidas por gerentes y los programas de mantenimiento estructurados por especialistas calificados	Las políticas de mantenimiento deben ser formuladas por las personas con la mayor cercanía a los activos a mantener. La administración debe proveer las herramientas para ayudar a estos a tomar las decisiones correctas y asegurar que las decisiones sean razonables y defendibles
11. El departamento de mantenimiento puede desarrollar por sí solo un programa de mantenimiento exitoso	Solamente los mantenedores, en forma conjunta con los operadores de los activos, pueden desarrollar un plan de mantenimiento exitoso y duradero

Fuente: Administración del Mantenimiento Antiguos y Nuevos Paradigmas¹⁵

¹⁵ Administración del Mantenimiento, Antiguos y Nuevos Paradigmas. Disponible en:

<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/admtnmto.htm>

Consultado el 12 de Noviembre 2012

2.2. Gestión del Mantenimiento

La época actual, debido a las consideraciones demandadas por el mercado, se encuentra en un estado de transición en la que la Excelencia es considerada parte del producto, por ello sería inconcebible que el Mantenimiento, siendo función importante de apoyo a la Producción, y por ende parte de la Organización Empresarial, no la tuviera.

Eventualmente, las Empresas tienen latente el reto de cómo mejorar sus actividades de Gestión del Mantenimiento para ser más sostenibles. Es importante recordar que la sostenibilidad incorpora dos factores: el ambiente y la subsistencia de la Organización, aunado al indisociable compromiso social.

Los informes de gestión de Mantenimiento son *“para facilitar la evaluación de las actividades del mantenimiento, permitir tomar decisiones y establecer metas, deben ser creados informes concisos y específicos formados por tablas de índices, algunos de los cuales deben ir acompañados de sus respectivos gráficos, proyectados para un fácil análisis y adecuado a cada nivel de gestión.”*¹⁶

Cada Empresa tiene características particulares, que demandan acciones prioritarias en distintas áreas como los inventarios de materiales y de medios específicos (para el desarrollo de los trabajos como las herramientas, instrumentos de medida, entre otros), además, de la capacitación de recursos humanos y el desarrollo de los programas de mantenimiento, con el fin de reducir las restricciones que optimizan la Gestión.

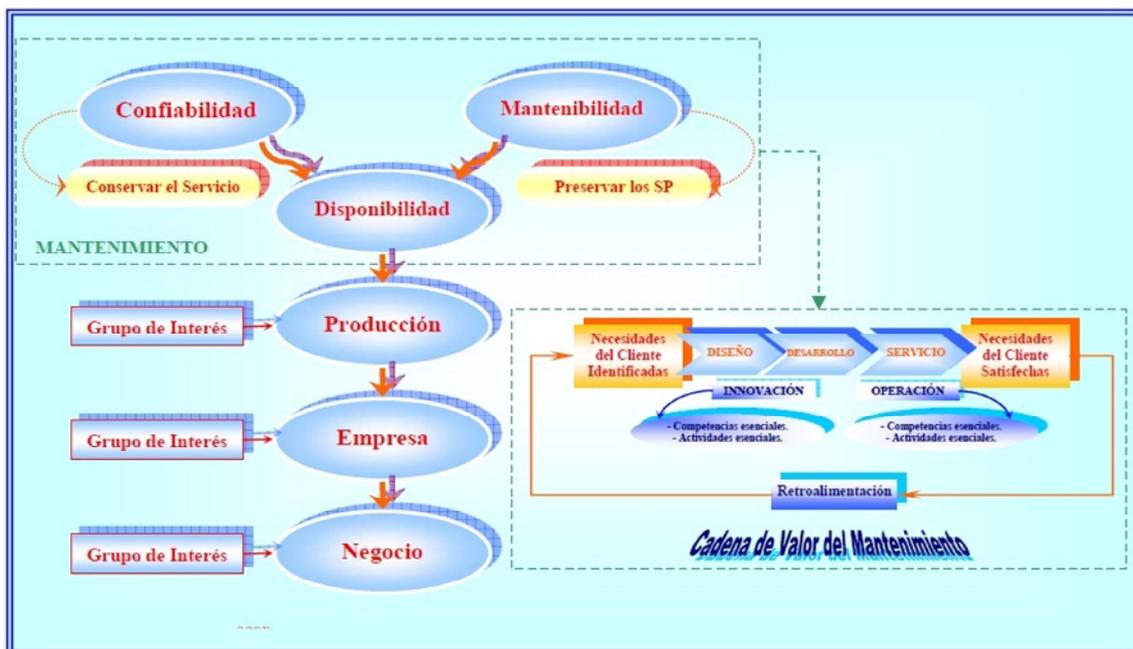
Lo anterior da lugar a establecer la Gestión del Mantenimiento como parámetro de referencia para evaluar, a través, de la supervisión de: la planificación, ejecución y control, el conjunto de actividades propias de la función, que permiten el uso

¹⁶ Lourival, Augusto op. cit. p. 52

efectivo y eficaz de los recursos con que cuenta la Organización, para alcanzar los objetivos que satisfacen los requerimientos de los diferentes grupos de interés, cuyo objetivo básico consiste en incrementar la disponibilidad de los activos, para ser competitivo, logrando que funcionen de forma eficiente y confiable dentro de un contexto de operación.

Actualmente a nivel mundial, el mantenimiento como estructura de apoyo, ocupa un lugar importante dentro de las organizaciones, y es visto como pieza fundamental, dada la beligerancia de los cambios tecnológicos, a la competitividad entre las empresas, sus efectos en los costos de manufactura debido a la producción de desperdicios de los recursos.

Gráfico 2.5. Concepto Actual de Mantenimiento



Fuente: Gestión del Mantenimiento F. Becerra ¹⁷

¹⁷ Gestión del Mantenimiento, Mantenimiento Mundial. Disponible en:

<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/GestionBecerra.pdf>

Consultado el 12 de Noviembre 2012

2.3. Situación Existente del Mantenimiento Actual

Las Empresas se encuentran hoy, abarrotadas de una gran cantidad de métodos de mantenimiento que se usan indiscriminadamente, como una panacea (el remedio para todos los males), por el deseo de no quedarse atrás y estar dentro de las corrientes de pensamiento actual, tomando la forma de los bienes que se pone a la 'moda' utilizándolas como fin y no como medio para alcanzar Excelencia. Estos métodos poseen una metodología específica de implementación que requiere de un conocimiento profundo para lograr desarrollarlas con éxito. Además, cabe destacar que aún existentes Empresas que se apoyan en viejos paradigmas de mantenimiento, y otras que ni siquiera poseen una dirección sólida de Gestión de Mantenimiento.

2.4. Estrategias de Mantenimiento

En este sentido, para que la Gestión sea efectiva y eficiente, es necesario plantear estrategias en el Mantenimiento bajo la consideración, como aspecto básico para la selección del tipo de tácticas de mantenimiento, las características de las fallas. Asimismo, las tácticas deben obedecer a los siguientes principios filosóficos:

2.5. Mantenimiento Correctivo

Se realiza cuándo el equipo es incapaz de seguir operando, es decir, es la intervención cuando los componentes están fallando o han fallado, no teniendo en cuenta intervalos de tiempo, así que la ocurrencia puede ser en cualquier momento (o instante) de tiempo por lo que se deben definir tolerancias de riesgos (incertidumbre), además, requiere de la coordinación de esfuerzos para determinar los recursos necesarios y contribuir a satisfacer la demanda de los trabajos de mantenimiento. Tiene dos dimensiones:

2.5.1. No Planeada o de Emergencia

Son las actividades que se realizan a priori, interrumpe todo lo que esta ejecutándose para atender con el mayor apremio la situación en el menor tiempo posible, pues, su omisión impacta negativamente a la Empresa.

2.5.2. Planeada

No modifica los planes de acción previamente establecidos, iniciándose después de haber concluido lo que esta realizándose, puede realizarse planearse en una fecha cercana antes de que ocurra la emergencia cuando se programe una parada de máquina.

2.6. Mantenimiento Preventivo

Es un mantenimiento totalmente planeado que implica la reparación o reemplazo de componentes a intervalos fijos, efectuándose para hacer frente a fallas potenciales, es decir, ejecuta acciones orientadas a dirimir las consecuencias originadas por condiciones físicas identificables, que están ocurriendo o podrían ocurrir y, conducirían a fallos funcionales de los equipos. Tiene dos dimensiones:

2.6.1. Con Base en las Condiciones

También se conoce con el nombre de mantenimiento predictivo, pues se sostiene en la vigilancia continuada de los parámetros clave que afectan el desempeño al degradar una condición establecida, indicando si algo está fallando. Se lleva a cabo a través de la captura de valores fuera de especificación mediante la sensibilidad, factor elemental en este tipo de mantenimiento, pues analiza los agentes que causan la degradación a nivel de: efectos dinámicos, efectos de partículas, efectos químicos, efectos físicos, efectos de temperatura y corrosión; captados por observación directa que incluyen los sentidos (que son imprecisos),

o bien, por técnicas avanzadas con tecnología de punta (poseen reducida versatilidad, pues con la alta tecnología se analiza sólo un tipo de efecto).

2.6.2. Con base en el uso o en el tiempo

También se conoce con el nombre de mantenimiento de pronóstico, se lleva a cabo de acuerdo al número de horas de funcionamiento establecidas en un calendario, previamente diseñado, con un alto nivel de planeación. Los procedimientos repetitivos, o como comúnmente se les llama “de rutina”, requieren establecer frecuencias que se ajusten a las necesidades, para ello, se necesitan conocimientos de la distribución de fallas o la confiabilidad del equipo.

2.7. Mantenimiento Detectivo o Inspección de Mantenimiento

Se lleva a cabo para verificar o detectar si el equipo está funcionando, a través, de los “chequeos funcionales” o “labores para encontrar fallas”. Basado en la búsqueda de fallas ocultas o no revelables (no identificadas), es imperioso hacer hincapié en el hecho de que las fallas ocultas afectan sólo a los dispositivos protectores (de vital importancia para la seguridad de los sistemas complejos y modernos). Implica el análisis de los modos de fallas, que indiquen hallazgos de síntomas señalando, a través de una demostración palpable, la presencia de problemas u oportunidades. La detección de fallas ocultas produce el Mantenimiento de Oportunidad, que se caracteriza por intervenir cuando surge la ocasión de mejorar un estado, usualmente, se presenta durante los paros generales programados de un sistema particular y, realiza tareas conocidas de mantenimiento.

Según el alcance de la intervención, de naturaleza técnica y/o económica, y de acuerdo a los enfoques de mantenimiento antes descritos, pueden ser de:

2.7.1. Reparación

Prescribe el restablecimiento de los equipos y/o sus componentes a un estado de “condición aceptable”, mediante un examen o inspección completa y exhaustiva que determine la ejecución de ajustes para continuar prestando un servicio.

2.7.2. Reemplazo

Implica sustituir el equipo o un componente, por otro nuevo o en “condición aceptable”, es decir, es la reposición, cambio o renovación de un equipo o componente que interfiera e influya negativamente en el flujo de una operación.

2.7.3. Modificación del Diseño

Se lleva a cabo para hacer que un equipo alcance una condición determinada, que sea aceptable en un momento para enfrentar un cambio de capacidad y/o fabricación. Implica el trabajo en equipo, es decir, requiere de la sinergia de varias unidades de la Organización, además introduce mejoras.

2.8. Técnicas de Mantenimiento

Hoy en día existen infinidad de diferentes herramientas, técnicas, metodologías y filosofías de mantenimiento. Algunas de las más utilizadas entre otras pueden ser:

Mantenimiento Autónomo / Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional (MCO)

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)// (MCC)

Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR)

Asset Integrity

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en Reversa (MCC-R)

Análisis Causa raíz (ACR)

Análisis de Criticidad (AC)

Optimización Costo Riesgo (OCR)

Inspección Basada en Riesgo (RBI)(IBR)

Simplificando, los métodos para mejorar la confiabilidad se podrían dividir en dos:

Métodos Proactivos: Buscan la mejora de la confiabilidad mediante la utilización de técnicas que permitan la paulatina eliminación de las fallas tanto crónicas como potenciales. Claros ejemplos son el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y el Mantenimiento Productivo Total.

Métodos Reactivos: Buscan de una manera rápida y eficaz la solución de problemas cotidianos y evitar repetición de eventos mayores. En líneas generales se trata de métodos sobre todo "postmortem". Actualmente su mejor exponente es el Análisis Causa Raíz.

Los dos sistemas aplicables de mantenimiento que están dando los resultados más eficaces para el logro de un rápido proceso de optimización industrial son el TPM (Mantenimiento Productivo Total), que busca el mejoramiento permanente de la Productividad Industrial con la participación de todos, y el RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad), que optimiza la implementación del Mantenimiento Preventivo, basado en la determinación de la confiabilidad de los equipos.

2.8.1. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

Esta técnica surge a finales de los años sesenta como respuesta al incremento de costos y actividades del mantenimiento de las aeronaves (básicamente preventivo). En esta industria demuestra ser muy valioso, no sólo bajando los costos y actividades de mantenimiento, sino que además mejora los niveles de confiabilidad, disponibilidad y seguridad. Estos éxitos lo hicieron apetecible a otras industrias, como la militar, petrolera y de generación de electricidad.

*“El RCM se implementa sobre la base de una serie de pasos muy planificados y relacionados. Primero hay que examinar bien las metas de productividad y de mejora que ha definido la dirección, para lo que se precisará una clara estrategia por parte de ésta sobre los principales parámetros a mejorar (costes, fiabilidades, etc.)”*¹⁸

RCM o Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad) se basa en analizar los fallos potenciales que puede tener una instalación, sus consecuencias y la forma de evitarlos. Fue documentado por primera vez en un informe escrito por F.S. Nowlan y H.F. Heap y publicado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América en 1978. Desde entonces, el RCM ha sido usado para diseñar el mantenimiento y la gestión de activos en todo tipo de actividad industrial y en prácticamente todos los países industrializados del mundo.

Como resultado de la demanda internacional por una norma que estableciera unos criterios mínimos para que un proceso de análisis de fallos pueda ser llamado “RCM” surgió en 1999 la norma SAE JA 1011 y en el año 2002 la norma SAE JA 1012. No intentan ser un manual ni una guía de procedimientos, sino que simplemente establecen, como se ha dicho, unos criterios que debe satisfacer una metodología para que pueda llamarse RCM.

Los dos objetivos fundamentales de la implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM en una planta industrial son aumentar la disponibilidad y disminuir costes de mantenimiento.

Bajo su enfoque tradicional resulta muy difícil de aplicar en grandes industrias debido a que no resuelve algunas interrogantes mayores como ¿Cuándo hacer el

¹⁸ Gonzáles, Francisco J. op. cit. p. 83

mantenimiento? y ¿Cómo generar una jerarquía de implantación?

Es una técnica bastante analítica, lo cual ha traído problemas de implantación, debido a que a veces resulta difícil pasar del papel a la realidad. Conduciendo esto a fuertes pérdidas de dinero y esfuerzos, degenerando al final en frustración de los equipos de trabajo.

La metodología para elaborar un Plan de Mantenimiento basado en RCM *“es una técnica más dentro de las posibilidades para elaborar un Plan de Mantenimiento que presenta unas ventajas importantes sobre otras técnicas.”*¹⁹

2.8.2. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El Mantenimiento Productivo Total es un nuevo enfoque administrativo de gestión del mantenimiento industrial, que permite establecer estrategias para el mejoramiento continuo de las capacidades y procesos actuales de la organización, para tener equipos de producción siempre listos.

La filosofía del Mantenimiento Productivo Total hace parte del enfoque Gerencial hacia la Calidad Total. Mientras la Calidad Total pasa de hacer énfasis en la inspección, a hacer énfasis en la prevención, el Mantenimiento Productivo Total pasa del énfasis en la simple reparación al énfasis en la prevención y predicción de las averías y del mantenimiento de las máquinas.

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema destinado a lograr la eliminación de las llamadas <seis grandes pérdidas> del proceso productivo, y con el objetivo de facilitar la implantación de la forma de trabajo “Just in Time” o “justo a tiempo”. Como ya se ha apuntado, el TPM es una filosofía de mantenimiento cuyo objetivo es eliminar las pérdidas en producción debidas al

¹⁹ García, Santiago G. op. cit. p. 37

estado de los equipos, o en otras palabras, mantener los equipos en disposición para producir a su capacidad máxima productos de la calidad esperada, sin paradas no programadas. Esto supone:

Cero averías.

Cero tiempos muertos.

Cero defectos achacables a un mal estado de los equipos.

Sin pérdidas de rendimiento o de capacidad productiva debidos al estado de los equipos.

Se entiende entonces perfectamente el nombre: mantenimiento productivo total, o mantenimiento que aporta una productividad máxima o total.

El mantenimiento ha sido visto tradicionalmente con una parte separada y externa al proceso productivo. TPM emergió como una necesidad de integrar el departamento de mantenimiento y el de operación o producción para mejorar la productividad y la disponibilidad. En una empresa en la que TPM se ha implantado toda la organización trabaja en el mantenimiento y en la mejora de los equipos..

a) Principios Fundamentales del TPM:

- i. Participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta. Incluir a todos y cada uno de ellos permite garantizar el éxito del objetivo.
- ii. Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de los equipos y maquinarias. Se busca la eficacia global.
- iii. Implantación de un sistema de gestión de las plantas productivas tal que se facilite la eliminación de las pérdidas antes de que se produzcan.

iv. Implantación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyado en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.

v. Aplicación de los sistemas de gestión de todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

En resumen, el TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas, que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

Difícil de aplicar en empresas de procesos, debido en muchos casos a lo ambiguo que resultan los conceptos de calidad y defectos, por otra parte el problema cultural puede entorpecer la implantación a niveles de frustración.

Donde se ha logrado su implantación exitosa, se han tenido grandes logros respecto a seguridad, ambiente, confiabilidad, disponibilidad y costos de mantenimiento. Tampoco responde a las interrogantes ¿Cuándo hacer el mantenimiento? y ¿Cómo generar una jerarquía de implantación?

2.8.3. Combinación TPM-RCM

En relación con el RCM, el libro de Tokutaru Suzuki: "TMP in Process Industries", publicado por el JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance) en el año 2000, menciona en forma muy clara que para hacer correctamente el TPM se requiere

aplicar técnicas de RCM como metodología para definir de manera precisa las estrategias de mantenimiento. La mayoría de teóricos del RCM no están de acuerdo con el planteamiento anterior, pero a su vez y en contraposición, plantean que dentro de la implementación de un sistema de Confiabilidad Operacional es fundamental incluir técnicas de aplicación del TPM, lo que ha dado origen a las nuevas teorías de Modelos Mixtos de Confiabilidad.

