

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TABLERO ESTANDAR
PARA CONTROL DE POZOS

HENRY ALEXANDER CARDOZO FIGUEREDO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2019

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TABLERO ESTANDAR

PARA CONTROL DE POZOS

HENRY ALEXANDER CARDOZO FIGUEREDO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN

GERENCIA DE MANTENIMIENTO

DIRECTOR

GERSON VARGAS RODRIGUEZ

MAGISTER EN GESTIÓN EN LA INDUSTRIA DE LOS HIDROCARBUROS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA

BUCARAMANGA

2019

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. OBJETIVOS	14
1.1 OBJETIVO GENERAL	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2. INTRODUCCION Y GENERALIDADES	15
2.1 MARCO REFERENCIAL	15
2.1.1. Planteamiento del problema	15
2.1.2. Justificación	16
2.1.3. Marco teórico	17
2.1.4. Marco conceptual	18
2.2. MARCO LEGAL	23
2.2.1. Definiciones de mantenimiento	23
2.2.1. Normas de mantenimiento	23
3. SITUACION ACTUAL DE MANTENIMIENTO EN POZOS	25
3.1. ESTRUCTURA Y ESTRATEGIA	25
3.2. PLANEACION, PROGRAMACION Y EJECUCION	26
3.3. ANALISIS DOFA DE LA SITUACIÓN ACTUAL	26
4. ESTUDIO DE CRITICIDAD	30
4.1. GENERALIDADES	30
4.2. CRITERIOS DE EVALUACION	30
4.2.1. Frecuencia de falla	30
4.2.2. Impacto operacional	31
4.2.3. Flexibilidad operacional	31
4.2.4. Costo de mantenimiento	32
4.2.5. Impacto en seguridad, ambiente e higiene SAH	33

4.2.6. Criterio de valoración	33
4.3. ANALISIS DE LOS EQUIPOS	34
4.3.1. Analisis de los equipos de instrumentación y control	34
4.3.2. Analisis de criticidad para los equipos mecánicos	36
4.3.3. Analisis de criticidad para los equipos eléctricos	38
4.4. RESULTADOS DEL ANALISIS DE CRITICIDAD	40
5. VIDA UTIL Y MODOS DE FALLA	41
5.1. ANALISIS DEL CICLO DE VIDA Y RENOVACIÓN DE EQUIPOS	41
5.1.1. Modulos de PLC y sistemas de control	41
5.1.2. Batería AGM, 212 AH	43
5.1.3. Elementos hidráulicos	44
6. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	46
6.1. MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICION.....	46
6.1.1. Análisis de aceite hidráulico	46
6.1.2. Termografía a los sistemas eléctricos.....	46
6.1.3. Manenimiento a celdas solares.....	47
6.2. MANTENIMIENTO POR CRITICIDAD DE EQUIPOS	47
6.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	50
6.3.1. Mantenimiento/Inspección general al sistema	50
6.3.2. Mantenimiento cada seis meses	50
6.3.3. Mantenimiento cada año.....	51
7. CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFÍA.....	54
ANEXOS	55

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Factores internos	27
Tabla 2. Factores externos	27
Tabla 3. Estrategia FODA.....	28
Tabla 4. Estrategia FADA	29
Tabla 5. Ponderado para la frecuencia de falla.....	30
Tabla 6. Ponderado para impacto operacional	31
Tabla 7. Ponderado de flexibilidad.....	32
Tabla 8. Ponderación para impacto en SAH.....	32
Tabla 9. Ponderado para impacto operacional	33
Tabla 10. Criterios establecidos para valoración de equipos	33
Tabla 11. Equipos de medición y control instalados en el tablero.....	34
Tabla 12. Valoración final de los equipos de medición y control del tablero	35
Tabla 13. Listado de equipos mecánicos.....	36
Tabla 14. Clasificación de criticidad de los equipos mecánicos.....	37
Tabla 15. Listado de los equipos electricos	38
Tabla 16. Clasificación de criticidad de los equipos electricos.....	39
Tabla 17. Consolidado de equipos críticos VH del WHCP	41
Tabla 18. Tarjetas electrónicas del PLC	42
Tabla 19. Tareas de mantenimiento para equipos VH.....	47
Tabla 20. Tareas de mantenimiento para equipos H	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Panel de control de cabeza de pozo 10K	20
Figura 2. Función del panel de control del cabeza de pozo	21
Figura 3. Arbol de navidad	22
Figura 4. Controlador de carga solar	23
Figura 5. Comportamiento de ciclos de descarga de la batería	43
Figura 6. Ciclos de vida de la batería.....	44
Figura 7. Conexionado de sistemas hidráulicos con tubing	45

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Levantamiento de información de las fechas de fabricación de las tarjetas de PLC instaladas actualmente.

Resumen

TITULO: PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TABLERO ESTANDAR PARA CONTROL DE POZOS*

AUTOR: HENRY ALEXANDER CARDOZO FIGUEREDO**

PALABRAS CLAVE: CONFIABILIDAD, CRITICIDAD, ESTRATEGIA, SISTEMA DE INFORMACIÓN, PLANEACIÓN.

DESCRIPCIÓN:

El contenido básico del presente documento es la elaboración de un plan de tareas específicas enfocado a mantener los equipos de control instalados en los pozos de producción de hidrocarburos en el campo de producción en Cupiagua. La base de estudio está dada por la criticidad de los equipos y las fallas con su respectivo modo de falla, que han venido ocurriendo durante la operación por aproximadamente veinte años.

El objeto de estudio hace parte de una de las tecnologías diseñadas e instaladas por BP con un alto grado de calidad y confiabilidad. El sistema de control fue construido con el objetivo de tener el mejor modo de operación en cada uno de los pozos, realizado mediante un detallado análisis de riesgos donde se buscan minimizar los impactos ambientales causados por malos actores de operación. En campo Cupiagua, el contrato de servicios de mantenimiento es ejecutado por la empresa de origen holandesa Stork Technical Service con capital humano experto y mayormente conformado por mano de obra regional y nacional.

*Trabajo de grado

**Facultad: Ingeniería. Escuela: Mecánica. Director: Ms. Gerson Vargas

ABSTRACT

TITLE: MAINTENANCE PLAN BY STANDARD FOR WELL CONTROL PANEL*

AUTHOR: HENRY ALEXANDER CARDOZO FIGUEREDO**

KEY WORDS: RELIABILITY, CRITICITY, STRATEGY, INFORMATION SYSTEM, PLANNING.

DESCRIPTION:

The basic content of this document, is the elaboration a plan with specific task focused on keeping the control equipment installed in the hydrocarbon production wells in the production field in Cupiagua. This study is given by the criticality of the equipment and the failures with their respective failure mode, which have been occurring during the operation for approximately twenty years.

The study object is an equipment with technologies designed and installed by BP, with a high degree of quality and reliability. The control system was built with the objective to have the best operation mode, in each of them wells, carried out by means of a detailed risk analysis that seeks to minimize the environmental impacts caused by bad operation actors. In the Cupiagua field, the maintenance services contract is executed by the Dutch company *Stork Technical Service* with human capital expert and so much people up of regional and national workers.