Existe una diferencia fundamental entre la filosofía del TPM y la del RCM: mientras que en la primera son las personas y la organización el centro del proceso, y es en estos dos factores en los que está basado, en el RCM el mantenimiento se basa en el análisis de fallos, y en las medidas preventivas que se adoptarán para evitarlos, y no tanto en las personas.

Sin embargo, TPM y RCM no son formas opuestas de dirigir el mantenimiento, sino que ambas conviven en la actualidad en muchas empresas. En algunas de ellas, RCM impulsa el mantenimiento, y con esta técnica se determinan las tareas a efectuar en los equipos; después, algunas de las tareas son transferidas a producción, en el marco de una política de implantación de TPM. En otras plantas, en cambio, es la filosofía TPM la que se impone, siendo RCM una herramienta más para la determinación de tareas y frecuencias en determinados equipos.

Por desgracia, en otras muchas empresas ninguna de las dos filosofías triunfa. El porcentaje de empresas que dedican todos sus esfuerzos a mantenimiento correctivo y que no se plantean si esa es la forma en la que se obtiene un máximo beneficio (objetivo último de la actividad empresarial) es muy alto. Son muchos los responsables de mantenimiento, tanto de empresas grandes como pequeñas, que creen que estas técnicas están muy bien en el campo teórico, pero que en su planta no son aplicables: parten de la idea de que la urgencia de las reparaciones

es la que marca y marcará siempre las pautas a seguir en el departamento de mantenimiento.

2.8.4. Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR)

A partir de los primeros años de la década de los 90, el Mantenimiento se contempla como una parte del concepto de **Calidad Total**: “Mediante una adecuada gestión del mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad al tiempo que se reducen los costos”. Es el **Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR)**: Se concibe el mantenimiento como un proceso de la empresa al que contribuyen también otros departamentos. Se identifica el mantenimiento como fuente de beneficios, frente al antiguo concepto de mantenimiento como "mal necesario". La posibilidad de que una máquina falle y las consecuencias asociadas para la empresa es un riesgo que hay que gestionar, teniendo como objetivo la disponibilidad necesaria en cada caso al mínimo coste.

Se requiere un cambio de mentalidad en las personas y se utilizan herramientas como:

Ingeniería del Riesgo (Determinar consecuencias de fallos que son aceptables o no).

Análisis de Fiabilidad (Identificar tareas preventivas factibles y rentables).

Mejora de la Mantenibilidad (Reducir tiempos y costes de mantenimiento).

Como técnica de análisis cuantitativa, basada en las finanzas, el MBR establece el valor relativo de varias tareas de mantenimiento y sirve como una herramienta para la mejora continua. MBR define oportunidades para una mejora paulatina, eliminando las tareas de menos valor e introduciendo las tareas que abordan las áreas comerciales de alto riesgo. El mantenimiento basado en el riesgo evalúa el

riesgo comercial actual y analiza los costos y beneficios de las acciones a tomar para mitigar las fallas.

2.8.5. Análisis Causa Raíz (ACR)

Técnica poderosa que permite la solución de problemas, con enfoque a corto y mediano plazo. Usa técnicas de investigación bastante exhaustivas, con la intención de eliminar las causas de los problemas/fallas. Su valor no sólo reside en la eliminación de grandes eventos, sino en la eliminación de los eventos crónicos, que tienden a devorar los recursos de mantenimiento. Al eliminar paulatinamente los problemas crónicos y pequeños, este genera tiempo para análisis más profundos (RCM, por ejemplo).

2.8.6. Mejora de la Confiabilidad Operacional (MCO)

El mejoramiento en la confiabilidad operacional desarrollada en U.K. con la intención de agrupar las mejores prácticas de mantenimiento y operaciones con una orientación al negocio. Reconoce las limitaciones que el mantenimiento como función tiene para lograr una confiabilidad adecuada de las instalaciones.

Considera la Confiabilidad Operacional integrada por los cuatro sectores siguientes:

Confiabilidad Humana.

Confiabilidad en Procesos.

Mantenibilidad Equipos.

Confiabilidad Equipos.

Para mejorar los 4 sectores nombrados, el MCO divide las técnicas de mejoramiento:

Diagnóstico: Aquí mediante uso de técnicas asociadas al manejo de riesgo se cuantifican las oportunidades a corto plazo (reactivas) y mediano largo plazo

(proactivas). Como resultado se obtiene implementación. Aquí se hace uso de herramientas de análisis de criticidad y de oportunidades perdidas (a modo de ejemplo), estas permiten establecer las oportunidades de mejoramiento y que herramientas de control podrían usarse para capitalizar las oportunidades halladas

Control: Aquí se usa el RCM+ (que combina algunas ventajas del TPM con el RCM) como técnica proactiva y el ACR como técnica reactiva, también se puede hacer uso del IBR para equipos estáticos. Como resultado se obtienen una serie de tareas de mantenimiento, operaciones, rediseño a ejecutar para mejorar el desempeño.

Estas técnicas de control por lo general son técnicas del tipo cualitativo y basadas en reglas fijas para la toma de decisión (por ejemplo: diagramas lógicos).

Optimización Aquí mediante el uso de herramientas avanzadas de cálculo costo riesgo se hallan los intervalos óptimos de mantenimiento, paradas de planta, inspecciones, etc.

Se trata de técnicas del tipo numérico e involucran el modelado de los equipos y/o sistemas.

Los resultados de implementar estas herramientas de esta manera son impresionantes en diversas industrias, logrando en algunos casos incluso la transformación de las empresas llevándolas a la implementación de Gerencia de Activos (Asset Management)

Grandes resultados se han encontrado en Centrales Eléctricas con la implantación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y con el Análisis Causa Raíz. Un requisito que no debe dejarse de cumplir es el establecimiento previo de prioridades antes de la ejecución de ambas técnicas (simultaneas). Se

han desarrollado herramientas como el análisis de criticidad y el análisis de oportunidades perdidas que pueden resolver dicha inquietud eficazmente.

Por otra parte normalmente ambas técnicas generarán soluciones que podrían ser agrupadas en:

Cambios de diseño.

Tareas preventivas.

Tareas de Inspección (Detección y Predicción).

Tareas correctivas.

La respuesta a cuando ejecutar dichas tareas no es simple, y en muchos casos no puede ser fijada por la ley del dedo. Grandes beneficios económicos han sido reportados con el uso de software, que pueden calcular el punto de ejecución con menor costo/riesgo posible para las tareas anteriores.

2.8.7. Inspección Basada en Riesgo (RBI)(IBR)

Un capítulo especial se abre con esta técnica, que establece patrones de inspección de equipos estáticos (calderas, líneas de transmisión, etc.) en función de su riesgo asociado, nuevas aproximaciones permiten usar software para tomar en cuenta también el estado actual del equipo, lo que desencadena una continua optimización por costo/riesgo y no una frecuencia de inspección fija. Los reportes económicos han sido cuantiosos, además de los beneficios por disponibilidad y producción. También es posible optimizar con este tipo de técnicas la frecuencia de búsqueda de fallas ocultas (pesquisa de fallas, mantenimiento detectivo), dejándose de usar entonces formulas mágicas que no generan una frecuencia óptima por costo/riesgo, pudiéndose simular factores como probabilidad de éxito de la prueba y probabilidad de destrucción.

2.9. Doctrinas de Mantenimiento

El Diccionario Enciclopédico Larousse (DEL, 1990:986) define doctrina de la siguiente forma: *“Enseñanza que se imparte para conocimiento de alguien. Ciencia o suma de conocimientos que alguien posee. Conjunto de ideas de un autor, escuela o secta.”*

El mantenimiento, sus enseñanzas, su práctica, aprendizaje y estilo en general tiene, en su forma de actuar, carácter de doctrina. Este carácter se diferencia de lo que sería un carácter político, en que lo político es la manera de aplicar una determinada doctrina, pero no la doctrina en sí misma. Como se ve el concepto que aportamos varía desde su base respecto de lo que hasta ahora se ha venido en llamar tipos o clases de mantenimiento.

“Las distintas doctrinas de mantenimiento tienen una manera peculiar de actuación y de concepción dependiendo de cómo son las acciones de mantenimiento que les son características” ²⁰. Por eso establecemos que hay distintas doctrinas de mantenimiento, y que cada una de ellas tiene una manera peculiar de proceder. Vamos a considerar tres clases de doctrinas de mantenimiento:

Doctrina de predicción.

Doctrina de prevención.

Doctrina de corrección.

2.9.1. Doctrina de Predicción

Es aquella que, mediante el estudio y el análisis, tiene por objeto intentar detectar precozmente los fallos, y no detener el sistema hasta que se encuentren datos

²⁰ Cabello Pérez, Juan op. cit. p. 67

objetivos que obliguen a ello. En definitiva se trata de calcular la velocidad de deterioro de los componentes de un sistema para que, de esa manera, no sea necesario parar su funcionamiento hasta que las componentes estén lo suficientemente deterioradas para ello.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente seríamos capaces de obtener el apoyo logístico necesario para rehabilitar el sistema en el menor tiempo posible, y detendríamos el sistema cuando más conviniese, dentro de unos límites de operación, a los objetivos de la organización que lo está utilizando.

Puede haber confusión en lo que es la doctrina de predicción que estamos desarrollando y, lo que a nuestro parecer y de forma inexacta, se denomina pronóstico y se utiliza como mantenimiento predictivo. Se asocia normalmente este concepto a la técnica de toma de vibraciones, a la de termografía, etc.

2.9.2. Doctrina de Prevención

Es aquella que, partiendo de los datos de diseño, de la fiabilidad, tiempo entre fallos del sistema, etc., prevé las acciones de mantenimiento necesarias que se deben aplicar antes de que el sistema falle por desgaste de los materiales que componen sus elementos, y de esta manera no se detenga el sistema de forma imprevista.

Hay que detener el funcionamiento del sistema de forma programada para evitar que surja la avería por desgaste del material, independientemente de que el sistema esté en buen uso o no. De esta manera, se debe tener almacenado el material necesario para efectuar las sustituciones especificadas con la consecuente inmovilización económica de material que esto supone.

Los sistemas se diseñan con unas especificaciones determinadas de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad. Estas condiciones de diseño son básicas para

determinar la prevención del fallo, teniendo en cuenta que antes de que el sistema llegue a las condiciones de desgaste anormal, la componente o pieza debe ser sustituida por otra nueva o regenerada a las condiciones iniciales de funcionamiento.

2.9.3. Doctrina de Corrección

Es aquella que se establece para el funcionamiento del sistema hasta que se produzca la avería. Una vez producida, se detiene el sistema y, con los acopios de recursos necesarios que dependen de la parte averiada, se acomete la rehabilitación del mismo de una forma programada que tiene en cuenta las condiciones de diseño previamente establecidas.

Conviene hacer la distinción entre lo que es una acción de mantenimiento de corrección o correctiva, y lo que comúnmente se ha venido llamando mantenimiento correctivo.

La acción de mantenimiento correctiva es aquella acción mediante la cual se regenera un sistema en el que se ha producido un fallo no previsto o incidental durante el funcionamiento. Por otro lado, lo que se suele llamar mantenimiento correctivo es la programación de acciones de mantenimiento para cuando suceda un fallo. Aparentemente parecen la misma cosa, pero no lo son.

Las acciones de mantenimiento en esta doctrina se caracterizan porque son realizadas cuando ocurre el fallo. En este fallo se desconoce la profundidad del mismo, y aunque estén programadas las acciones a llevar a cabo cuando ocurra, los recursos aplicables para subsanarlo son imprevisibles.

La organización para este tipo de doctrina suele requerir equipos con recursos multidisciplinarios para acometer acciones de mantenimiento correctoras en los sistemas que mantienen.

3. MARCO CONCEPTUAL

Una vez expuestos los conceptos y las definiciones en los precedentes capítulos, interesa conocer si las ideas que se han desarrollado pueden definir la investigación en mejorar la Planificación de Programación del Mantenimiento que existen en la realidad.

También puede ocurrir que se encontraran en la práctica aplicaciones indebidas o con conceptos anómalos respecto de los que se han expuesto en este trabajo de investigación, ello llevará a una discusión que permitirá que nos reafirmemos en las hipótesis planteadas.

Asumiendo para este estudio de investigación el concepto de *metodología*, se ha planteado a lo largo de los capítulos anteriores, un tratamiento doctrinal de los conceptos que defendemos en el ámbito del mantenimiento. Se ha ido estableciendo el marco teórico del estudio de investigación basado en la bibliografía existente de mantenimiento y de la disciplina de ingeniería de sistemas de los sistemas ERP y documentos de mantenimiento.

Por lo tanto de lo estudiado en el campo de Mantenimiento se ha elegido la técnica de Mantenimiento que es el Mantenimiento Basado en la confiabilidad (RCM) por aumentar la disponibilidad de los equipos y disminuir costes de mantenimiento, se basa en analizar los fallos potenciales que puede tener una instalación, sus consecuencias y la forma de evitarlos, esto se gestionará con el ERP SAP en su módulo PM, en la cual se diseñará Planes de Mantenimiento y su respectiva Programación.

Vamos a definir todos los términos básicos de lo que significa cada concepto descrito.

3.1. Definición de Términos Básicos

PM: Módulo SAP para Mantenimiento de la Planta que incluye todas las herramientas integradas y funciones requeridas para la gestión de recursos técnicos así como planificación y ejecución de mantenimiento.

Ubicación Técnica: Representa el lugar físico en el que se lleva a cabo la actividad de mantenimiento.

Equipo: Es un objeto físico e individual que debe ser mantenido como una unidad autónoma, normalmente puede ser instalado en una Ubicación Técnica. Se define y gestiona cada unidad de equipo en el Sistema de mantenimiento (PM) en un registro maestro separado y se puede fijar un historial de mantenimiento individual para cada equipo.

Componentes: Son los repuestos de reemplazo para el equipo que se encuentra bajo mantenimiento.

MAF:(Medios Auxiliares de Fabricación) son las herramientas, documentos, planos, tablas las cuales pueden ser utilizadas en ciertas tareas de mantenimiento como ayuda o soporte en las labores de mantenimiento.

Puntos de Medida: Son posiciones físicas de los equipos donde se encuentra un contador o un detector de cambio de estado. Las lecturas de estas posiciones se registran en el sistema mediante documentos de medición Ej. (Contadores, horómetros, cuentakilómetros etc.), los cuales sirven de parámetros para iniciar mantenimientos preventivos.

Puestos de Trabajo: Son un área espacial dentro de un sistema de trabajo. Un Puesto de Trabajo puede ser una máquina o un grupo de máquinas, así como una persona o un grupo de personas. Puestos de Trabajo se usan en mantenimiento como un recurso para asignar la ejecución de los trabajos a realizar.

Catálogos: Se utilizan en mantenimiento correctivo como medio para ubicar fácilmente una falla, la forma como se corrige y cual es el síntoma que se presenta en el equipo. De la misma manera sirven para alimentar a futuro el mantenimiento preventivo.

Grupo de Planificación: La persona o grupo responsables por la planeación y programación de las Órdenes de Trabajo.

Orden de Mantenimiento: Por veces, llamada solamente Orden. Es un documento SAP usado para planificar los detalles del trabajo a ser realizado tales como las partes responsables y el procedimiento, con actividades, tiempos, herramientas, servicios y repuestos.

Liberar Orden de Mantenimiento: Esto es: se generan las (reservas) de materiales al almacén o las (solicitudes de compra) de los materiales a suministros y la solicitud de servicio externo y proceder a realizar las solicitudes de servicios.

Notificar Orden de Mantenimiento: Donde se registran los tiempos de la mano de obra utilizada en la ejecución de los trabajos descritos en la orden.

Cierre Técnico Orden de Mantenimiento: Se confirman los tiempos utilizados en la ejecución del trabajo se complementa tanto el aviso como la orden.

Liquidación de Orden de Mantenimiento: Se asignan los valores en moneda nacional a los centros de costos afectados.

Estrategias de Mantenimiento: Son utilizadas para establecer las frecuencias en las cuales se realizarán trabajos. Además se establecen las dimensiones relacionadas con las frecuencias (Por ejemplo, basado en tiempo)

Paquetes de Mantenimiento: Son cada una de las frecuencias que se asignarán a las diferentes tareas de mantenimiento Ej. (Cada 3 meses revisar vías de escape, cada 6 meses cambiar el filtro de aire).

Hojas de Ruta: Se detallan los pasos a seguir para realizar las tareas de mantenimiento preventivo. Existen tres tipos de hojas de ruta: para instrucción (generales), para Equipos y para Ubicaciones Técnicas.

Posiciones de Mantenimiento: Son la forma de vincular las hojas de ruta a un objeto técnico (o varios, utilizando la lista de objetos). Ej. (Cambiar filtros a todas las bombas). Es como realizar una orden de mantenimiento con las actividades correspondientes a todas las frecuencias.

Plan de Mantenimiento: Es un grupo de posiciones de mantenimiento que serán programadas para la misma estrategia. Es generalmente creada para un área específica de la Planta o para un tipo específico de equipos. Ej. (Preventivo para acelerador o preventivo para todas las bombas).

Programación de los Planes: Podemos realizar una simulación de los trabajos que requiere la máquina de acuerdo con los plazos establecidos en la estrategia. La programación se puede ajustar de acuerdo con los requerimientos propios de cada Objeto Técnico. *“Se programa un plan de mantenimiento con el que el sistema crea objetos de toma de mantenimiento (por ejemplo, órdenes de mantenimiento o órdenes de servicio) para los ciclos definidos.”*²¹

²¹ Programación de un Plan de Mantenimiento. Disponible en:

http://help.sap.com/saphelp_470/helpdata/es/3c/abb350413911d1893d0000e8323c4f/content.htm

Consultado el 14 de Noviembre 2012

3.2. Definición de Indicadores

Se va a definir los siguientes indicadores de acuerdo a la operacionalización de variables que se tuvo.

3.2.1. Indicador de Cumplimiento de Planes de Mantenimiento Preventivo

Definición Conceptual: Mide el cumplimiento de los Planes de Mantenimiento de las Ubicaciones Técnicas a través del control del Cierre Técnico de las órdenes de Mantenimiento creadas por los Planes, para las Ubicaciones Técnicas en el sistema SAP/PM en un período i .

Definición Matemática:

$$ICPM = \frac{\sum_{i=1}^n OCT_i}{\sum_{i=1}^n OC_i} * 100$$

Donde:

ICPM: Indicador de Cumplimiento de los Planes de Mantenimiento.