*Trabajo de grado

**Facultad: Ingeniería. Escuela: Mecánica. Director: Ms. Gerson Vargas

INTRODUCCIÓN

La economía colombiana en la actualidad tiene en la producción y procesamiento de hidrocarburos como el sector más importante e influyente para el sostenimiento y desarrollo de la nación. Con una alta experiencia empresarial, el aporte del recurso natural y capital humano, en la industria del petróleo, nuestro país viene adaptando importantes técnicas en la producción con alto nivel competitivo a nivel mundial.

El área geográfica del pie de monte llanero es quizás una de las mayores fuentes de producción de petróleo en el país. Por consiguiente, en la región, existen un buen número de empresas nacionales y multinacionales operando en la actualidad y otras que han aportado significativamente con conocimiento, tecnología, disciplina operativa y experiencia que han salido del país.

La BP (British Petroleum Company) es una compañía de producción de hidrocarburos con una alta trayectoria mundial siendo una de las más importantes en el mundo. Esta compañía es la que hace veinte años aproximadamente, inició con los proyectos de explotación de hidrocarburos en la zona del departamento de Casanare donde existen las tres más importantes Facilidades Centrales de procesamiento (CPF), que construyeron después de los grandes hallazgos de petróleo y gas que tenía la región. En 2010 se termina el contrato firmado entre BP y los entes del gobierno por la planta de Cupiagua y a partir de este año, Ecopetrol S.A. toma la producción a su cargo, siendo actualmente la planta que hace el mayor aporte en gas combustible para el consumo interno de la nación.

Los pozos de campo Cupiagua en los tiempos de producción por parte de BP, buscaban tener los menores índices de paradas de producción por falla en los equipos, razón por la cual el mantenimiento de los activos, máquina y herramientas de toda la operación fue uno de los factores más importantes que

llevaron a la compañía a tener excelentes niveles de productividad durante sus operaciones en la región.

El impacto negativo que tiene la pérdida de producción en los sistemas de los pozos de campo Cupiagua no solo será reflejado en la economía del cliente o de la propia empresa de mantenimiento, sino que también se verán afectados un gran número de regiones y sectores productivos que dependen del gas para su funcionamiento. De ahí, la gran importancia de los planes y estrategias aplicados a los equipos para lograr garantizar la operación de la planta y poder aportar con el desarrollo del país.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar el plan estratégico de mantenimiento para un modelo estándar de un panel de control de cabeza de pozo WHCP, instalado en las diferentes plataformas de producción del campo Cupiagua en Aguazul Casanare.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los equipos críticos de funcionamiento hidráulico, de control e instrumentación, eléctrico y neumático del WHCP que nos permitan definir los tiempos de vida útil y reemplazarlos o intervenirlos antes que presenten falla.
- Identificar los modos de falla que presentan mayor frecuencia en los distintos equipos del WHCP y definir los controles a implementar para reducir la tasa de cierres no deseados en los pozos.
- Plantear un plan estratégico de mantenimiento

2. INTRODUCCION Y GENERALIDADES

2.1 MARCO REFERENCIAL

2.1.1 Planteamiento del problema. En el campo de producción de hidrocarburos, ubicado en el departamento de Casanare, con jurisdicción del municipio de Aguazul, existen 45 pozos activos, distribuidos en 28 productores de crudo y 17 como inyectoras de gas.

El fluido de cada pozo, está controlado por una válvula enterrada a 20 metros de la superficie, llamada Válvula de Sub-suelo (DHSV) y dos más en la superficie, una llamada válvula MASTER (MV) y la tercera llamada válvula WING (WV). Estos actuadores son de tipo hidráulico, operables a diferentes niveles de presión. Para la operación y control de los actuadores hidráulicos, se tiene instalado un panel de control denominado WHCP (por su nombre en inglés Well Head Control Panel). El cual, se compone de sistemas y equipos de tipo eléctrico, mecánico, hidráulico, neumático, de control e instrumentación y de comunicaciones, operado de modo local y remoto desde la Facilidad Central de Producción (CPF).

El tiempo en servicio de la gran mayoría de éstos WHCP, es entre 12 y 20 años de trabajo permanente. Esto, ha traído como consecuencia, que hoy en día exista un gran número de equipos internos y otros relacionados con el panel de Control que presentan desgaste en sus partes, deterioro y obsolescencia.

Como consecuencia de lo anterior, se han venido presentando diferentes modos de falla relacionados con el funcionamiento del WHCP y de la instrumentación asociada, teniendo como consecuencia esencial el cierre no deseado de los pozos y pérdidas de producción.

Dentro de la estrategia actual de mantenimiento, se tienen rutinas de tipo trimestral, semestral y anual, cada una con alcances diferentes. La rutina anual contiene a las anteriores, con el mayor número de tareas y horas hombre programadas, siendo estas tareas puntuales para ejecutarlas por el personal de

mantenimiento. Dentro de los reportes de cada rutina ejecutada, se tiene establecido registrar los trabajos correctivos observados, para generar una orden de trabajo y programar esta acción.

Una mejora de los índices de disponibilidad y confiabilidad del WHCP y la instrumentación asociada al pozo, se puede dar a través del diseño de un plan estratégico de mantenimiento. Esto, nos permitiría tener las herramientas adecuadas para definir el reemplazo de los equipos, tiempos de vida útil, modos de falla y demás criterios de mantenimiento, ya que en la actualidad contamos únicamente, con las rutinas programadas y la experiencia del personal encargado de ejecutarlas.

En el presente documento, se incluyen todos los aspectos que permiten fundamentar la investigación que realizo, por ello debe recordar incluir lo relacionado con a) marco teórico, b) marco conceptual, c) marco legal. Debe contener en un texto articulado todos aquellos elementos que dan soporte teórico y analítico a la investigación, relacionado con antecedentes de los eventos ocurridos por falla de control y fallas en los procesos. Igualmente iremos a hacer las respectivas citaciones de las fuentes.

2.1.2. Justificación. Durante los mantenimientos de rutina en los pozos y de acuerdo con los eventos de mantenimientos correctivos ocurridos en los últimos dos años se ha evidenciado la presencia de modos de falla relacionados con casos de obsolescencia y deterioro de equipos.

Las consecuencias que generan la falla de los equipos críticos, en el sistema de control del WHCP e instrumentación asociada, ha sido en algunos casos:

- Cierre no programado de los pozos
- Pérdidas de producción
- Mantenimientos correctivos de emergencia
- Trabajos de operación de campo y de control de emergencia
- Reutilización de equipos

Con el fin de mitigar y/o evitar eventos no deseados, se propone diseñar un PLAN DE MANTENIMIENTO, que contenga las herramientas adecuadas, con el fin de obtener un documento donde se pueda identificar:

- La valoración de criticidad de los equipos
- Definir los tiempos de vida útil de los equipos críticos
- Definir el estado actual de compras de los repuestos y equipos, con el fin de sugerir los posibles cambios en el sistema de información que nos permita una mejor disposición de repuestos para reemplazos por deterioro y obsolescencia.
- Definir el estado actual de compras de los repuestos y equipos, con el fin de sugerir los posibles cambios en el sistema de información que nos permita una mejor disposición de repuestos para reemplazos por deterioro y obsolescencia.
- Aumentar los conocimientos del personal de mantenimiento involucrado con los pozos, mediante charlas y capacitaciones. Con el fin de generar cultura de mejoramiento continuo.

2.1.3. Marco teórico. De acuerdo con los estudios realizados y experiencias de empresas en el desarrollo de sus programas de mantenimiento, un plan estratégico de mantenimiento es un documento guía, desarrollado por medio de un estudio metodológico, el cual nos proporciona las herramientas adecuadas para mejorar las condiciones actuales de mantenimiento y definir los planes de acción de mejoramiento del mantenimiento. Se debe tener visión de hacia donde se quiere llegar a futuro y que aspectos se pueden mejorar.

Según Mora, en su libro expresa “La realidad que adquiere la etapa VI de mantenimiento, bajo la orientación de gestión de activos, la posiciona como estratégica dentro de la organización, lo cual la convierte en un área clave, donde se deben incrementar todos los esfuerzos posibles de la empresa encauzados a la búsqueda de beneficios económicos de corto y de mediano plazos” (Mora, 2009)

El mantenimiento estratégico es una gran herramienta para mejorar la productividad de las empresas modernas. “Es por ello fundamental la elaboración de un plan de mantenimiento detallado, completo e inteligible, que sea extensible a toda la vida útil del edificio” (Macías & García, 2010) o planta industrial, teniendo en cuenta de una manera muy especial la captura del conocimiento tácito del personal técnico que lo opera (Cárcel & Roldán, 2013), y que incide de una manera exponencial en la eficiencia de los servicios que deben prestar dichas infraestructuras.

La gestión mantenimiento es un proceso sistemático donde se debe planear acciones ayudados por procedimientos que lleven una secuencia lógica a fin de conseguir confiabilidad y disponibilidad de los objetos a mantener. A partir de esto, el objetivo fue implantar en procesos productivos las nuevas tendencias de mantenimiento partiendo del Mantenimiento Productivo Total y Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, que en proceso de optimización se obtiene el Mantenimiento Clase Mundial (Amendola, 2002)

El plan estratégico define las actividades a realizar y las estructuras necesarias para crear las condiciones que permitan obtener altos rendimientos en los mantenimientos. Se fundamenta en conocer las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades que tiene la empresa con respecto al mantenimiento.

2.1.4 Marco Conceptual. El mantenimiento es la acción de tener un aparato, una maquinaria, un producto, entre otros en buen estado, dando restauraciones en cada determinado tiempo, evitando la degradación del mismo.

En el diseño de un Plan de Mantenimiento se debe tener cuenta las políticas de la empresa y de esa manera utilizar las mejores prácticas de mantenimiento en el mundo para convertir más competitiva la empresa.

Dentro del contenido del plan estratégico se deben proporcionar algunos estudios de mantenimiento basados en las condiciones actuales de la empresa y en hechos estadísticos como lo son:

Relación entre Operaciones y mantenimiento: Define los objetivos comunes, responsabilidades de mantenimiento y producción, posición jerárquica, y define quien realiza el mantenimiento. Estudio de criticidad: Define los modos de falla y análisis de efecto de las fallas, teniendo muy en cuenta la experiencia de las personas que operan y reparan las máquinas y la información contenida en la documentación técnica y eventos históricos ocurridos.

Documentación técnica: Establece los documentos que nos permiten administrar la gestión de mantenimiento, como la hoja de vida, la orden de trabajo, ficha técnica, etc.

Sistema de información: Definir el sistema de información utilizado con el objeto de optimizar la herramienta informática y adecuarla a las necesidades específicas del mantenimiento.

Medición de desempeño: Proporciona indicadores de clase mundial como el TMEF (Tiempo medio entre fallas), TMPR (Tiempo medio para reparar), y otros indicadores de mantenimiento cuantitativos o cualitativos, que sirvan como base para la toma de decisiones en la estrategia de mantenimiento.

Administración de Repuestos: Establece un sistema de administración de los repuestos, control y optimización de inventarios. Mejorar los procesos de compras y stock en bodegas.

Procesos de capacitación y desarrollo personal: Define un plan de capacitación para el personal de mantenimiento que cubra los requerimientos de la empresa de acuerdo a los trabajos de mantenimiento que se realizan en la empresa.

Mejoramiento continuo: Establece una metodología basada en el mejoramiento continuo, optimizando todos los recursos de la empresa.

El objeto de estudio, para diseñar el plan de mantenimiento, es un tablero de control de cabeza de pozo "WHCP" el cual, está configurado para pozos

productores, con alternativa de conversión para pozos de inyección de agua y gas, con y sin choke, para choke operado paso a paso o choke operado linealmente. El tablero se encuentra en las instalaciones de los pozos de los campos Cusiana y Cupiagua.

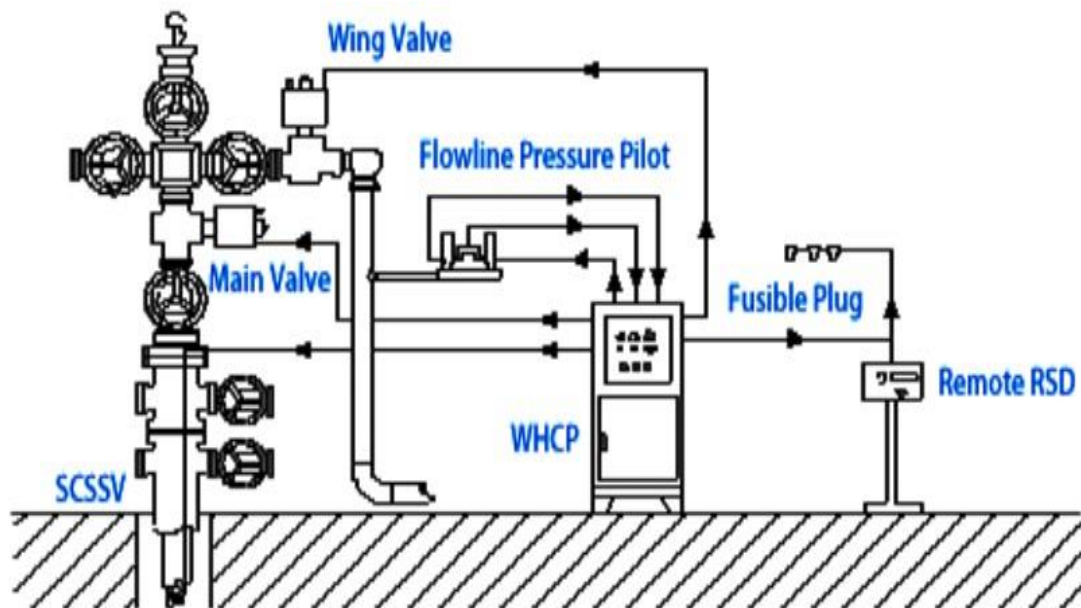
Figura 1. Panel de control de cabeza de pozo 10K



Fuente: Solutions, K. (2010). Koller Solutions. Maschinen – und. Anlagenbau GmbH. Obtenido de Panel de control de cabeza de pozo 10K: <https://www.koller-celle.com/en/wellhead-control-panel-10k.html>

El WHCP debe ser alimentado por módulos solares, los cuales deberán estar montados en una estructura de arreglo solar. Esta estructura también cumple la función de resguardo del WHCP. La energía generada por los módulos solares es regulada por una tarjeta controladora/cargadora (BPR2SS o similares) y almacenada en un banco de baterías de 24VDC. Esta energía es usada por los sistemas neumático e hidráulico que permiten la operación de las válvulas de cabeza de pozo y la válvula de choke.