OCT _{i} : Órdenes Cerradas Técnicamente para los Planes de Ubicaciones Técnicas en un período i .

OC _{i} : Órdenes Creadas para los Planes de Ubicaciones Técnicas en un período i .

Unidad de Medida

Porcentaje.

3.2.2. Indicador de Cumplimiento de Trabajos por Área

Definición Conceptual: Mide el cumplimiento de los Trabajos de Mantenimiento de las Ubicaciones Técnicas a través del control del Cierre Técnico de las órdenes de Mantenimiento creadas por las diferentes Plantas o Áreas de Trabajo, para las Ubicaciones Técnicas en el sistema SAP/PM en un período i .

Unidad de Medida

Porcentaje.

3.2.3. Indicador de Paradas de Producción debido a fallas por Mantenimiento Correctivo No Planeado

Definición Conceptual: Mide las Paradas de Producción por fallas de Mantenimiento Correctivo No Planeado de las Ubicaciones Técnicas a través de la cantidad de órdenes Correctivas No Planeadas generadas o creadas por las diferentes Plantas o Áreas de Trabajo, para las Ubicaciones Técnicas en el sistema SAP/PM en un período i.

Unidad de Medida

Porcentaje.

3.2.4. Indicador de Cumplimiento de Programa de Paradas Cíclicas por Área

Definición Conceptual: Mide el cumplimiento de las Paradas Programadas Cíclicas de Mantenimiento por Área a través del control del Cierre Técnico de las órdenes de Mantenimiento creadas por las diferentes Plantas o Áreas de Trabajo, para las Ubicaciones Técnicas en el sistema SAP/PM en un período i.

Unidad de Medida

Porcentaje.

3.2.5. Indicador de Cumplimiento de Rondas de Inspección por Área

Definición Conceptual: Mide el cumplimiento de las Rondas de Inspección de Mantenimiento por Área a través del control del Cierre Técnico de las órdenes de Mantenimiento creadas por las diferentes Plantas o Áreas de Trabajo, para las Ubicaciones Técnicas en el sistema SAP/PM en un período i.

Unidad de Medida

Porcentaje.

3.3. Reportes y Consideraciones de Gestión

A continuación se muestra los rangos que establecen la condición del indicador, para así poder determinar el porcentaje de cumplimiento de los indicadores.

Tabla II-2. Consideraciones de Gestión para la medición del Indicadores

CONDICIÓN	SIGNIFICADO	RANGO	JUSTIFICACION DE LOS RANGOS
Bajo Control 	El indicador está dentro de la meta establecida	$70\% \text{ Índice} \leq 100\%$	No
Fuera de Control 	El indicador está en valores aceptables	$50\% \leq \text{Índice} < 70\%$	Si
Fuera de Control Crítico 	El indicador está en niveles bajos	$\text{Índice} < 50\%$	Si

Fuente: Elaboración Propia

III. RESULTADOS

En el presente capítulo se muestra a detalle los resultados producto de haber efectuado el levantamiento de la información, tal como se describe en el capítulo anterior con el uso de la encuesta para determinar el grado de satisfacción del Usuario Final de Mantenimiento que interactúa con el Sistema SAP en la Empresa Siderúrgica del Perú, los mismos que se muestran a continuación en las siguientes gráficas.

1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

1.1. Descripción de Resultados Encuesta

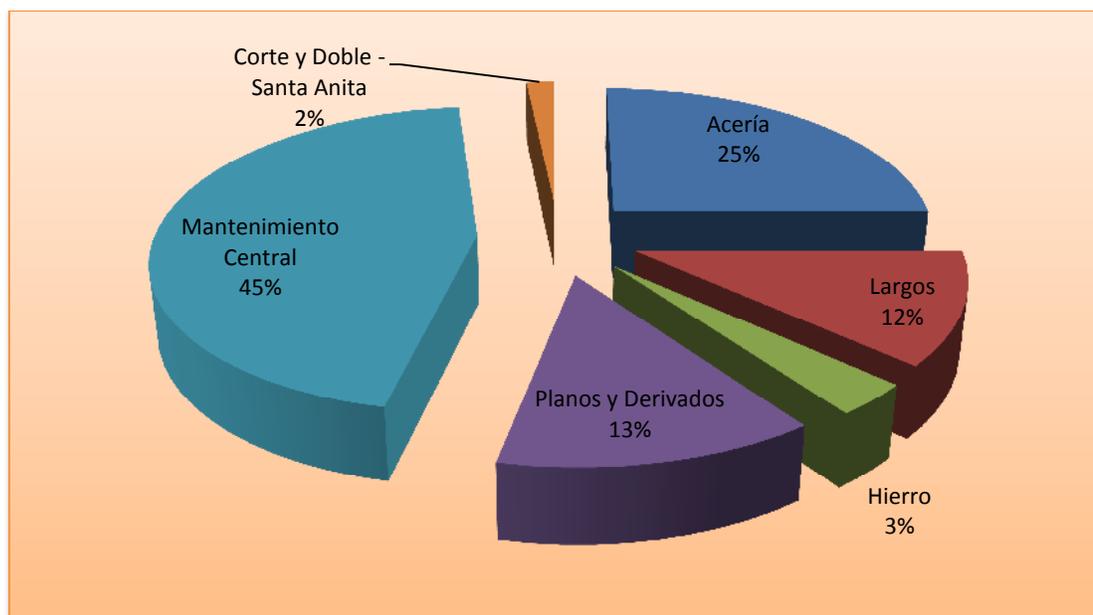
Tabla III-1: Área de Trabajo en Empresa Siderúrgica del Perú

	Pregunta	N° Personas	%
1	Por favor indique su Área de Trabajo	60	100%
	Acería	15	25%
	Largos	7	11.67%
	Hierro	2	3.33%
	Planos y Derivados	8	13.33%
	Mantenimiento Central	27	45%
	Corte y Doble - Santa Anita	1	1.67%

Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

Según se aprecia en la presente tabla el 45% de los encuestados pertenece al área de Mantenimiento Central, seguido de Acería con un 25% y en último lugar con una participación de 1.67% del Área de Corte y Doble.

Gráfico 3.1: Área de Trabajo en Empresa Siderúrgica del Perú



Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

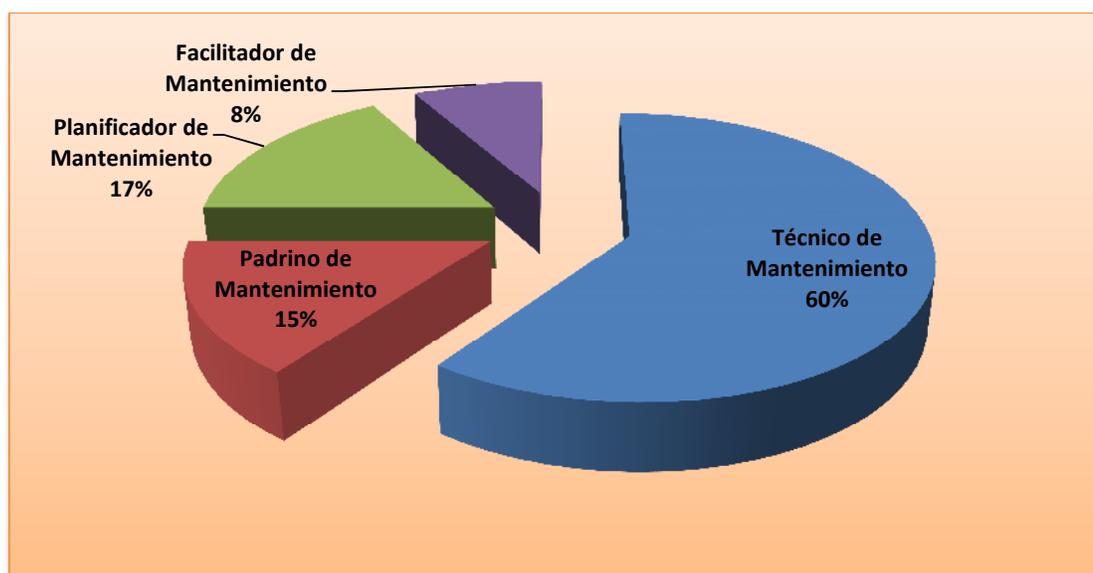
Tabla III-2: Puesto Funcional de Trabajo

Pregunta	N° Personas	%
2 Por favor indique su Puesto Funcional de Trabajo	60	100%
Técnico de Mantenimiento	36	60%
Padrino de Mantenimiento	9	15%
Planificador de Mantenimiento	10	16.67%
Facilitador de Mantenimiento	5	8.33%

Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

Según se aprecia en la presente tabla el 60% de los encuestados son Técnicos de Mantenimiento, seguido del Puesto de Planificador con un 16.67% y en último lugar con una participación de 8.33% el Puesto de Facilitador de Mantenimiento.

Gráfico 3.2: Puesto Funcional de Trabajo



Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

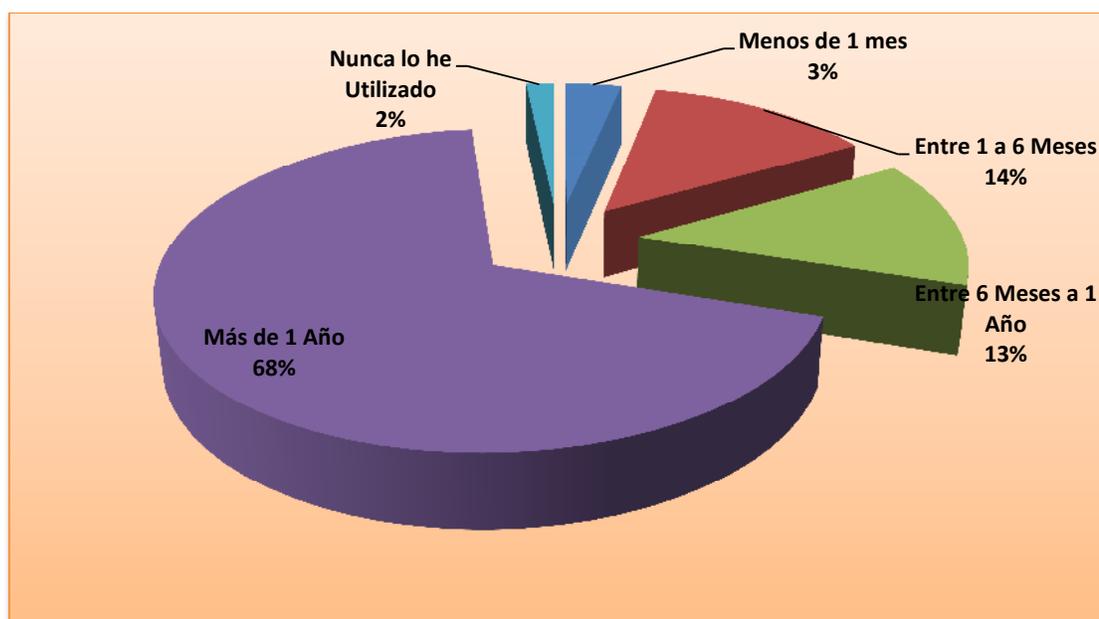
Tabla III-3: Tiempo de Uso del Sistema SAP

Pregunta	N° Personas	%
3 ¿Cuánto tiempo lleva utilizando el Sistema SAP?	60	100%
Menos de 1 mes	2	3.33%
Entre 1 a 6 Meses	8	13.33%
Entre 6 Meses a 1 Año	8	13.33%
Más de 1 Año	41	68.33%
Nunca lo he Utilizado	1	1.67%

Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

Según se aprecia en la presente tabla el 68.33% de los encuestados llevan utilizando el Sistema SAP más de un año, luego con un 13.33% están los que tienen entre 1 a 6 meses y 6 meses a 1 año y en último lugar con una participación de 1.67% que nunca ha utilizado el Sistema SAP.

Gráfico 3.3: Tiempo de Uso del Sistema SAP



Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-October 2013. Elaboración Propia.

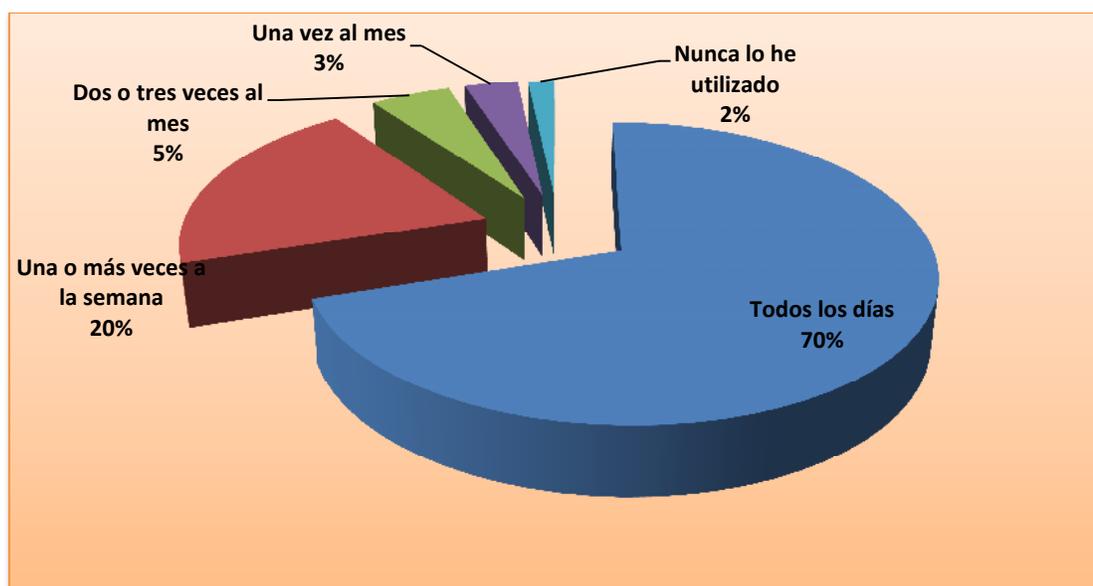
Tabla III-4: Frecuencia de Uso del Sistema SAP

	Pregunta	N° Personas	%
4	¿Con qué frecuencia utiliza el Sistema SAP?	60	100%
	Todos los días	42	70%
	Una o más veces a la semana	12	20%
	Dos o tres veces al mes	3	5%
	Una vez al mes	2	3.33%
	Nunca lo he utilizado	1	1.67%

Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-October 2013. Elaboración Propia.

Según se aprecia en la presente tabla el 70% de los encuestados utilizan el Sistema SAP todos los días, seguido de los que lo utilizan una o más veces por semana con un 20%; en último lugar con una participación de 1.67% que nunca ha utilizado el Sistema SAP.

Gráfico 3.4: Frecuencia de Uso del Sistema SAP



Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

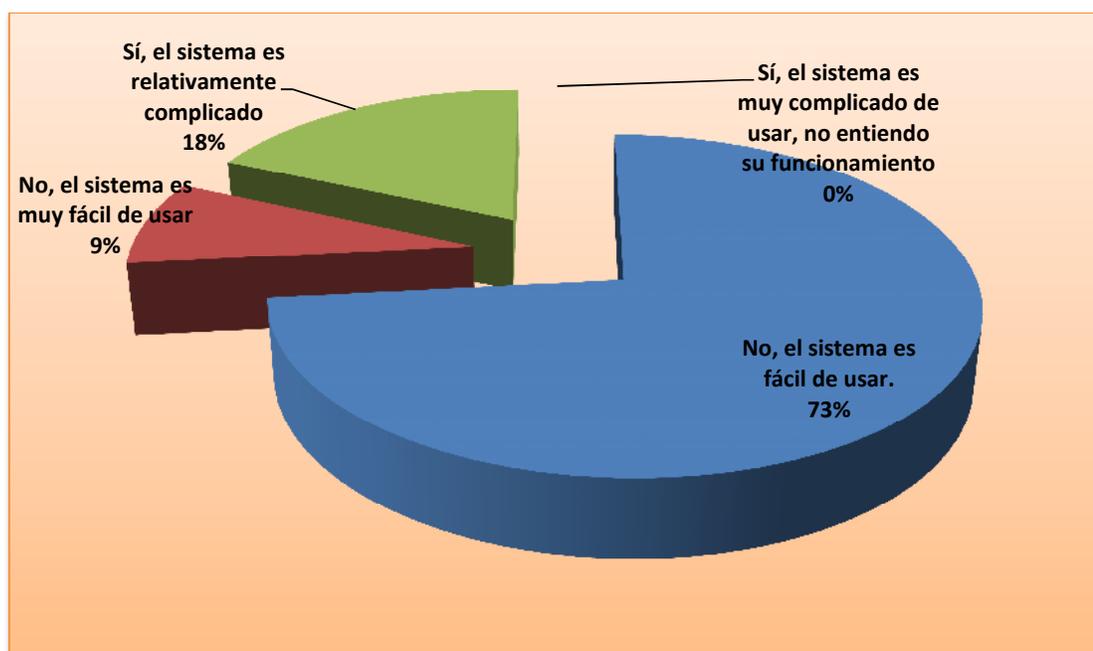
Tabla III-5: Problemas de Operación de Sistema SAP

	Pregunta	N° Personas	%
5	¿Tienes problemas en operar el sistema SAP?	60	100%
	No, el sistema es fácil de usar.	44	73.33%
	No, el sistema es muy fácil de usar	5	8.33%
	Sí, el sistema es relativamente complicado	11	18.33%
	Sí, el sistema es muy complicado de usar, no entiendo su funcionamiento	0	0%

Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

Según se aprecia en la presente tabla el 73.33% de los encuestados indican que el Sistema SAP es fácil de usar y el 8.33% indica que es muy fácil de usar, contra un 18.33% que indica que el Sistema es relativamente complicado.

Gráfico 3.5: Problemas de Operación de Sistema SAP



Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-October 2013. Elaboración Propia.