Figura 2. Funciones del panel de control de cabeza de pozo



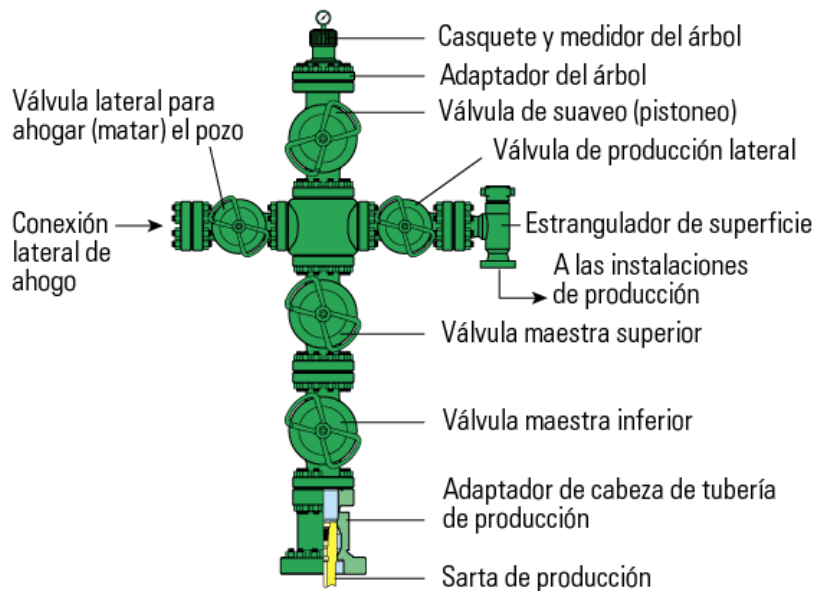
Fuente: Forum, I. (enero de 2019). Instrumentation Forum. Obtenido de Funciones del panel de control de cabeza de pozo.

<https://instrumentationforum.com/t/wellhead-control-panel-functions/7163>

Los sistemas hidráulico y neumático son controlados por una lógica a relevos en conjunto con una lógica en escalera programada en un PLC Allen Bradley (familia MicroLogic 1500) que cumple también la función de RTU (Remote Terminal Unit), es decir, permite la supervisión y control remotos del pozo a través de un radio transceptor.

El WHCP está diseñado como un sistema seguro a fallas (“fail safe”) y puede ser operado como una unidad “stand-alone” (autosuficiente). El diseño del sistema permite la operación de hasta tres válvulas de superficie y una válvula de subsuelo

Figura 3. Árbol de Navidad



Fuente: Glossary, O. (2019). *Schlumberger*. Obtenido de Árbol de Navidad:

https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/c/christmas_tree.aspx#

El WHCP requiere como fuente de energía 14 módulos solares de 75 vatios, montados en un poste con una estructura de arreglo solar. Los módulos solares (12V nominal c/u) conectados en serie/paralelo deben crear un sistema de alimentación de 24VDC. El arreglo debe ser dimensionado para suministrar 112 Amperios-hora en promedio diario.

La alimentación suministrada por los módulos solares es regulada por una tarjeta controladora/cargadora. Los 14 módulos deben ser divididos en dos bancos de 6 y 8 paneles, con cada banco teniendo una entrada independiente a la tarjeta controladora. La tarjeta controladora solar conectará estos bancos, en conjunto o individualmente, según se requiera para cargar el banco de baterías a dos voltajes de referencia. La carga del controlador se conectará mediante protecciones

eléctricas con los sistemas de control: PLC Micrologix, sistemas de relevos, pantalla HMI y equipos de instrumentación y medición.

Figura 4. Controlador de carga solar



Fuente: Tecnología. (2019). *AreaTecnología*. Obtenido de controlador de carga solar: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/regulador-de-carga-solar.html>

2.2. MARCO LEGAL

2.2.1. Definiciones de Mantenimiento. Las diversas normas de los países desarrollados dan definiciones que son clarificadoras de los componentes que caracterizan esta actividad.

2.2.2. Normas de mantenimiento.

- Norma Francesa AFNOR NF X 60-010. Dice que es “El conjunto de acciones que permiten conservar o restablecer un bien a un estado

especificado o a una situación tal que pueda asegurar un servicio determinado”

- Norma Británica BS 3811. Dice que es “La combinación de todas las acciones técnicas y administrativas asociadas tendientes a conservar un ítem o restablecerlo a un estado tal que pueda realizar la función requerida”. Indica además que la función requerida puede ser definida como una condición dada.
- Norma militar norteamericana MIL - STD - 721 C. Dice que son “Todas las acciones necesarias para conservar un ítem en un estado especificado o restablecerlo a él”.
- Organización Europea de Mantenimiento. Dice que es “La función empresarial a la que se encomienda el control constante de las instalaciones, así como el conjunto de los trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las instalaciones productivas, servicios e instrumentación de los establecimientos”.
- Sociedad de Ingeniería del Mantenimiento de Australia (MESA) Dice que son: “Las decisiones de ingeniería y las acciones asociadas necesarias y suficientes para lograr la optimización de una capacidad especificada”.
- Norma Técnica Colombiana NTC-3349. “Esta norma de vocabulario define los principales conceptos básicos que involucran la confiabilidad, el mantenimiento y la disponibilidad en el campo del procesamiento de datos. (Las definiciones que involucran nociones estadísticas se excluyeron). Véase también la publicación 271 de IEC, List of basic terms, definitions and related mathematics for reliability.”

3. SITUACIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO EN LOS POZOS

3.1. ESTRUCTURA Y ESTRATEGIA

Stork Technical Service, presta el servicio de mantenimiento a los equipos de producción en la planta de hidrocarburos y pozos del GDP-CUPIAGUA cuyo cliente es Ecopetrol S.A. Dentro de la estructura operativa de la empresa en la Facilidad de Procesos, se tienen las disciplinas: mecánica, eléctrica, instrumentación, líneas de transferencia y pozos. Siendo ésta última, la encargada de realizar los mantenimientos a los equipos que son el tema de estudio. Cada disciplina tiene un Supervisor, Líder y equipo de técnicos, encargados de la ejecución de los mantenimientos.

Los tableros de control e instrumentación WHCP de los pozos de producción e inyección de gas de Campo Cupiagua y Recetor, actualmente tienen rutinas de mantenimiento de tipo trimestral, semestral y anual con alcances definidos y establecidos en el sistema de información ERP-SAP. Las tareas son de tres tipos de mantenimiento, mantenimiento preventivo ejecutado por rutinas; correctivos programados, que se ejecutan de acuerdo a la solicitud del operador recorredor de pozos o de acuerdo con los hallazgos que se encuentren en las rutinas y por último, existen mantenimientos de tipo reactivo solicitados por el Supervisor de operaciones de pozos con atención inmediata.

Estas rutinas fueron elaboradas hace 8 años, motivo por el cual, a tiempo presente no se tienen registros o soportes de la metodología utilizada para su elaboración. Por otra parte, dentro del tiempo transcurrido la empresa ha tenido cambios significativos como son el cambio de la empresa prestadora del servicio de mantenimiento, cambios operativos de producción, entrada de nuevos pozos en la producción y abandono de otros.