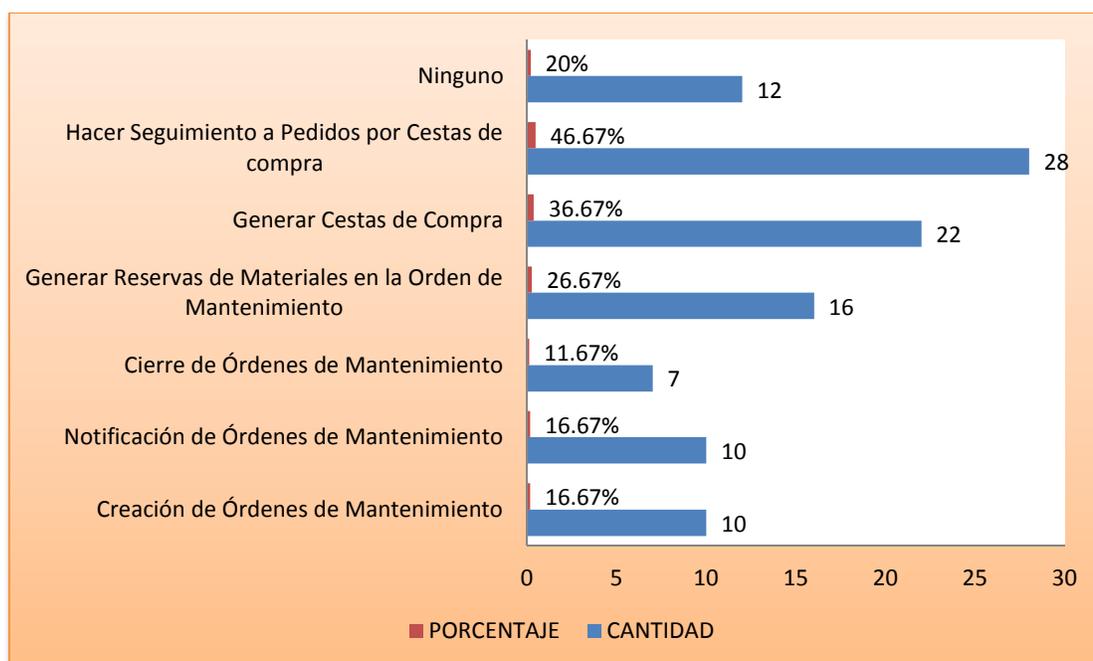
Tabla III-6: Aprendizaje y Dificultades para manejar el Sistema SAP

	Pregunta	N° Personas	%
6	¿Qué es lo que consideras te falta aprender o tienes dificultades para manejar el Sistema SAP?	60	100%
	Creación de Órdenes de Mantenimiento	10	16.67%
	Notificación de Órdenes de Mantenimiento	10	16.67%
	Cierre de Órdenes de Mantenimiento	7	11.67%
	Generar Reservas de Materiales en la Orden de Mantenimiento	16	26.67%
	Generar Cestas de Compra	22	36.67%
	Hacer Seguimiento a Pedidos por Cestas de compra	28	46.67%
	Ninguno	12	20%

Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-October 2013. Elaboración Propia.

Según se aprecia en la presente tabla el 46.67% no sabe hacer seguimiento a Cestas de compra, seguido del 36.67% que no sabe Generar Cestas de Compra, en un último lugar están los que no saben Cerrar órdenes de Mantenimiento con un 11.67%. Esta pregunta fue de opción múltiple el encuestado podía señalar varias opciones sobre cuál de las opciones tenía dificultad en manejar el Sistema.

Gráfico 3.6: Aprendizaje y Dificultades para manejar el Sistema SAP



Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

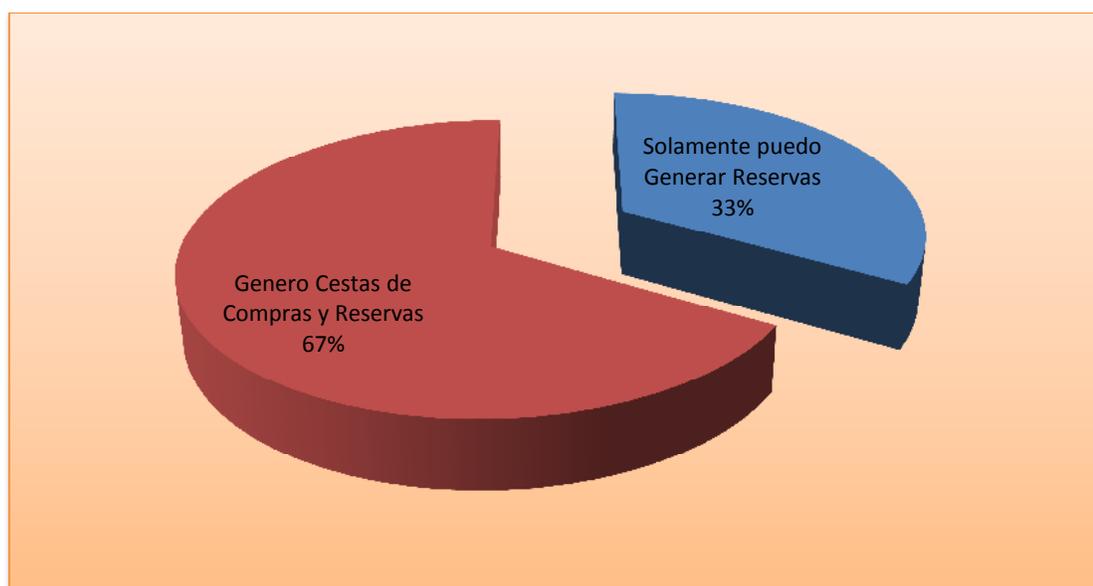
Tabla III-7: Grupos de Usuarios en SAP

Pregunta	N° Personas	%
¿En el SAP existen dos grupos de usuarios: Los que pueden Generar Reservas y Cestas de Compra y los que Solamente pueden Generar Reserva cuando hay Material en Stock de Almacén, a cuál de esos grupos pertenece usted?	60	100%
Solamente puedo Generar Reservas	20	33.33%
Genero Cestas de Compras y Reservas	40	66.67%

Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

Según se aprecia en la presente tabla el 66.67% pertenece al Grupo de Usuarios que pueden Generar Cestas de Compra y Generar Reservas, contra un 33.33% que solamente puede Generar Reservas.

Gráfico 3.7: Grupos de Usuarios en SAP



Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

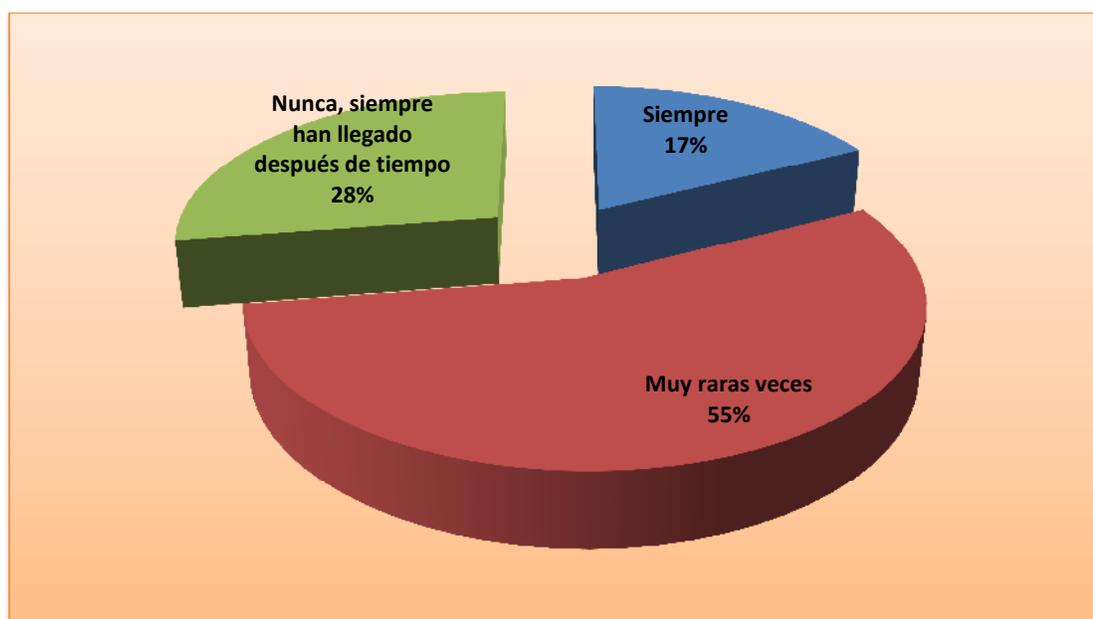
Tabla III-8: Atención de Cestas de Compra por Suministros

	Pregunta	N° Personas	%
8	¿Cuándo genera sus Cestas de Compra a través de una Orden de Mtto. sus requerimientos son atendidos en los tiempos establecidos por el área de Suministros	40	100%
	Siempre	7	17.5%
	Muy raras veces	22	55%
	Nunca, siempre han llegado después de tiempo	11	27.5%

Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

Según se aprecia en la presente tabla el 55% indica que el área de Suministros le atiende muy raras veces sus requerimientos, contra el 17.5% que indica que sus requerimientos son atendidos siempre. Esta pregunta solamente fue reedirigida a los que sólo Generaban Cestas de Compra que interactúan directamente con el Área de Suministros.

Gráfico 3.8: Atención de Cestas de Compra por Suministros



Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

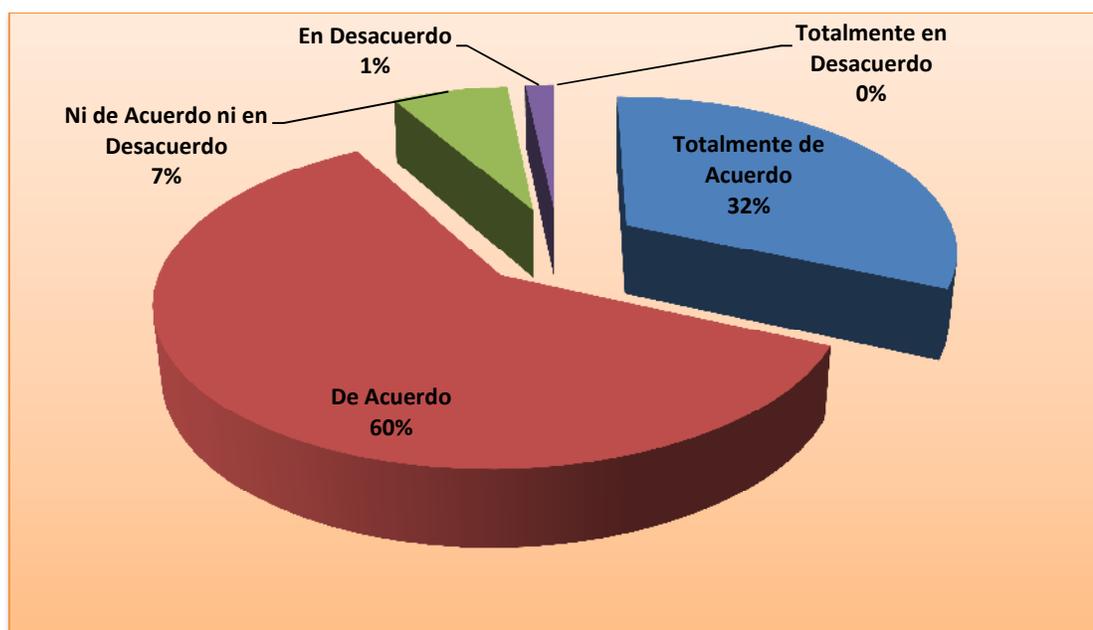
Tabla III-9: Facilidad de Trabajo con Sistema SAP

	Pregunta	N° Personas	%
9	¿Usted cree que el Sistema SAP le ha facilitado su labor?	60	100%
	Totalmente de Acuerdo	19	31.67%
	De Acuerdo	36	60%
	Ni de Acuerdo ni en Desacuerdo	4	6.67%
	En Desacuerdo	1	1.67%
	Totalmente en Desacuerdo	0	0%

Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

Según se aprecia en la presente tabla el 60% indica que está de acuerdo que el Sistema SAP le ha facilitado sus labor, unido al 31.67% que está totalmente de acuerdo seguido de un 6.67% que se mantiene neutral.

Gráfico 3.9: Facilidad de Trabajo con Sistema SAP



Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

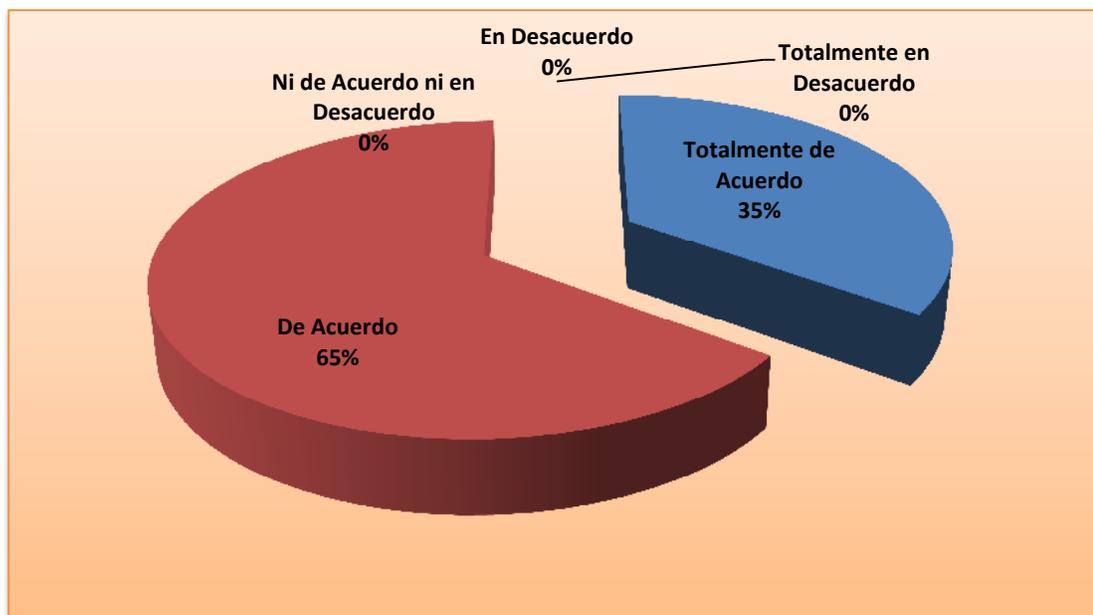
Tabla III-10: Recomendación de Uso de Sistema SAP a otras personas

	Pregunta	N° Personas	%
10	¿Recomendaría usted el uso del Sistema SAP a otras personas?	60	100%
	Totalmente de Acuerdo	21	35%
	De Acuerdo	39	65%
	Ni de Acuerdo ni en Desacuerdo	0	0%
	En Desacuerdo	0	0%
	Totalmente en Desacuerdo	0	0%

Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

Según se aprecia en la presente tabla el 65% indica que está de acuerdo que recomendaría el uso del Sistema SAP a otras personas unido al 35% que está totalmente de acuerdo.

Gráfico 3.10: Recomendación de Uso de Sistema SAP a otras personas



Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

Tabla III-11: Facilidad de Distribución de Costos de cada Ubicación Técnica con Sistema SAP

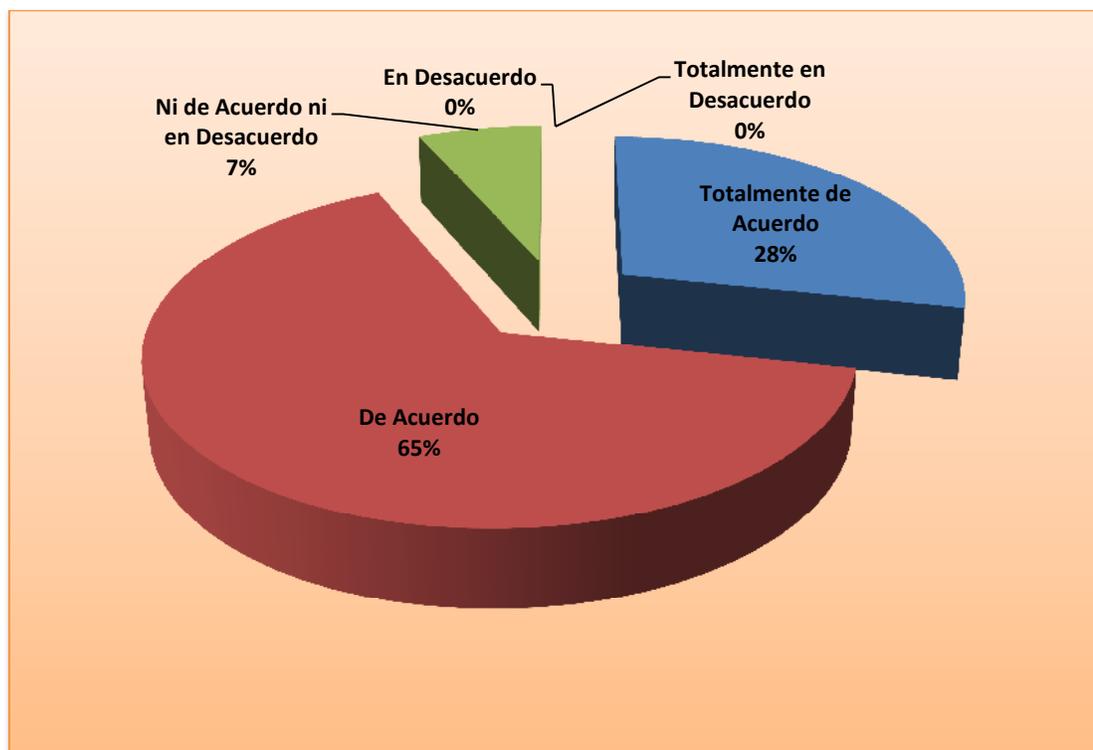
	Pregunta	N° Personas	%
11	¿Usted cree que el Sistema SAP ha ayudado en facilitar la Distribución de Costos de cada Ubicación Técnica en su Área de Producción?	60	100%
	Totalmente de Acuerdo	17	28.33%
	De Acuerdo	39	65%
	Ni de Acuerdo ni en Desacuerdo	4	6.67%
	En Desacuerdo	0	0%
	Totalmente en Desacuerdo	0	0%

Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

Según se aprecia en la presente tabla el 65% indica que está de acuerdo que el Sistema SAP ha ayudado a facilitar la Distribución de Costos de cada Ubicación Técnica unido al 28.33% que está totalmente de acuerdo y 6.67% que se mantiene neutral.