3.2. PLANEACION, PROGRAMACIÓN Y EJECUCIÓN

Para la planificación se cuenta con una persona encargada de revisar en el sistema de información las rutinas de mantenimiento, las cuales se disparan en periodos mensuales. El sistema determina las horas hombre, frecuencia que le corresponde y alcance.

Se realiza la programación por semanas, de las cuales al final de cada periodo se toman estadísticas e indicadores de mantenimiento:

- Cumplimiento del programa semanal de mantenimiento
- Avisos de mantenimientos generados y tratados
- Ready Baclog
- Comparación de Proactivo VS Reactivos

El comportamiento de estos indicadores es analizado por cada disciplina en reunión entre el Cliente (Producción) con Mantenimiento y se generan los respectivos informes y toma de decisiones.

Ejecutada la orden de mantenimiento (ODM) por parte del personal, se carga al sistema de información todos los datos recogidos en el reporte técnico elaborado por los ejecutantes, tales como tiempo efectivo en el equipo (HANDS ON), horas de preparación y desplazamientos (NO HANDS ON), actividades realizadas, materiales y equipos, nombre de los ejecutantes, anomalías detectadas y listas de chequeo. Cuando existe un cierre de pozo, adicional se presenta un reporte de falla (RCA) elaborado por un equipo de trabajo ya determinado.

3.3. ANÁLISIS DOFA DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Se hace un análisis DOFA de la situación actual a los mantenimientos que se están realizando en la actualidad, donde se contemplan las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, teniendo en cuenta la estrategia, los equipos y

herramientas, el factor humano, liderazgo y compromiso con las tareas y datos del sistema de información.

Tabla 1. Factores internos

FORTALEZAS(F)	DEBILIDADES (D)
Actitud operativa en el equipo de trabajo	Monotonía en las rutinas de mantenimiento
personal calificado y experimentado	Baja aceptación al cambio
Experticia en procesos	baja participación en procesos de mejoramiento continuo
Comunicación Mantenimiento y administrativos	Puestos de trabajo con deficiencia en orden y aseo
Relación Operaciones y Mantenimiento	Obsolescencia en equipos y herramientas de mantenimiento
trabajo en equipo	Incertidumbre de continuación de contrato laboral
Roles y responsabilidades	No existen programas de rotación de personal
Sistema de información SAP	Estrategia de mantenimiento incompleta
Programas de bienestar al personal	
Programas y políticas de seguridad vial	
Programas y políticas de seguridad industrial y HSEQ	
Remuneración económica en satisfacción con el personal	

Fuente: El autor

Tabla 2. Factores externos

OPORTUNIDADES (O)	AMENAZAS (A)
Uso de productos petroquímicos en el auto sostenimiento del país	Obsolescencia de Infraestructura y Equipos instalados

Atraer inversión extranjera con nueva tecnología y equipos de perforación	Desarrollo de Hidrocarburos No tradicionales
Generar proyectos de investigación en productos de hidrocarburos	Desarrollo acelerado de energías limpias
Aprendizaje de procesos integrales de procesamiento de hidrocarburos	Conflicto armado Nacional
Competitividad en el mercado laboral y creación de empresa de servicios	Dependencia de tecnologías extranjeras
Mejoramiento continuo	Reducción de personal calificado
	Inestabilidad en el precio del petróleo

Tabla 3. Estrategias FODA

ESTRATEGIAS - FO	ESTRATEGIAS - DO
ESTRATEGIAS DE ATAQUE	ESTRATEGIAS DE REFUERZO
Crear programas de rotación de personal con el equipo CORE de la planta	Implementar programas de liderazgo y coaching para motivar y potencializar el factor humano.
Crear estándares en la ejecución de las tareas de mantenimiento	Aplicar la herramienta de las 5S en cada equipo de trabajo
Crear un grupo interdisciplinario de investigación en servicios de mantenimiento	Implementar la elaboración de manuales de mantenimiento
Crear programa de capacitaciones	Adecuar la estrategia de mantenimiento en el sistema de información SAP
	Reemplazar de equipos y herramientas de trabajo obsoletos

Tabla 4. Estrategias FADA

ESTRATEGIAS - FA	ESTRATEGIAS - DA
ESTRATEGIA DE DEFENSA	ESTRATEGIA DE ABANDONO
Realizar una campaña de mantenimiento y reemplazo de equipos deteriorados y obsoletos	Visualizar mercados diferentes a hidrocarburos
Aplicar programas destinados a reducir el impacto ambiental en la región	Liquidación temporal del personal y dejar el equipo en Stand-by
Reforzar y aplicar las políticas de disposición de residuos generadas por el Cliente y la Empresa	Plan de reducción de gastos y costos de mantenimiento
	Liquidación y venta de los equipos

4. ESTUDIO DE CRITICIDAD

4.1. GENERALIDADES

El tablero de control WHCP tiene instalados para su funcionamiento, equipos de tipo hidráulicos, neumáticos, de control electrónico e instrumentación. Para determinar la criticidad de los equipos se hará una clasificación por grupo de acuerdo a su función. El riesgo o criticidad lo definimos como el producto de la frecuencia por la consecuencia de la falla. La frecuencia es el número de fallas que presenta un equipo en un tiempo determinado. Para cuantificar la consecuencia de la falla se utiliza la ponderación de varios factores o criterios de importancia en función de las necesidades de la organización.

- Riesgo: Frecuencia x Consecuencia
- Frecuencia: Número de Fallas en un tiempo determinado.
- Consecuencia: (Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costos de Mantenimiento + Impacto (Seguridad - Ambiente).

4.2. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

4.2.1. Frecuencia de falla. De acuerdo con el sistema de información se establece una frecuencia de falla de los componentes del tablero de control. Los datos de muestra tienen un rango de tiempo de falla de un año. Se establece una valoración de acuerdo a la frecuencia de falla.

Tabla 5: Ponderado de frecuencia de falla

Frecuencia de falla	PUNTAJE
No presento falla en el año	1
Entre 1 y 3 fallas en el año	2
Entre 3 y 5 fallas en el año	3
Entre 5 y 10 fallas en el año	4

4.2.2. Impacto Operacional. Están categorizados en seis niveles los cuales muestran el grado de efectos que puede tener cada elemento respecto a la operación de cada pozo.

Tabla 6: Ponderado del impacto operacional

IMPACTO EN LA OPERACIÓN	NIVEL
Cierre de pozo y pérdida de producción. Se incumple con la regulación gubernamental. Ocurre sin aviso al CCR	10
Cierre de pozo y pérdida de producción. Se incumple con la regulación gubernamental. Ocurre con aviso al CCR	8
Parada del sistema eléctrico, neumático, hidráulico. Falla menor. No se puede mantener el sistema operativo. Requiere fuerte intervención del operador	6
Parada del sistema eléctrico, neumático, hidráulico. Falla menor. No se puede mantener el sistema operativo. Requiere intervención leve del operador	4
Impactos en inventarios y calidad	2
sin efecto en la producción	1

4.2.3 Flexibilidad Operacional. En la actualidad, existen algunos equipos instalados en cada WHCP sin repuesto en inventario de bodega y la fabricación de ellos son de importación por lo cual se debe tener en cuenta los tiempos de compra en caso de necesitar reemplazos.

Existen otro tipo de elementos, en especial los que tienen que ver con el PLC Allen Bradley y sus tarjetas auxiliares, los cuales se encuentran con tiempos mayores de cinco años que es el tiempo que el fabricante garantiza sus equipos.

Tabla7: Ponderación de flexibilidad

Flexibilidad	PUNTAJE
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuesto de almacén	2
Existe opción de producción	1

4.2.4. Costo del Mantenimiento. Dentro del costo de mantenimiento se ha tenido en cuenta el valor del equipo, los procesos administrativos de compra de material, pérdida de producción y mantenimiento del equipo (desplazamientos, horas hombre, insumos etc.).

El mayor costo tenido en cuenta son las pérdidas por producción las cuales se tienen cuando existe un cierre de pozo causado por falla en algún equipo dado el precio del barril. Los rangos del costo de mantenimiento vienen dados de acuerdo a tablas preestablecidas por el cliente, teniendo la producción en general de la Facilidad.

Tabla 8: Ponderación del costo de mantenimiento

Costo de Mantenimiento	PUNTAJE
Menor a \$5 mil USD	2
Entre \$ 5 mil y \$ 15 mil USD	4
Entre \$ 15 mil y \$ 35 mil USD	7
Mayor a \$ 35 mil USD	10

4.2.5. Impacto en Seguridad, Ambiente e Higiene SAH.

Tabla 9: Ponderación del impacto en SAH

Impacto de Seguridad Ambiente e Higiene	PUNTAJE
Afecta la seguridad Humana	9
Afecta el Medio ambiente	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (ambiente -seguridad)	3
No provoca daños a personas o instalaciones	1

4.2.6. Criterio de valoración. Teniendo como promedio 23 de los datos de riesgo total, determinamos los siguientes rangos y niveles de criticidad:

Tabla 10: Criterios establecidos para valoración de equipos

NIVEL	CONVENCION	RANGOS
MUY ALTO	VH	Superior a 50
ALTO	H	desde 30 hasta 49
BAJO	L	desde 15 hasta 29
NULO	N	inferior a 15

Para establecer los criterios que se tuvo en cuenta la clasificación de los niveles de criticidad, se utilizaron los manuales de operación, la narrativa de control, protecciones del proceso y los planes y estrategias de mantenimiento vigentes.

4.2. ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS

4.2.1. Análisis de los equipos de Instrumentación y control. Se relacionan los elementos instalados en el tablero de control encargados del control de los actuadores finales y de las comunicaciones al cuarto de control.

Tabla 11: Equipos de medición y control instalados en el tablero

C1	Módulo de 16 entradas digitales, Allen Bradley, Ref 1769-IQ16.
C2	Módulo de salidas analógicas, Allen Bradley, Ref 1769-OF2
C3	Pico controller, 24 Vdc, 4 out relay, 8 digital input, 2 analog input, Allen Bradley, Ref 1760-L12BWB-ND
C4	Módulo de 8 salidas de relés, Allen Bradley, Ref 1769-OW8I, SER-B
C5	Blitzductor CT/Ex with MD/Ex 30 Module and gas discharge tube
C6	Barrera amplificadora de señal de 2 entradas, Ref KFD2-SR2-EX2.W
C7	Módulo de terminación derecho, Allen Bradley, Ref 1769-ECR, SER-A
C8	Fuente de alimentación para expansión, Allen Bradley, Ref 1769-PB2, SER-A
C9	Base para procesador MICROLOGIX 1500, Allen Bradley, Ref 1764-28BXB, SER-A
C10	Procesador MICROLOGIX 1500, Allen Bradley, Ref 1764-LRP, SER-C
C11	Push button, Flush Head (Red, serie 800T, Allen Bradley, Ref 800T-A6D2
C12	Blitzductor CT base with ME30 Module
C13	3-Pole DC Operated Contactor w' Integrated Diode, 43A Maximum, 24VDC Coil
C14	Ethernet Radio
C15	AIC + Advanced Interface Converter
C16	Panel View 300 Micro con protocolo DF1, Allen Bradley, Ref 2711-M3A18L1
C17	Time Delay Relay, Solid State
C18	Módulo de memoria y reloj de tiempo real, Allen Bradley
C19	Cable para conexión Micrologix-PC, Allen Bradley, Ref 1761-CBLPM02
C20	Cable para conexión Micrologix-PanelView 2 mts, Allen Bradley, Ref 1761-CBL-HM02

C21	Cable de expansión, Allen Bradley, Ref 1769-CRL3, SER-A
C22	LED, 24VDC, Red
C23	LED, 24VDC, Green
C24	Switch, Level, Fluid, Stainless Steel
C25	Pressure Switch, Piston Type, 15000 Psig Proof, 1000-10000 Psig Setpoint
C26	Pressure Gauge, 0-5000 Psig, bottom connected, liquid filled
C27	Sight Gauge, 15", Dual Port
C28	Solenoid Valve, 24V, 3-Way, NC, Pneumatic Line
C29	Pressure Switch, 3-150 psi setpoint
C30	Switch de nivel hidráulico para reservorio panel de control, Gems, Ref LS-52100
C31	Indicador LED rojo de 17.46 mm, para montaje en panel, 24 Vdc, Dialight, Ref 557-1505-203

Tabla 12: Valoración final de los equipos de medición y control del tablero

ITEM	Frecuencia	Impacto operacional	Flexibilidad	Costo de mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	Impacto total	Criterio valorado
C10	4	8	2	2	1	19	76	VH
C11	4	8	2	2	1	19	76	VH
C20	2	8	4	1	1	34	68	VH
C29	3	8	2	1	1	18	54	VH
C28	2	8	2	1	3	20	40	H
C8	2	8	2	1	1	18	36	H
C6	4	6	1	1	1	8	32	H
C24	2	6	2	2	1	15	30	H
C23	1	8	2	2	3	21	21	L
C9	1	8	2	1	1	18	18	L
C13	1	8	2	1	1	18	18	L
C14	1	8	2	1	1	18	18	L
C15	1	8	2	1	1	18	18	L
C25	1	4	4	1	1	18	18	L

C5	2	6	1	1	1	8	16	L
C1	1	2	2	2	3	9	9	N
C24	1	4	1	1	3	8	8	N
C7	1	4	1	2	1	7	7	N
C4	1	2	1	1	1	4	4	N
C16	1	1	1	2	1	4	4	N
C3	1	1	1	1	1	3	3	N
C12	1	1	1	1	1	3	3	N
C17	1	1	1	1	1	3	3	N
C18	1	1	1	1	1	3	3	N
C19	1	1	1	1	1	3	3	N
C20	1	1	1	1	1	3	3	N
C21	1	1	1	1	1	3	3	N
C22	1	1	1	1	1	3	3	N
C25	1	1	1	1	1	3	3	N
C30	1	1	1	1	1	3	3	N
C35	1	1	1	1	1	3	3	N