Gráfico 3.11: Facilidad de Distribución de Costos de cada Ubicación

Técnica con Sistema SAP



Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

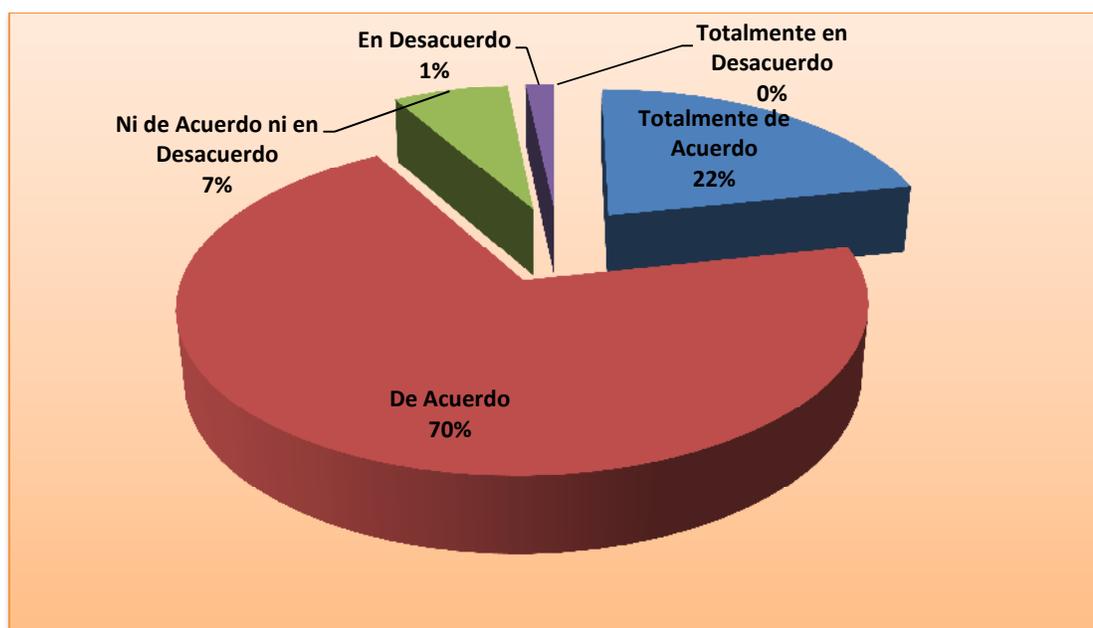
Tabla III-12: Mejora del Mantenimiento Preventivo con Sistema SAP

	Pregunta	N° Personas	%
12	¿Usted cree que el Sistema SAP ha ayudado en la Mejora del Mantenimiento Preventivo en su Área de Producción?	60	100%
	Totalmente de Acuerdo	13	21.67%
	De Acuerdo	42	70%
	Ni de Acuerdo ni en Desacuerdo	4	6.67%
	En Desacuerdo	1	1.67%
	Totalmente en Desacuerdo	0	0%

Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

Según se aprecia en la presente tabla el 70% indica que está de acuerdo que el Sistema SAP ha mejorado el Mantenimiento Preventivo unido al 21.67% que está totalmente de acuerdo y el 6.67% que se mantiene neutral.

Gráfico 3.12: Mejora del Mantenimiento Preventivo con Sistema SAP



Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

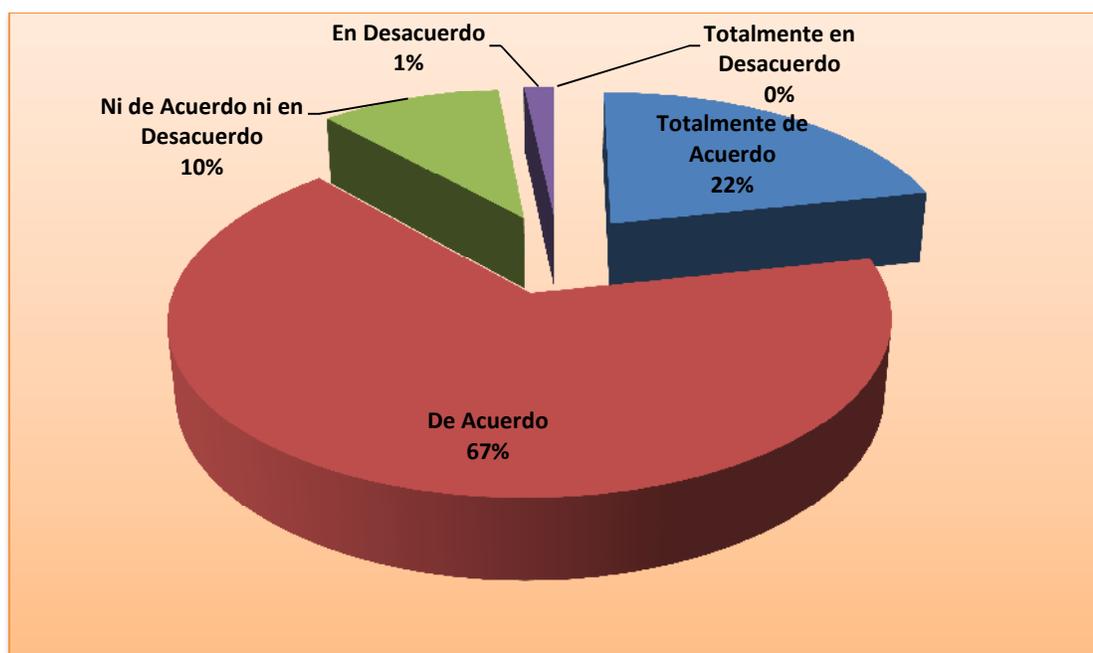
Tabla III-13: Mejora de Rondas de Inspección de Mtto. con Sistema SAP

	Pregunta	N° Personas	%
13	¿Usted cree que el Sistema SAP ha ayudado a Mejorar las Rondas de Inspección de Mantenimiento en su Área de Producción?	60	100%
	Totalmente de Acuerdo	13	21.67%
	De Acuerdo	40	66.67%
	Ni de Acuerdo ni en Desacuerdo	6	10%
	En Desacuerdo	1	1.67%
	Totalmente en Desacuerdo	0	0%

Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

Según se aprecia en la presente tabla el 66.67% indica que está de acuerdo que el Sistema SAP ha mejorado las Rondas de Inspección de Mantenimiento unido al 21.67% que está totalmente de acuerdo y el 10% que se mantiene neutral.

Gráfico 3.13: Mejora de Rondas de Inspección de Mtto. con Sistema SAP



Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

Tabla III-14: Mejora y Control de Paradas Programadas de Mtto. con SAP

	Pregunta	N° Personas	%
14	¿Usted cree que el Sistema SAP ha ayudado a Mejorar y Controlar las Paradas Programadas de Mantenimiento en su Área de Producción?	60	100%
	Totalmente de Acuerdo	8	13.33%
	De Acuerdo	48	80%
	Ni de Acuerdo ni en Desacuerdo	4	6.67%
	En Desacuerdo	0	0%
	Totalmente en Desacuerdo	0	0%

Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

Según se aprecia en la presente tabla el 80% indica que está de acuerdo que el Sistema SAP ha ayudado a mejorar y controlar las Paradas Programadas de Mantenimiento unido al 13.33% que está totalmente de acuerdo y el 6.67% que se mantiene neutral.

Gráfico 3.14: Mejora y Control de Paradas Programadas de Mtto. con SAP



Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

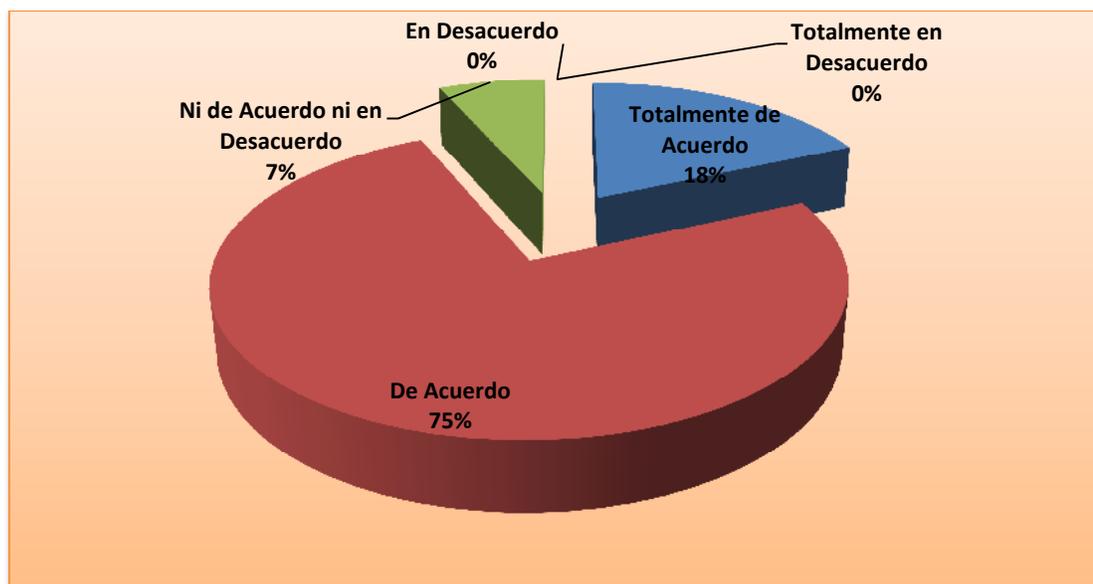
Tabla III-15: Generación de Órdenes de Mantenimiento con Sistema SAP

	Pregunta	N° Personas	%
15	¿Usted cree que el Sistema SAP ha ayudado a Ordenar los Trabajos a través de la Generación de Órdenes de Mantenimiento en su Área de Producción?	60	100%
	Totalmente de Acuerdo	11	18.33%
	De Acuerdo	45	75%
	Ni de Acuerdo ni en Desacuerdo	4	6.67%
	En Desacuerdo	0	0%
	Totalmente en Desacuerdo	0	0%

Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

Según se aprecia en la presente tabla el 75% indica que está de acuerdo que el Sistema SAP ha ayudado a ordenar los trabajos a través de generación de órdenes de mantenimiento unido al 18.33% que está totalmente de acuerdo y el 6.67% que se mantiene neutral.

Gráfico 3.15: Generación de Órdenes de Mantenimiento con Sistema SAP



Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

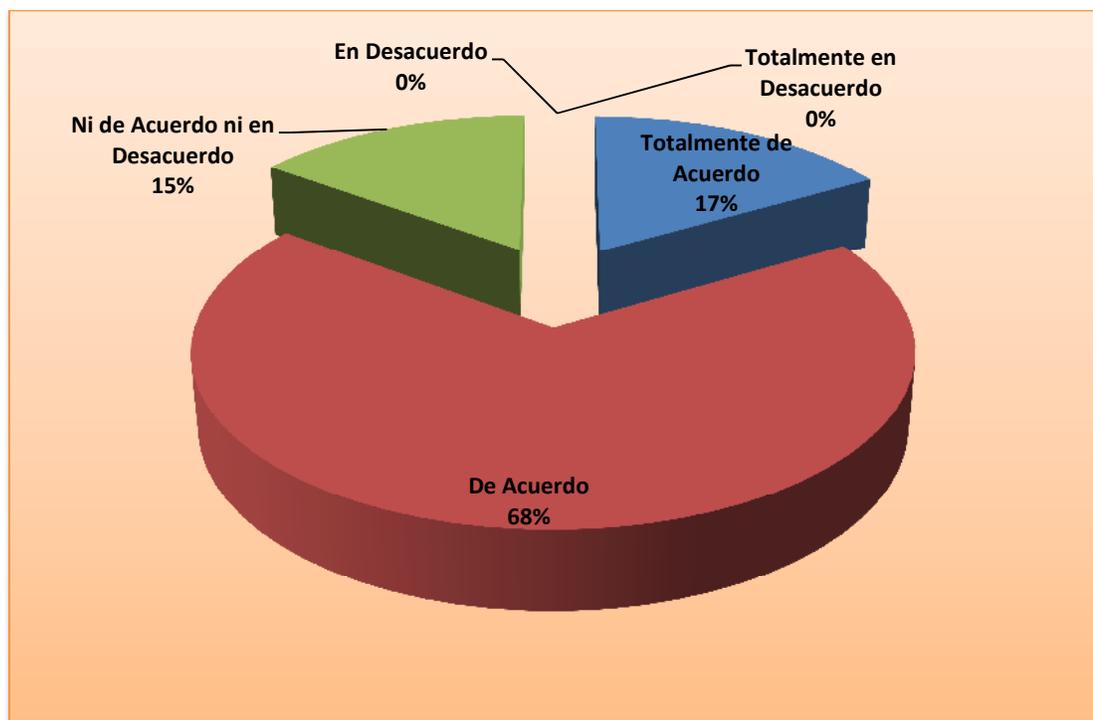
Tabla III-16: Control de Interrupciones de Mantenimiento No Planeadas a través de la Generación de Planes de Mantenimiento Preventivo con SAP

	Pregunta	N° Personas	%
16	¿Usted cree que el Sistema SAP ha ayudado a Controlar las Interrupciones de Mantenimiento No Planeadas a través de la Generación de Planes de Mantenimiento Preventivo en su Área de Producción?	60	100%
	Totalmente de Acuerdo	10	16.67%
	De Acuerdo	41	68.33%
	Ni de Acuerdo ni en Desacuerdo	9	15%
	En Desacuerdo	0	0%
	Totalmente en Desacuerdo	0	0%

Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

Según se aprecia en la presente tabla el 68.33% indica que está de acuerdo que el Sistema SAP ha ayudado a controlar las Interrupciones de Mantenimiento No Planeadas a través de la generación de Planes de Mantenimiento Preventivo unido al 16.67% que está totalmente de acuerdo y el 15% que se mantiene neutral.

Gráfico 3.16: Control de Interrupciones de Mantenimiento No Planeadas a través de la Generación de Planes de Mantenimiento Preventivo con SAP



Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

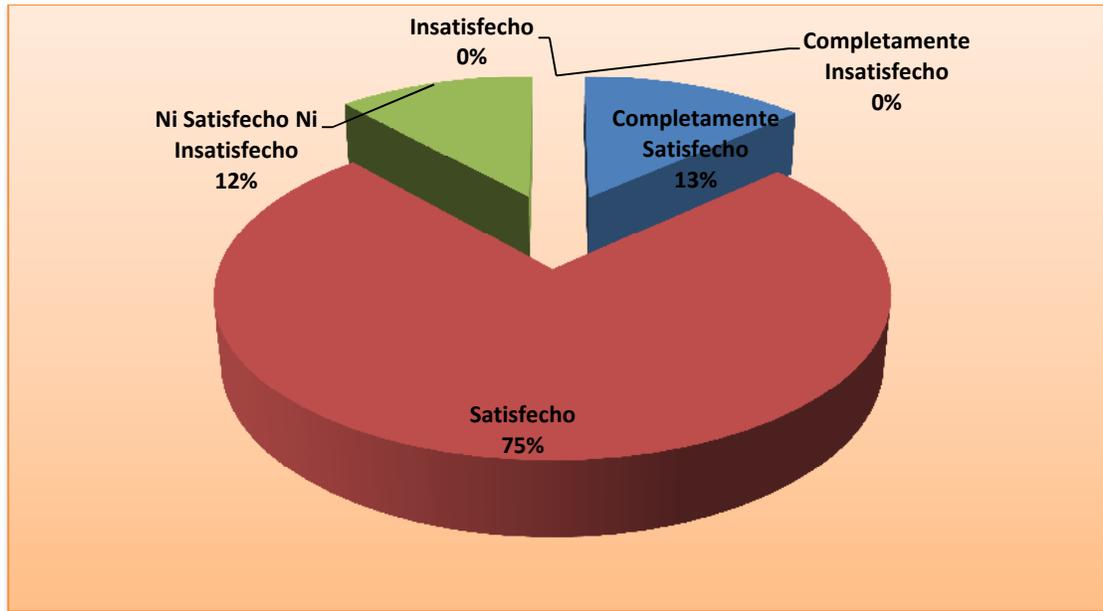
Tabla III-17: Grado de Satisfacción General con relación al Sistema SAP

	Pregunta	N° Personas	%
17	Por favor, indíquenos su grado de satisfacción general con relación al Sistema SAP	60	100%
	Completamente Satisfecho	8	13.33%
	Satisfecho	45	75%
	Ni Satisfecho Ni Insatisfecho	7	11.67%
	Insatisfecho	0	0%
	Completamente Insatisfecho	0	0%

Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

La última pregunta según se aprecia en la presente tabla el 75% indica que está satisfecho con el Sistema SAP unido al 13.37% que está completamente satisfecho y el 11.67% que se mantiene neutral.

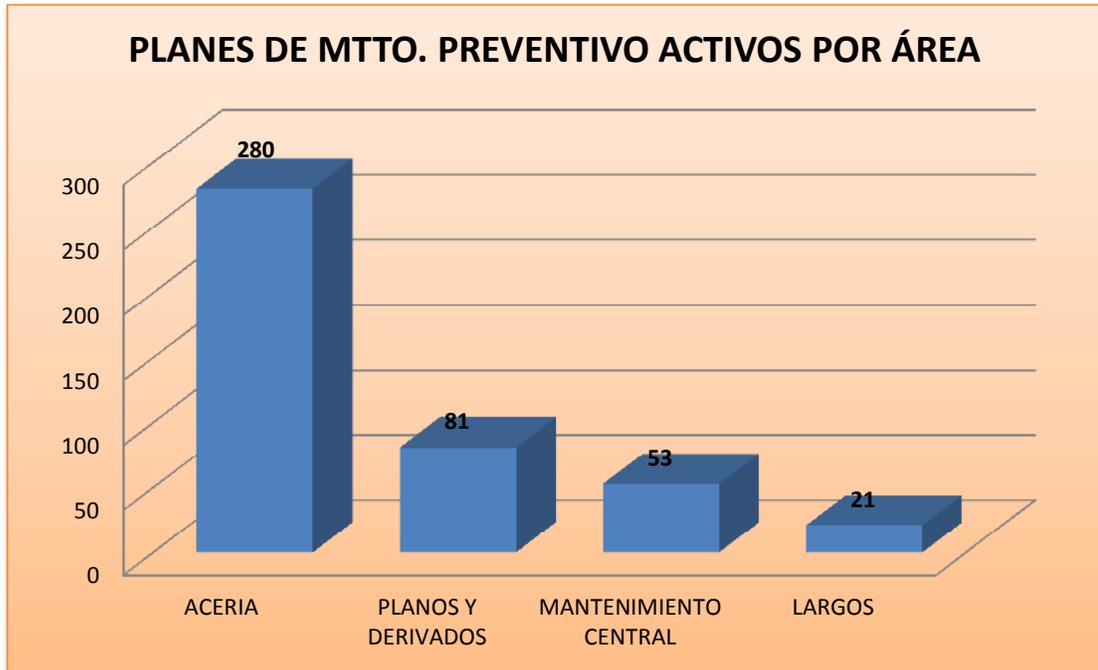
Gráfico 3.17: Grado de Satisfacción General con relación al Sistema SAP



Fuente: Encuesta Satisfacción de Uso de SAP PM Empresa Siderúrgica del Perú. Setiembre-Octubre 2013. Elaboración Propia.

1.2. Descripción de Resultados Base de Datos de SAP

Gráfico 3.18: Número de Planes de Mtto. Activos en Empresa Siderúrgica

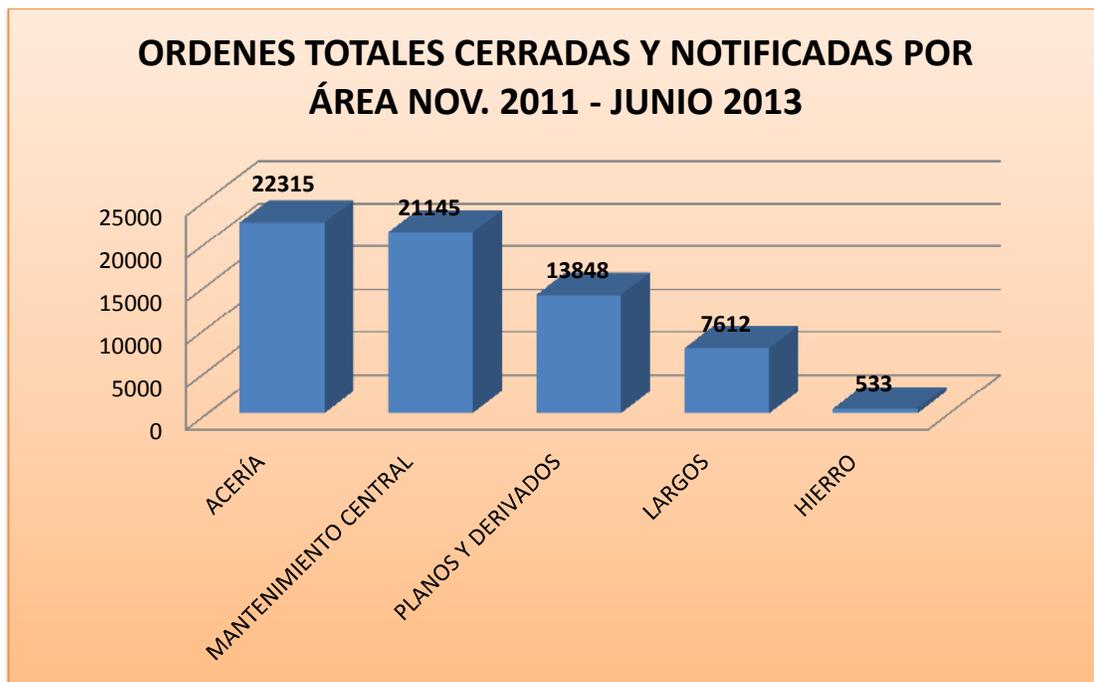


Fuente: Base de Datos SAP Empresa Siderúrgica del Perú

Elaboración Propia.

En el presente gráfico se observa que el Área de Acería tiene 280 Planes de Mantenimiento activo, seguido del área de Planos y Derivados con 81 Planes de Mtto.; luego Mantenimiento Central con 53 Planes y finalmente el Área de Largos con 21 Planes.

Gráfico 3.19: Número de Órdenes Totales Cerradas en Empresa Siderúrgica

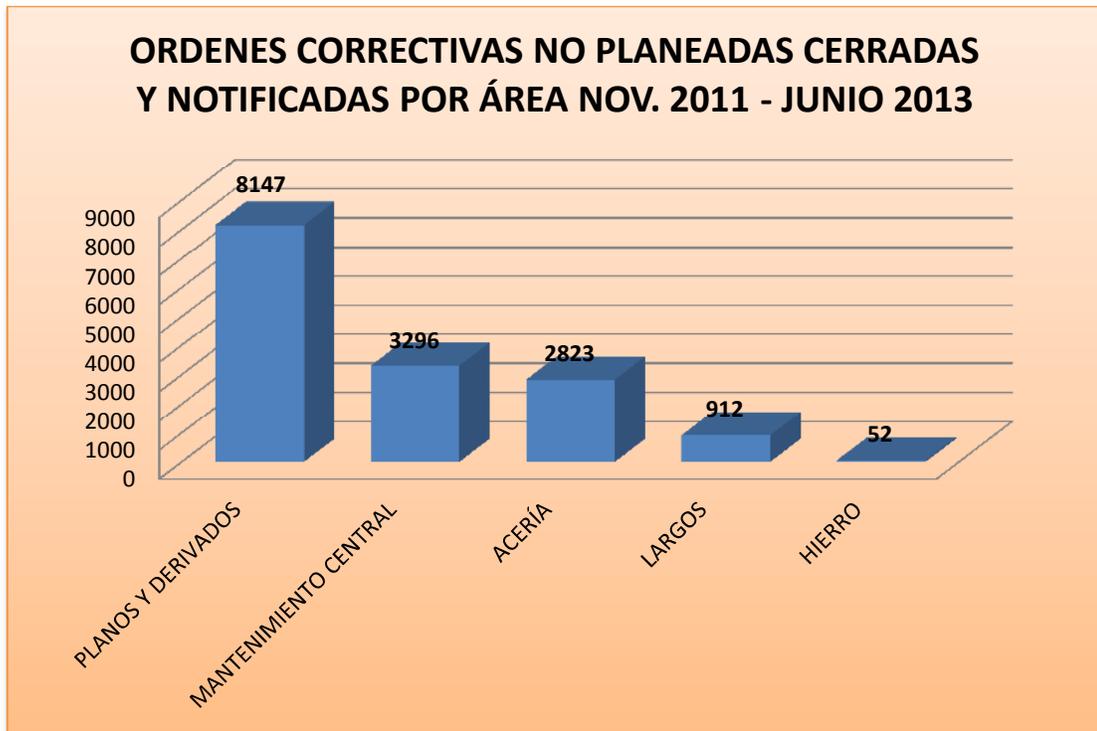


Fuente: Base de Datos SAP Empresa Siderúrgica del Perú

Elaboración Propia.

En el presente gráfico se observa que el Área de Acería tiene 22315 órdenes de Mto. Ejecutadas, seguido del área de Mantenimiento Central con 21145 órdenes ejecutadas; Planos y Derivados con 13848 órdenes ejecutadas; luego el Área de Largos con 7612 órdenes y finalmente el Área de Hierro con 533 órdenes ejecutadas.

Gráfico 3.20: Número de Órdenes Correctivas No Planeadas Cerradas en Empresa Siderúrgica del Perú

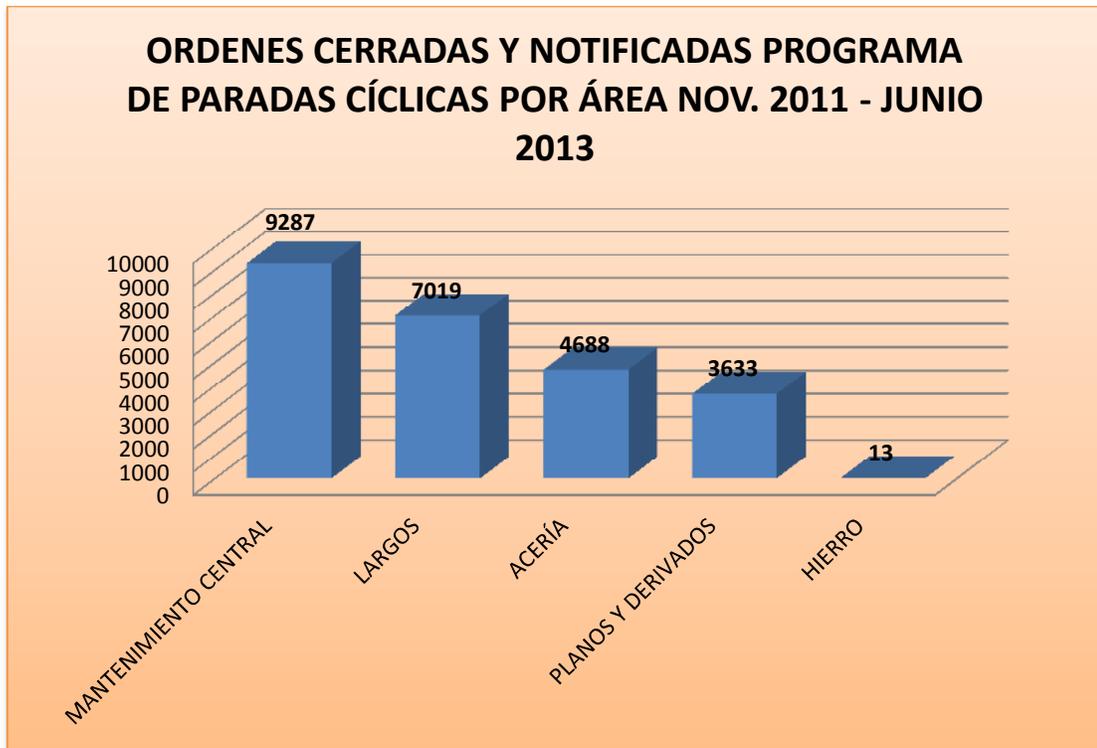


Fuente: Base de Datos SAP Empresa Siderúrgica del Perú

Elaboración Propia.

En el presente gráfico se observa que el Área de Planos y Derivados tiene 8147 órdenes Correctivas No Planeadas Ejecutadas, seguido del área de Mantenimiento Central con 3296 órdenes No Planeadas ejecutadas; el área de Acería con 2823 órdenes ejecutadas; luego el Área de Largos con 912 órdenes y finalmente el Área de Hierro con 52 órdenes ejecutadas.

Gráfico 3.21: Número de Órdenes Programadas en Paradas Cíclicas Cerradas en Empresa Siderúrgica del Perú

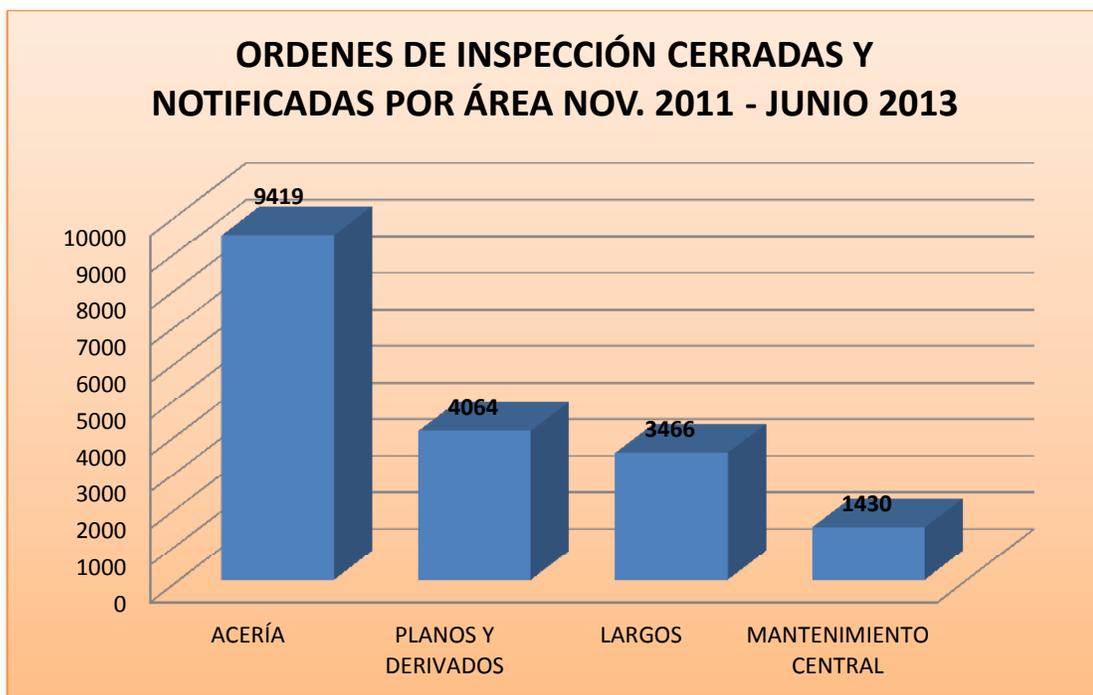


Fuente: Base de Datos SAP Empresa Siderúrgica del Perú

Elaboración Propia.

En el presente gráfico se observa que el Área de Mantenimiento Central tiene 9287 órdenes programadas para Paradas Cíclicas que han sido Ejecutadas, seguido del área de Largos con 7019 órdenes Programadas que han sido ejecutadas; el área de Acería con 4688 órdenes ejecutadas; luego el Área de Planos y Derivados con 3633 órdenes y finalmente el Área de Hierro con 13 órdenes ejecutadas.

Gráfico 3.22: Número de Órdenes de Inspección Cerradas en Empresa Siderúrgica del Perú

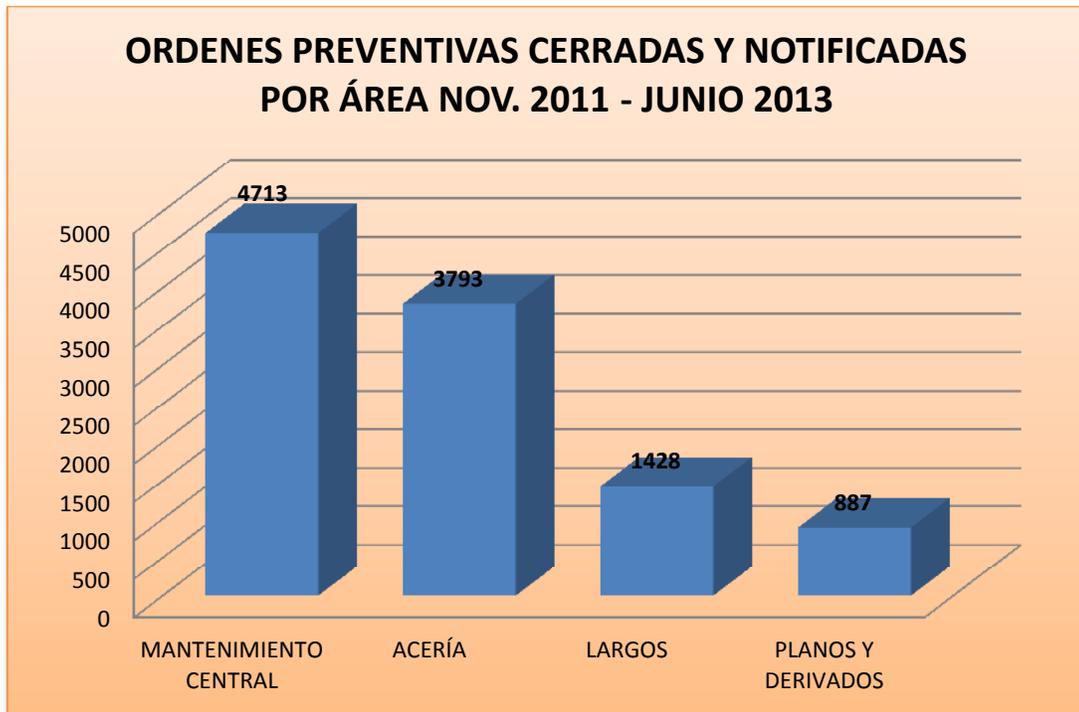


Fuente: Base de Datos SAP Empresa Siderúrgica del Perú

Elaboración Propia.

En el presente gráfico se observa que el Área de Acería tiene 9419 órdenes de Inspección que han sido Ejecutadas, seguido del área de Planos y Derivados con 4064 órdenes de Inspección que han sido ejecutadas; el área de Largos con 3466 órdenes ejecutadas; luego el Área de Mantenimiento Central con 1430 órdenes ejecutadas.

Gráfico 3.23: Número de Órdenes Preventivas Cerradas en Empresa Siderúrgica del Perú



Fuente: Base de Datos SAP Empresa Siderúrgica del Perú

Elaboración Propia.

En el presente gráfico se observa que el Área de Mantenimiento Central tiene 4713 órdenes Preventivas que han sido Ejecutadas, seguido del área Acería con 3793 órdenes Preventivas que han sido ejecutadas; el área de Largos con 1428 órdenes ejecutadas; luego el Área de Planos y Derivados con 887 órdenes ejecutadas.

1.3. Discusión de Resultados

Los resultados expuestos en el capítulo anterior nos da cuenta de las siguientes variables que debemos de Controlar para Mejorar la Gestión de Planificación y Programación del Mantenimiento.

- a. Se ha obtenido importantes resultados los cuales confirman que el Grado de Satisfacción del sistema ERP SAP en la Empresa Siderúrgica del Perú es positiva , se puede observar en el Gráfico 22 con un 88.33% (Entre Satisfecho y Muy Satisfecho); esto corrobora según el estudio de Angelo Benvenuto de la Universidad Concepción de Chile acerca de la Implantación de Sistemas ERP y su impacto con la Gestión de la Empresa mostrada en los Antecedentes de Estudio, sobre la Confiabilidad de los Sistemas.
- b. Se puede observar que el Grado de Dificultad para manejar el sistema ERP SAP es mínima; se puede observar en el Gráfico 10 que se tiene un 81.6% de favorabilidad (Entre Fácil y Muy Fácil de Usar); esto demuestra lo indicado por el Dr. Fermín Rico Peña en su Tesis Doctoral sobre Análisis de los Sistemas ERP mencionado en el Marco Teórico en la cual indica que el Sistema puede ser ejecutado eficientemente.
- c. En lo que respecta a la Facilidad en el trabajo, lo cual ha facilitado la labor de las personas que utilizan el Sistema tenemos una favorabilidad del 91.67% como indica el Gráfico 14 (Entre De Acuerdo y Totalmente de acuerdo), haciendo una comparación por el estudio de los sistemas ERP por Angel Benvenuto indicando que Incrementa la Eficiencia en el Uso del Tiempo, al ser más fácil la labor para el usuario.