4.2.2. Análisis de criticidad para los equipos mecánicos

Tabla 13: Listado de los equipos mecánicos

M1	Accumulator, 185 Cubic Inch, 10000 Psig
M2	Actuador PNEUMATIC 71004685418)
M3	Acumulador hidráulico 5 galones, 5000 psi, Kocsis, Ref ACD50B12PNT-5
M4	Bomba hidráulica de pistones radiales, Rexroth, Ref PR4-17/0.40-700WA01M01
M5	Compresor de piston, max presion 100 psi, Gerdner Denver, TA-4101DC 24 V / 270047
M6	Drain Valve, Air Receiver Tank, Automated
M7	Element, 1/2" Hydraulic Fluid Filter
M8	Element, Filter, Air Compressor Unit
M9	Filter, Air, Heavy Duty, 1/2"
M10	Filter, Oil, 1/2", Stainless Steel, 100 Mesh
M11	Filtro de aire compacto, 250 psi, 1/4" NPT, Metal Bowl, Twist drain, Parker, Ref 06F13AC
M12	Fusible mecánico para acumulador hidráulico 8500 psi, Kocsis, Ref FU202572-5

M13	Regulador de presión, Azul, 50-6000 psi, 1/4" NPT, Tescom, Ref 26-1722-24 / 26-1762-24
M14	Regulador reductor de presión serie 54-2000, Gris, Ref 54-2021D24
M15	Relief Valve, 9600 psig setpoint
M16	Switch de presión diferencial, rango 0.40 - 60 psi, Barksdale, Ref DPD1T-H18SS
M17	Tanque de 3 galones para aire, tipo "hotdog", width 8-1/4 in, diam 6 in, Speedaire, Ref 2TWC1
M18	Valve, Ball 1500#, 1/2" Tube x 1/2" Tube
M19	Valve, Check, 10000#, 1/4"FPT x FPT
M20	Valve, Check, 6000#, 3/8" Tube Conn, 10 PSIG Cracking Pressure
M21	Valve, Relief, 1/4", 5000 Psig Setpoint
M22	Valve, Relief, In-Line, 50-150 Psig Relief; 125 Psig Setpoint
M23	Válvula cheque de acero inoxidable 1/4", largo 2 1/2", , Haskel inc, Ref 28201
M24	Válvula Cheque de acero inoxidable 3/8", 6000 psi, Swagelok, Ref SS-CHS6-10
M25	Válvula cheque de presión regulable rango 50-150 Psig, Swagelok, Ref SS-4CA1-50
M26	Visor de nivel de aceite, serie G605, 15in, sellos BUNA-N, Lube devices, Ref G605-15-A-1

Tabla 14: Clasificación de criticidad de los equipos mecánicos

ITEM	Frecuencia de falla	Impacto operacional	Flexibilidad	Costo de mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	Impacto total	Criterio valorado
M14	3	8	2	3	3	22	66	VH
M2	3	8	2	3	1	20	60	VH
M25	3	8	2	2	1	19	57	VH
M13	2	8	2	3	3	22	44	H
M21	2	8	2	3	3	22	44	H
M1	1	8	4	3	3	38	38	H
M3	1	8	4	3	3	38	38	H
M4	1	8	4	3	3	38	38	H

M5	2	8	2	2	1	19	38	H
M24	2	8	2	1	1	18	36	H
M19	2	8	2	1	1	18	36	H
M20	2	8	2	1	1	18	36	H
M23	2	8	2	1	1	18	36	H
M6	3	6	1	1	1	8	24	L
M12	1	8	2	2	5	23	23	L
M15	1	8	2	3	3	22	22	L
M22	2	8	1	1	1	10	20	L
M7	2	2	2	1	3	8	16	L
M10	2	2	2	1	3	8	16	L
M16	2	1	2	2	3	7	14	N
M11	1	10	1	1	1	12	12	N
M18	1	4	2	1	3	12	12	N
M17	1	1	2	1	5	8	8	N
M26	1	1	2	1	5	8	8	N
M8	2	1	1	1	1	3	6	N
M9	2	1	1	1	1	3	6	N

4.2.3. Análisis de criticidad para los equipos eléctricos

Tabla 15: Listado de los equipos eléctricos

E1	Button, Flush Head (Red), Momentary Contact
E2	Dehnbloc/1 120
E3	Dehnbridge 35
E4	Dehnguard P75
E5	Fuse, Type RK-1, 80 ^a
E6	Fuse, Miniature, Bussman, 5 ^a
E7	Relay, 3-Pole, Double-Throw, 24VDC W/Base
E8	Circuit Breaker, 80 ^a
E9	Diode Assembly, Rectifier with heat shrink & ferrules
E10	Contactor de 3 polos Max corriente 43 A, bobina de 24 Vdc, Allen Bradley,
E11	Motor eléctrico DC, 3/4 HP, 24 Vdc, Arm, 1800 rpm, frame VS56C, Leeson, Ref C4D17FK8B
E12	Breaker miniatura de 80 A, serie QOU, 120/240 VAC, Schneider, Ref

	QOU180
E13	Bateria AGM, 212AH @ 24 hrs, SunXtender, Ref PVX-2120L
E14	Modulo solar de 12 Vdc potencia nominal de 85W, dimensiones R5A, Solar World, SW85 R5A
E15	Controlador de carga, 70A, 24Vdc, Steca, Ref POWER TAROM 2070
E16	Convertor DC/DC 24 V, 2A, rango de entrada 18-30 Vdc, Weidmuller, Ref 9919372424
E17	Protector de cabeza para push button, Allen Bradley, Ref 800T-N129
E18	Bloque de contactos serie 800T, normalmente abiertos, Allen Bradley, Ref 800T-XA2
E19	Interruptor de selección de dos posiciones Allen Brdley, Ref 800T-H48D1

Tabla 16: Clasificación de criticidad de los equipos eléctricos

ITEM	Frecuencia de falla	Impacto operacional	Flexibilidad	Costo de mantenimiento	Impacto SAH	Consecuencia	Impacto total	Criterio valorado
E13	4	8	2	1	1	18	72	VH
E11	3	8	2	2	1	19	57	VH
E15	2	8	2	3	1	20	40	H
E7	2	8	2	1	1	18	36	H
E14	3	4	2	3	1	12	36	H
E16	1	8	2	3	1	20	20	L
E5	1	8	2	2	1	19	19	L
E1	1	8	2	1	1	18	18	L
E6	1	8	2	1	1	18	18	L
E12	1	8	2	1	1	18	18	L
E2	1	4	2	3	1	12	12	N
E3	1	4	2	3	1	12	12	N
E4	1	4	2	3	1	12	12	N
E8	1	10	1	1	1	12	12	N
E18	1	8	1	1	1	10	10	N
E9	1	1	2	1	5	8	8	N

E10	1	1	2	1	5	8	8	N
E19	1	4	1	1	1	6	6	N
E17	1	1	1	1	1	3	3	N

4.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Realizada la jerarquización de los equipos de acuerdo con cada función que cumple en el WHCP, nos vamos a centrar en los equipos críticos para enfrentar la solución de problemas y fallas desde la confiabilidad y la alta frecuencia de ocurrencia. Los resultados del análisis cuantitativo lo presentamos con un enfoque numérico de probabilidad donde se busca definir los impactos económicos y operativos de las variables. En síntesis, tenemos resultados de jerarquización de un total de 76 equipos instalados en el WHCP así:

- Valoración VH 9
- Valoración H 17
- Valoración L 18
- Valoración N 32

5. VIDA UTIL Y MODOS DE FALLA

5.1. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y RENOVACIÓN DE EQUIPOS

Conforme a los modos de falla que se vienen registrando en los mantenimientos, se inicia con un programa de reemplazo de equipos, debido que gran parte de los elementos instalados han venido funcionando con un tiempo promedio de 12 años. Nos centramos en este capítulo en los elementos con calificación de criticidad VH, debido a que cualquier fallo en éstos nos van a generar un cierre de pozo directo.