- d. En el resultado que tenemos sobre la Recomendación del sistema ERP SAP para la utilización por otras personas tenemos un índice positivo total de 100%, como indica el Gráfico 15 (Entre De Acuerdo y Totalmente de acuerdo), demostrando lo indicado por Charles W.;L. Hill y Gareth en su libro Administración Estratégica: *“El sistema ERP es popular porque administra las actividades funcionales de todas las etapas de la cadena de valor, así como las transferencias de recursos entre las diferentes divisiones de la empresa”*.
- e. En el control de la distribución de Costos en el Área de Trabajo se tiene una favorabilidad del 93.33% como indica el Gráfico 16 (Entre De Acuerdo y Totalmente de acuerdo), demostrando lo indicado en el Marco Teórico y porqué el ERP SAP está en el primer lugar de todos los ERPs, debido a que buscan en él, la automatización y la integración de los procesos de sus empresas, haciéndolos más ágiles mientras se reducen los costos.
- f. En el resultado que tenemos sobre la Mejora del Mantenimiento Preventivo en el Área de Producción debido al uso del Sistema SAP tenemos un índice positivo total de 91.67%, como indica el Gráfico 17 (Entre De Acuerdo y Totalmente de acuerdo).
- g. En el resultado que tenemos sobre la Mejora de las Rondas de Inspección en el Área de Producción gracias al Sistema SAP tenemos un índice de favorabilidad de 88.34%, como indica el Gráfico 18 (Entre De Acuerdo y Totalmente de acuerdo).
- h. En lo que respecta a la Mejora y Control de las Paradas Programadas el Área de Producción gracias al Sistema SAP tenemos una favorabilidad del

93.33% como indica el Gráfico 19 (Entre De Acuerdo y Totalmente de acuerdo).

- i. En el resultado que tenemos sobre el ordenamiento de los Trabajos a través de Órdenes de Mantenimiento generados por SAP tenemos un índice de favorabilidad de 93.33%, como indica el Gráfico 20 (Entre De Acuerdo y Totalmente de acuerdo), esto indica lo afirmado en el Marco Teórico que la orden de mantenimiento es un medio de documentar el trabajo de mantenimiento por lo cual para una determinada intervención de mantenimiento permite poder planificar las tareas asociadas a esa actividad y poder ordenarnos mejor.
- j. Sobre el resultado que hemos obtenido acerca del Control de Interrupciones No Planeadas gracias a la generación de Planes de Mantenimiento Preventivo a través de SAP tenemos un índice de favorabilidad de 85%, como indica el gráfico 21 (Entre de Acuerdo y Totalmente de acuerdo).

Se puede observar en los análisis de resultados han sido positivos que al contrastarlos con las Investigaciones realizadas en los Antecedentes de Estudio y en el Marco Teórico afirman lo dicho que el Sistema ERP el más confiable como lo indica el Dr. Patricio Ramírez Correa en su Tesis Doctoral Rol y Contribución de los Sistemas de Planificación de los Recursos de la Empresa (ERP) presentado en la Universidad de Sevilla, indicando de ésta manera como los ERPs contribuyen a la mejora de Gestión de una Empresa.

IV. PROPUESTA

En el presente capítulo se detalla la metodología propuesta para el desarrollo de indicadores para poder medir la Gestión de Planificación y Programación del Mantenimiento en la Empresa Siderúrgica Peruana. El desarrollo de los indicadores va a consistir en los siguientes pasos.

1.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Se tiene que definir el desarrollo de los indicadores en base al análisis de la encuesta realizada y de los datos que se tienen en el ERP SAP, para poder controlar y medir como estamos en la Gestión del Planeamiento y Programación del Mantenimiento en la Empresa Siderúrgica Peruana, es importante saber qué es lo que se va a medir y controlar teniendo los datos obtenidos del ERP SAP y en base a la encuesta realizada.

Se tiene que establecer los rangos mínimos y máximos que van a establecer la condición del indicador a analizar para poder así determinar el cumplimiento de los indicadores si fue positiva o negativa para poder luego tomar decisiones en lo que se va a realizar de acuerdo al resultado obtenido. Las metas y prioridades se definen de acuerdo al análisis realizado a partir del análisis y discusión de los de los resultados realizados; las mismas que se observa que en todas las preguntas tenemos una gran favorabilidad, las cuales quiere decir que las personas están de acuerdo con el Sistema SAP y se han adaptado a su trabajo de acuerdo al Sistema que se ha implantado y de acuerdo a los datos obtenidos en el Sistema SAP tenemos una gran cantidad de información las cuales nos va a servir para poder gestionar mejor la Planificación y Programación del Mantenimiento en la Empresa Siderúrgica Peruana.

1.2. PROPUESTA ESPECÍFICA

Se van a definir las siguientes propuestas de acuerdo a lo analizado en los resultados.

1.2.1. Definición de Metas Y Prioridades de la Empresa Siderúrgica

Peruana

Las metas y prioridades definidas para la Empresa Siderúrgica Peruana, se definieron con los facilitadores o responsables de la Gestión del Mantenimiento de cada Área de la Empresa Siderúrgica, en las cuales se definieron metas y los rangos de porcentajes mínimos y máximos las cuales les va a servir para poder gestionar mejor su área y poder mejorar y controlar su gestión en los puntos donde estén bajos.

1.2.2. Selección de los Indicadores para la Empresa Siderúrgica

Peruana

De acuerdo a los datos obtenidos en los resultados vamos a tener que elaborar los siguientes indicadores de control con los rangos mínimos y máximos para poder controlar si los resultados fueron positivos o negativos. Estos indicadores se van a controlar mes a mes.

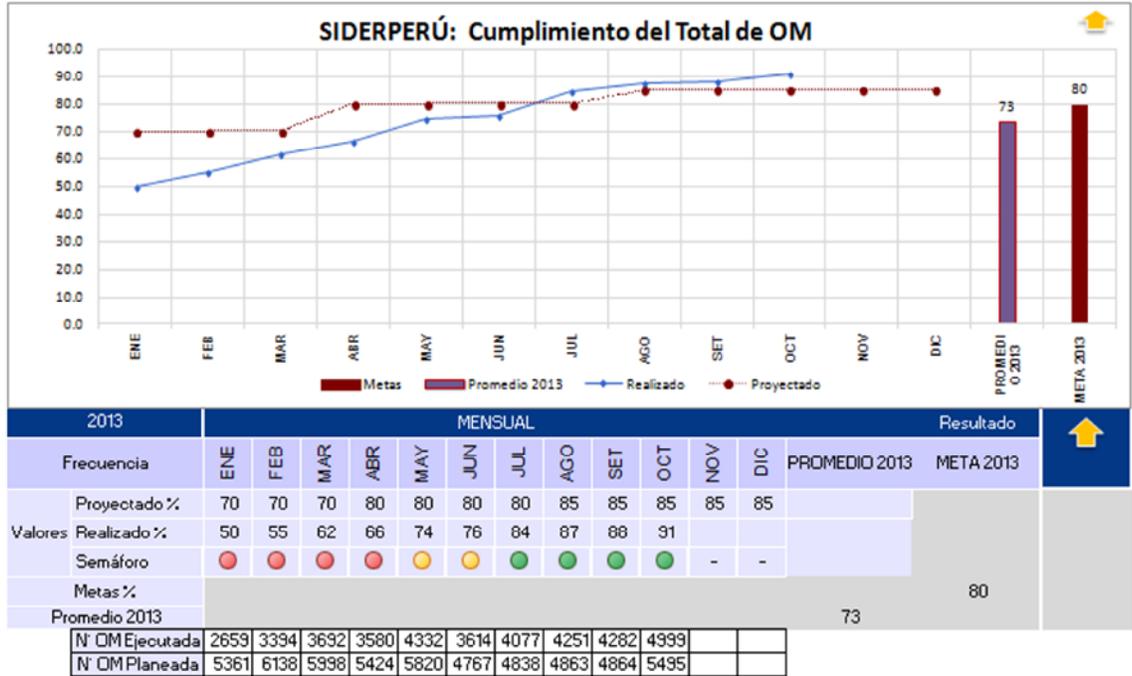
Tabla IV-1: Indicadores a Controlar Mes a Mes Empresa Siderúrgica

Indicadores de Prácticas - Resultado DICIEMBRE AÑO 2013									
Nº	Indicador	Real DICIEMBRE AÑO 2013	Plan DICIEMBRE AÑO 2013	Unid.	Cumplimiento Real DICIEMBRE AÑO 2013	RANGO	Unid.	Farola	IC Mejor
1	Cumplimiento del Total de CM	601	667	Nº	90	85	%		
2	Cumplimiento de CM de Paradas Programadas	42	60	Nº	70	85	%		
3	Cumplimiento de CM Preventivas	83	108	Nº	77	85	%		
4	Cumplimiento de CM Inspecciones de Mant.	299	311	Nº	96	85	%		
5	Cumplimiento de CM Ruta de Padrinos	104	117	Nº	89	95	%		

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla se observa los indicadores principales a controlaren la Empresa siderúrgica de acuerdo a los datos obtenidos del Sistema SAP.

Gráfico 4.1: Indicador de Cumplimiento Total de Órdenes Mes a Mes en Empresa Siderúrgica Peruana

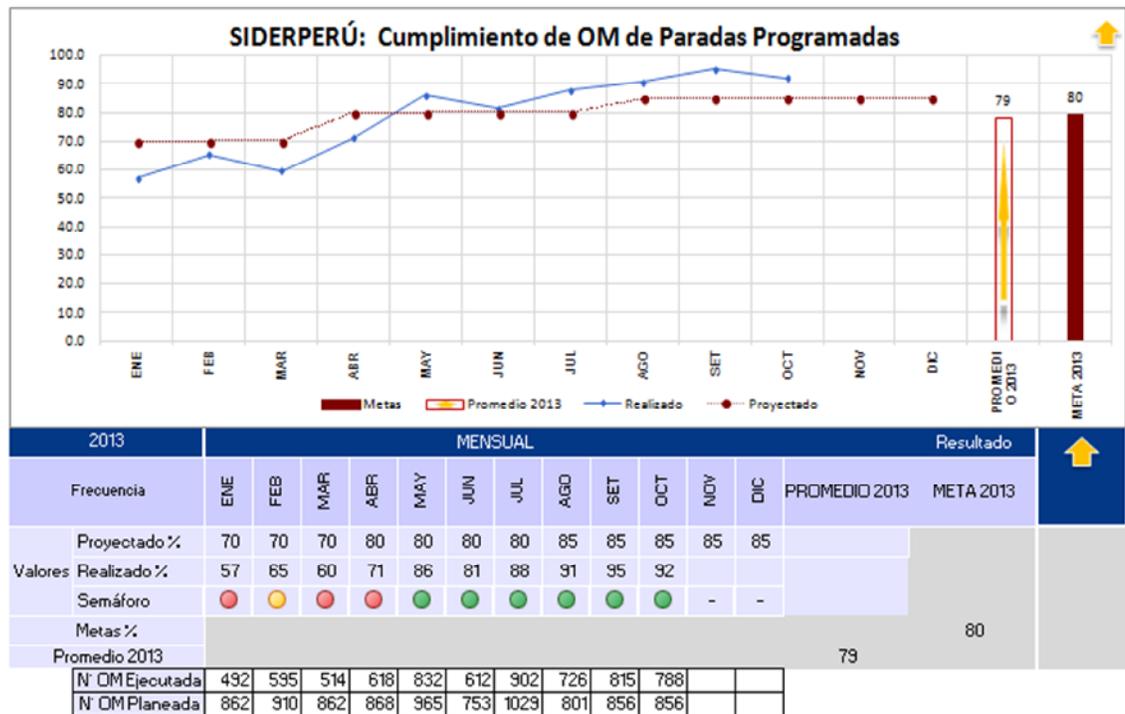


Fuente: Elaboración Propia.

En el Gráfico se observa el Indicador de Cumplimiento Total de Órdenes de Mantenimiento en la Empresa Siderúrgica Peruana de acuerdo a los datos obtenidos del Sistema SAP. Se observa mes a mes como estamos, de acuerdo a la meta propuesta en el rango del indicador.

Gráfico 4.2: Indicador de Cumplimiento de Órdenes en Paradas

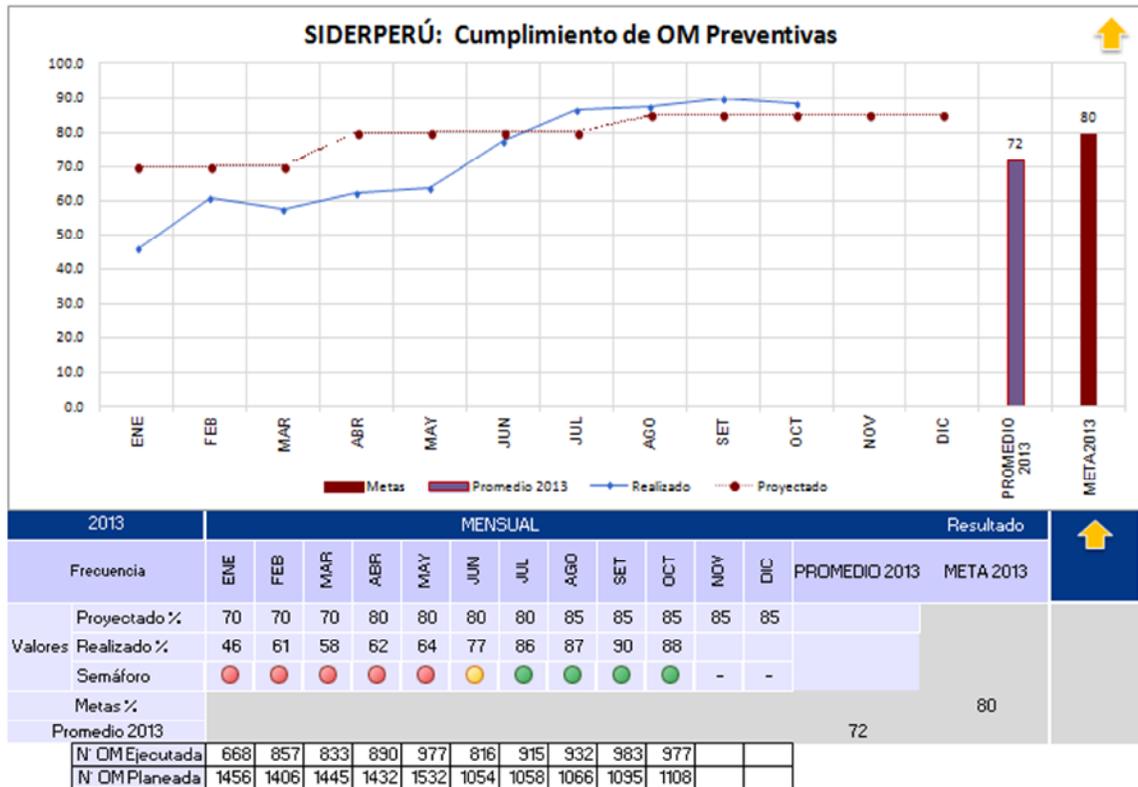
Programadas Mes a Mes en Empresa Siderúrgica Peruana



Fuente: Elaboración Propia.

En el Gráfico se observa el Indicador de Cumplimiento de Órdenes en Paradas Programadas de Mantenimiento en la Empresa Siderúrgica Peruana de acuerdo a los datos obtenidos del Sistema SAP. Se observa mes a mes como estamos, de acuerdo a la meta propuesta en el rango del indicador.

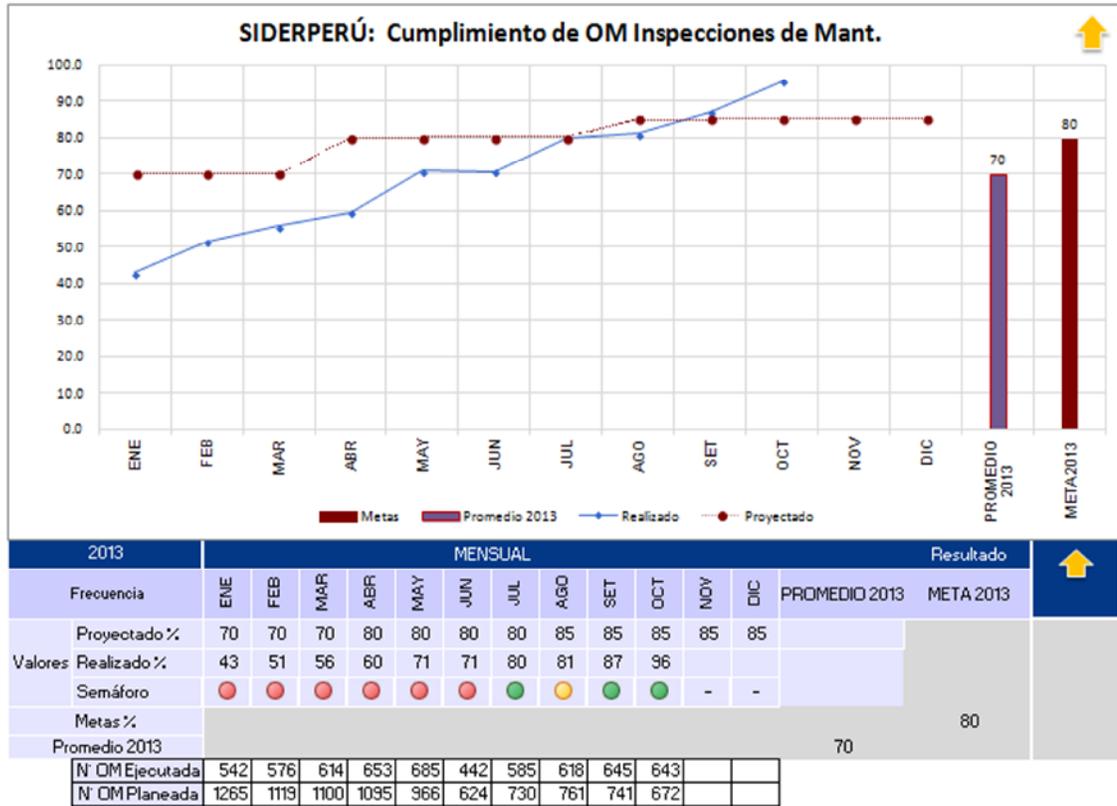
Gráfico 4.3: Indicador de Cumplimiento de Órdenes Preventivas Mes a Mes en Empresa Siderúrgica Peruana



Fuente: Elaboración Propia.

En el Gráfico se observa el Indicador de Cumplimiento de Órdenes Preventivas de Mantenimiento en la Empresa Siderúrgica Peruana de acuerdo a los datos obtenidos del Sistema SAP. Se observa mes a mes como estamos, de acuerdo a la meta propuesta en el rango del indicador.

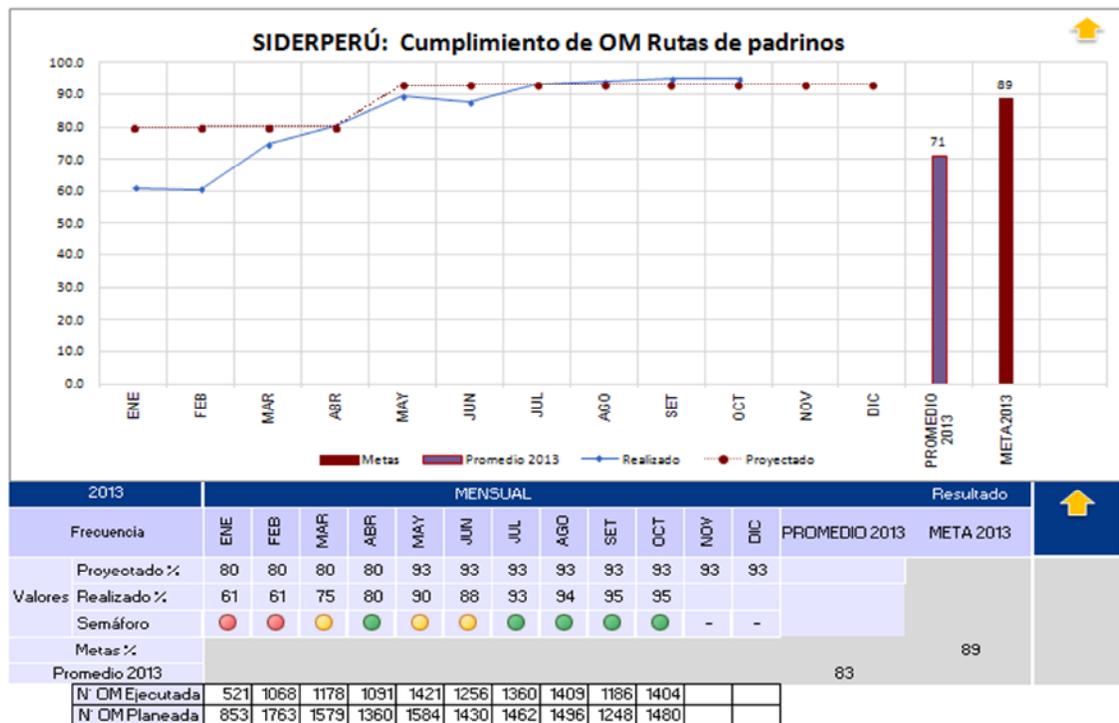
Gráfico 4.4: Indicador de Cumplimiento de Órdenes de Inspecciones de Mantenimiento Mes a Mes en Empresa Siderúrgica Peruana



Fuente: Elaboración Propia.

En el Gráfico se observa el Indicador de Cumplimiento de Órdenes de Inspecciones de Mantenimiento en la Empresa Siderúrgica Peruana de acuerdo a los datos obtenidos del Sistema SAP. Se observa mes a mes como estamos, de acuerdo a la meta propuesta en el rango del indicador.

Gráfico 4.5: Indicador de Cumplimiento de Órdenes de Rutas de Padrinos de Mantenimiento Mes a Mes en Empresa Siderúrgica Peruana



Fuente: Elaboración Propia.

En el Gráfico se observa el Indicador de Cumplimiento de Órdenes de Rutas de Padrinos de Mantenimiento en la Empresa Siderúrgica Peruana de acuerdo a los datos obtenidos del Sistema SAP. Se observa mes a mes como estamos, de acuerdo a la meta propuesta en el rango del indicador.

Tabla IV-2: Cuadro Resumen de Indicadores de Eficiencia de Gestión de Mantenimiento SiderPerú

INDICADOR	% CUMPLIMIENTO 2013												META %
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Cumplimiento del Total de OM	50	55	62	66	74	76	84	87	88	91	91	90	80
Cumplimiento de OM de Paradas Programadas	57	65	60	71	86	81	88	91	95	92	92	95	80
Cumplimiento de OM Preventivas	46	61	58	62	64	77	86	87	90	88	87	89	80
Cumplimiento de OM Inspecciones de Mantenimiento	43	51	56	60	71	71	80	81	87	96	96	93	80
Cumplimiento de OM Ruta de Padrinos	61	61	75	80	90	88	93	94	95	95	94	95	89

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla se observa el Resumen de Indicadores de Gestión indicando los Porcentajes de Cumplimiento Mensual, se observa que mes a mes se está incrementando los cumplimientos de los Indicadores superando la Meta Anual .

1.2.3. Evaluación, Responsables y Financiamiento.

El financiamiento por la adquisición del ERP es a nivel corporativo, en el Perú se implementó el ERP SAP a mediados del 2011 y comenzó a funcionar en Noviembre del mismo año, por motivos de confidencialidad no podemos poner los costos reales por políticas de la Empresa, pero si podemos mencionar el porcentaje de retorno de la inversión que hasta en 2 años después se obtuvo por la adquisición del ERP. De acuerdo a los análisis realizados el Retorno de la Inversión de todo lo que costó la adquisición y la Implementación del ERP a los 2 años de funcionamiento se obtuvo un Retorno de la Inversión de un 180%. Ahora continuando con el tema de nuestra propuesta a partir del ERP para el diseño del formato de cada uno de los indicadores se ha tomado como referencia la opinión de los responsables de cada una de las áreas los cuáles se trazaron una meta que deben cumplir mes a mes y luego estas metas se estandarizarán año a año de acuerdo al avance de cada indicador. La frecuencia del indicador será mensual, en consecuencia nos permitirá medir el logro progresivo alineado con las metas y prioridades de la Empresa siderúrgica Peruana. La medición se realiza a través de metas de cumplimiento que fueron definidas por los responsables de las áreas y utilizando un semáforo que nos señalará según el color que pertenece a un intervalo de valores: Verde (Bajo Control); Amarillo (Fuera de Control No Crítico); Rojo (Fuera de Control y Crítico). Esto nos indica si en conjunto se tuvo un desempeño positivo o negativo con oportunidades de mejora para el logro de las metas propuestas. Se tienen como resultado las siguientes metas:

Tabla IV-3: Rango de Metas de Indicadores de Cumplimiento Mes a Mes en Empresa Siderúrgica Peruana

RANGO	Unid.	Farola	IC Mejor
>=80	%		
>=75 y <80	%		
<75	%		

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla se observa el Rango de Metas de los indicadores de Cumplimiento a controlar mes a mes en la Empresa Siderúrgica de acuerdo a lo que fueron definidas por los responsables de cada área de la Empresa.

Tabla IV-4: Responsables de Actividades, Elaboración, Financiamiento y Control de Indicadores de Cumplimiento.

ITEM	RESPONSABLE	HORAS HOMBRE	FINANCIAMIENTO
ELABORACIÓN DE INDICADORES	RICARDO IZAGUIRRE DIEGO	80 HRS.	EMPRESA SIDERÚRGICA PERUANA
RESPONSABLES DE CONTROL DE INDICADORES	JEFES DE MANTENIMIENTO DE ÁREA	1 HR. X SEMANA	EMPRESA SIDERÚRGICA PERUANA

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla se observa a los Responsables de las Actividades, elaboración y Control de Indicadores y su Financiamiento.

CONCLUSIONES

- 1.** De acuerdo al análisis realizado el ERP SAP según encuesta realizada es bien aceptada por los colaboradores de la Empresa Siderúrgica Peruana, esto da como resultado tener datos confiables y mejorar la eficiencia para poder gestionar mejor el mantenimiento en la Empresa Siderúrgica Peruana.
- 2.** Se determinó con el Planificador de Recursos Empresariales SAP la mejor estrategia para poder controlar la Gestión de Planificación y Programación del Mantenimiento en la Empresa Siderúrgica Peruana; esto es a través de generación de órdenes de mantenimiento generadas por los propios colaboradores en el ERP SAP, esto da como resultado diseñar indicadores de gestión confiables a partir de los datos obtenidos del ERP para poder controlar y medir la gestión de Planificación y Programación del Mantenimiento de la Empresa Siderúrgica Peruana.
- 3.** Se determinó que con el Sistema SAP se mejoró la Planificación Y Programación del Mantenimiento; como se pudo observar en los resultados de los indicadores se obtuvieron resultados positivos ya que al haber un mejor control se puede Planificar y Programar mejor el Mantenimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. SENN, James (1992). *Análisis y Diseño de Sistemas de Información*. México: Editorial Mc Graw Hill.

BENVENUTO VERA, Angelo (2006). **Implementación de sistemas ERP, su impacto en la gestión de la empresa e integración con otras TIC**. *Revista Cap IV review Vol. 4*, enero. Universidad de Concepción. Chile: Editorial Universidad Concepción.

BLAIN, Jonathan y ASAP World Consultancy (1999). *SAP R/3*. España: Editorial Prentice Hall.

CABELLO PÉREZ, Juan (2002). Propuesta Doctrinal para la Elección de un Programa de Mantenimiento. (Tesis Doctoral). España: Universidad de Málaga.

CHARLES W., L. Hill y GARETH, R. Jones (2009). *Administración Estratégica*. España: Editorial Mc Graw Hill.

GARCÍA, Santiago G. (2003). *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.

G. MURDICK, Robert y C. MUNSON, Jhon (1988). *Sistemas de Información Administrativa*. México: Editorial Prentice Hall.

GONZALES, Francisco J. (2005). *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. España: Editorial Fundación Confemetal.

HIJÓN, Raquel N. (2005). *Utilización del Sistema SAP R/3*. España: Editorial Universidad Pontificia Comillas.

LOURIVAL, Augusto T. (1999). *Administración Moderna del Mantenimiento*. Río de Janeiro: Nuevo Polo Publicaciones.

RENDÓN, Ricardo (1993). **Historias de éxito (HYLSAMEX)**. *Revista SAPerspectiva N° 1, marzo*. México: Editorial México y Centroamérica.

REFERENCIAS DE TESIS

RAMÍREZ CORREA, Patricio (2004). Rol y Contribución de los Sistemas de Planificación de los Recursos de la Empresa (ERP). (Tesis Doctoral). España: Universidad de Sevilla.

RICO PEÑA, Fermín D. (2004). Sistemas ERP. Metodologías de Implementación y Evaluación de Software. (Tesis Doctoral). España: Universidad de la Coruña.

LINKOGRAFÍA

GESTIOPOLIS.(2002).**Administración del Mantenimiento, Antiguos y Nuevos Paradigmas**. México.(En línea). Disponible en <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/admtmto.htm> . Consultado el 12 de Noviembre 2012

MANTENIMIENTO MUNDIAL.(2011). **Gestión del Mantenimiento, Mantenimiento Mundial**. Argentina.(En línea). Disponible en <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/GestionBecerra.pdf> . Consultado el 12 de Noviembre 2012

MANTENIMIENTO PLANIFICADO. (2008). **Mantenimiento, El Nuevo Paradigma**. España.(En línea). Disponible en

http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos_rcm_archivo/s/rcm%20Moubray.pdf . Consultado el 12 de Noviembre 2012

SAP MANTENIMIENTO.(2012). **Hojas de Ruta**. España.(En línea)

Disponible en

http://help.sap.com/saphelp_470/helpdata/es/c0/04c7e84ebb11d189110000e8322f96/content.htm . Consultado el 10 de Noviembre 2012

SAP MANTENIMIENTO.(2012). **Hojas de Ruta de Mantenimiento**.

España.(En línea).Disponible en

http://help.sap.com/saphelp_40b/helpdata/es/3c/abb131413911d1893d0000e8323c4f/content.htm . Consultado el 10 de Noviembre 2012

SAP MANTENIMIENTO.(2012). **Orden de Mantenimiento**. España. (En

línea). Disponible en

http://help.sap.com/saphelp_40b/helpdata/es/2d/35224a448c11d189420000e829fbbd/content.htm . Consultado el 11 de Noviembre 2012

SAP MANTENIMIENTO. (2012). **Programación de un Plan de Mantenimiento**. España.(En línea). Disponible en

http://help.sap.com/saphelp_470/helpdata/es/3c/abb350413911d1893d0000e8323c4f/content.htm . Consultado el 14 de Noviembre 2012

ANEXOS

COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH

Requiere de una sola aplicación del instrumento y se basa en la medición de la respuesta del sujeto con respecto a los ítems del instrumento.

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

- K:** El número de ítems
- $\sum S_i^2$:** Sumatoria de Varianzas de los ítems
- S_T^2 :** Varianza de la suma de los ítems
- α :** Coeficiente de Alfa de Cronbach

Ítems N° Encuestados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Suma de Ítems
	1	3	5	5	5	5	5	5	5	5	
2	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	48
3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	48
4	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	48
5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	48
6	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	48
7	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	48
8	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	48
9	3	5	5	5	5	5	4	5	5	4	46
10	3	5	5	5	5	5	4	5	5	4	46
11	3	5	5	5	5	5	4	5	4	4	45
12	3	5	5	5	5	5	4	4	4	4	44
13	3	5	5	5	5	5	4	4	4	4	44
14	3	5	5	5	4	4	4	4	4	4	42
15	3	5	5	5	4	4	4	4	4	4	42
16	3	5	5	5	4	4	4	4	4	4	42
17	3	5	5	5	4	4	4	4	4	4	42
18	3	5	5	4	4	4	4	4	4	4	41
19	3	5	5	4	4	4	4	4	4	4	41
20	3	4	5	4	4	4	4	4	4	4	40
21	3	4	5	4	4	4	4	4	4	4	40
22	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
23	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
24	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
25	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
26	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
27	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
28	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
29	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
30	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
31	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
32	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
33	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
34	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
35	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
36	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39

37	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
38	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
39	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
40	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
41	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
42	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
43	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
44	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
45	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40
46	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40
47	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40
48	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40
49	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40
50	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	38
51	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	38
52	2	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	37
53	2	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	37
54	2	4	4	4	4	3	4	4	4	3	3	35
55	2	4	4	4	4	3	4	4	4	3	3	35
56	2	3	4	4	3	3	4	4	4	3	3	33
57	2	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	30
58	2	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	30
59	2	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	30
60	2	2	4	3	2	2	3	3	3	3	3	27

VARP 0.26 0.40 0.23 0.30 0.34 0.38 0.20 0.24 0.32 0.25 S_T^2 : 21.26
 (Varianza de la Población) ΣSi^2 : 2.90

K: El número de ítems 10
 ΣSi^2 : Sumatoria de las Varianzas 2.90
 S_T^2 : La Varianza de la suma de l 21.26
 α : Coeficiente de Alfa de Cronbach

$$\alpha = \frac{3}{3 - 1} \left[1 - \frac{4,19}{9,14} \right]$$

$$\frac{10}{9} [1 - 0.14]$$

$$1.11111111 [0.86]$$

$$\alpha = 0.96$$

Entre más cerca de 1 está α , más alto es el grado de confiabilidad

Análisis de fiabilidad

Notas

Resultados creados		24-NOV-2013 22:34:57
Comentarios		
Entrada	Datos	F:\CROMBACH ENUCESTA SAP.sav
	Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos1
	Filtro	<ninguno>
	Peso	<ninguno>
	Dividir archivo	<ninguno>
	Núm. de filas del archivo de trabajo	60
	Entrada matricial	F:\CROMBACH ENCUESTA SAP.sav
Tratamiento de los datos perdidos	Definición de perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario se tratarán como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos se basan en todos los casos con datos válidos para todas las variables del procedimiento.
Sintaxis		
		RELIABILITY /VARIABLES=DIFICULTAD FACILIDAD RECOMENDACION COSTOS PREVENTIVO INSPECCION PARADAS ORDENES INTERRUPCIONES SATISFACCION /SCALE('FIABILIDAD ENCUESTA SAP PM SIDER') ALL /MODEL=ALPHA /STATISTICS=DESCRIPTIVE SCALE CORR COV /SUMMARY=TOTAL MEANS VARIANCE COV CORR /ICC=MODEL(MIXED) TYPE(CONSISTENCY) CIN=95 TESTVAL=0.
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:00,05
	Tiempo transcurrido	00:00:00,31

Escala: FIABILIDAD ENCUESTA SAP PM SIDER

Resumen del procesamiento de los casos

		N	%
Casos	Válidos	60	100.0
	Excluidos ^a	0	0.0
	Total	60	100.0

a. Eliminación por lista basada en todas las variables del procedimiento.

Estadísticos de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	N de elementos
.959	.959	10

Estadísticos de los elementos	Media	Desviación típica	N
¿Tienes problemas en operar el sistema SAP?	2.90	.511	60
¿Usted cree que el Sistema SAP le ha facilitado su labor?	4.22	.640	60
¿Recomendaría usted el uso del Sistema SAP a otras personas?	4.35	.481	60
¿Usted cree que el Sistema SAP ha ayudado en facilitar la Distribución de Costos de cada Ubicación Técnica en su Área de Producción?	4.22	.555	60
¿Usted cree que el Sistema SAP ha ayudado en la Mejora del Mantenimiento Preventivo en su Área de Producción?	4.12	.585	60
¿Usted cree que el Sistema SAP ha ayudado a Mejorar las Rondas de Inspección de Mantenimiento en su Área de Producción?	4.08	.619	60
¿Usted cree que el Sistema SAP ha ayudado a Mejorar y Controlar las Paradas Programadas de Mantenimiento en su Área de Producción?	4.07	.446	60
¿Usted cree que el Sistema SAP ha ayudado a Ordenar los Trabajos a través de la Generación de Órdenes de Mantenimiento en su Área de Producción?	4.12	.490	60
¿Usted cree que el Sistema SAP ha ayudado a Controlar las Interrupciones de Mantenimiento No Planeadas a través de la Generación de Planes de Mantenimiento Preventivo en su Área de Producción?	4.02	.567	60
Por favor, indíquenos su grado de satisfacción general con relación al Sistema SAP	4.02	.504	60

Estadísticos de resumen de los elementos

	Media	Mínimo	Máximo	Rango	Máximo/mínimo	Varianza	N de elementos
Medias de los elementos	4.010	2.900	4.350	1.450	1.500	.163	10
Varianzas de los elementos	.295	.199	.410	.211	2.061	.005	10
Covarianzas inter-elementos	.207	.036	.346	.310	9.722	.005	10
Correlaciones inter-elementos	.702	.145	.956	.811	6.602	.039	10

Estadísticos de la escala

Media	Varianza	Desviación típica	N de elementos
40.10	21.617	4.649	10

Coefficiente de correlación intraclase

	Correlación intraclase ^b	Intervalo de confianza 95%		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl1	gl2	Sig.
Medidas individuales	.703 ^a	.620	.784	24.671	59	531	0.000
Medidas promedio	.959 ^c	.942	.973	24.671	59	531	0.000

Modelo de efectos mixtos de dos factores en el que los efectos de las personas son aleatorios y los efectos de las medidas son fijos.

- a. El estimador es el mismo, ya esté presente o no el efecto de interacción.
- b. Coeficientes de correlación intraclase de tipo C utilizando una definición de coherencia, la varianza inter-medidas se excluye de la varianza del denominador.
- c. Esta estimación se calcula asumiendo que no está presente el efecto de interacción, ya que de otra manera no es estimable.