Tabla 17: Consolidado de equipos críticos VH del WHCP

E13	Bateria AGM, 212AH @ 24 hrs, SunXtender, Ref PVX-2120L
E11	Motor eléctrico DC, 3/4 HP, 24 Vdc, Arm, 1800 rpm, frame VS56C, Leeson, Ref C4D17FK8B
C1	Módulo de 16 entradas digitales, Allen Bradley, Ref 1769-IF4
C2	Módulo de salidas analógicas, Allen Bradley, Ref 1769-OF2
C3	Pico controller, 24 Vdc, 4 out relay, 8 digital input, 2 analog input, Allen Bradley, Ref 1760-L12BWB-ND
C29	Pressure Switch, 3-150 psi setpoint
M14	Regulador reductor de presión serie 54-2000, Gris, Ref 54-2021D24
M2	Actuador PNEUMATIC 71004685418)
M25	Válvula cheque de presión regulable rango 50-150 Psig, Swagelok, Ref SS-4CA1-50

5.1.1. Módulos de PLC y sistemas de control. Los módulos del PLC, históricamente han sido los mayores causantes del cierre de pozo por los últimos tres años. Se han evidenciado algunos modos de falla, pero en varias ocasiones no se evidencia la causa del cierre del pozo. Inicialmente, el autodiagnóstico del PLC es atribuido a algún módulo de expansión, pero de acuerdo con una solicitud y estudio hecho por el fabricante, se diagnosticó que la causa raíz es un elemento electrónico interno de la tarjeta que por horas de trabajo entra en intermitencia,

generando el fallo del PLC. Por lo anterior se hace un levantamiento de información para reemplazo de las tarjetas.

Algunos de los tableros no tienen las protecciones adecuadas para el sistema de control. Por lo tanto, se debe mejorar las protecciones, en el momento de ocurrir cualquier eventualidad en el tablero o descargas atmosféricas, el tablero puede verse afectado por energía residual. Los modos de falla que se han evidenciado son:

- Desajuste de protecciones según la carga instalada
- Falta de Instalación de protecciones para PLC
- Las protecciones del sistema de potencia y protecciones del sistema de control están compartidas
- Falta de Instalación de breakers y fusibles necesarios.
- Instalaciones fuera de las recomendaciones de la ANSI-IEEE para protecciones eléctricas
- Tarjetas con fechas de fabricación mayores a diez años. Lo cual es el tiempo de funcionamiento que ofrece la garantía del fabricante.

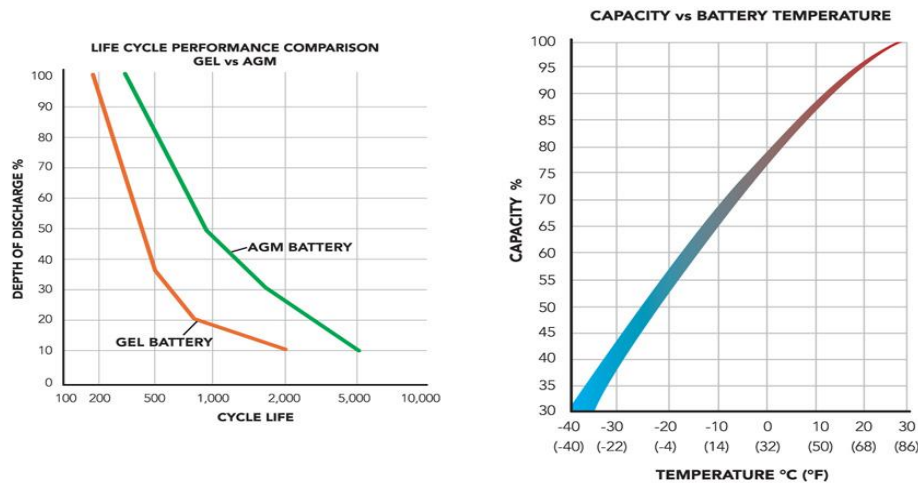
Se realizó una recopilación de información (ANEXO A) por dos meses tomando registro de la fecha de fabricación de cada tarjeta electrónica y se encontraron las siguientes conclusiones

Tabla 18. Tarjetas electrónicas del PLC

MODULO DE EXPANSIÓN	CANT.	REEMPLAZAR
Módulo de 16 entradas digitales, Allen Bradley, Ref 1769-IQ16	55	30
Módulo de 8 salidas de relés, Allen Bradley, Ref 1769-OW8I,	49	21
Módulo de 4 entradas digitales, Allen Bradley, Ref 1769-IF4	88	62
Módulo de salidas analógicas, Allen Bradley, Ref 1769-OF2	13	10

5.1.2. Batería AGM, 212AH @ 24 hrs

Es una batería para energía renovable de 12 voltios de almacenamiento diseñada para energía solar, eólica y de respaldo. Desde 1987, Sun Xtender ha estado diseñando baterías de plomo ácido reguladas por válvula con construcción AGM (VRLA-AGM). La construcción AGM significa que nunca habrá reposición de agua. Figura 5. Comportamiento de ciclos de descarga de la batería



Fuente: http://www.sunxtender.com/images/battery_graphs_printable.jpg

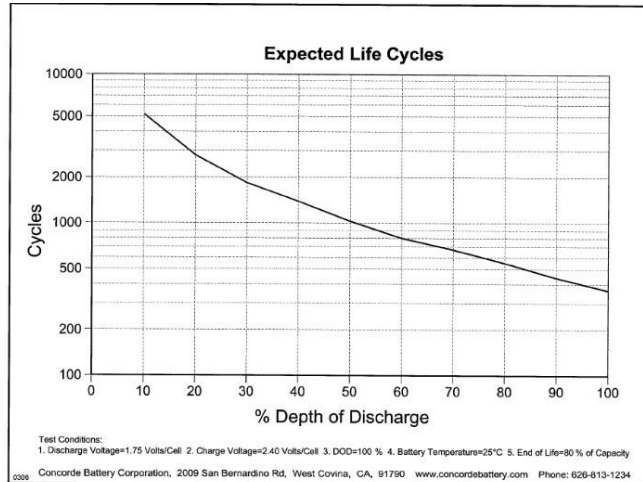
Los modos de falla que ha presentado la batería de acuerdo con los historiales de mantenimiento por:

- Torque insuficiente en los bornes de conexión
- Presencia de humedad y sulfatación en las conexiones
- Puntos calientes en las conexiones de la acometida en el WHCP
- No presenta aislamiento entre la base de la batería y la carcasa metálica del WHCP
- Bajos niveles de voltaje en la fuente de carga (celdas solares)

Se establecen tareas específicas para realizar seguimiento y control de los estados de carga y vida útil de cada batería. El tiempo estimado de carga se define por la ecuación:

Tiempo de Full carga = $[(1-75/100) \times 258 \text{ Ah} \div 15\text{A}] + 2 \text{ hours} = 6.3 \text{ hours}$.

Figura 6. Ciclos de vida útil de la batería



Fuente: http://www.sunxtender.com/images/battery_graphs_printable.jpg

5.1.3. Elementos hidráulicos. Los elementos del circuito hidráulico son de larga vida útil y baja tasa de fallo por parte propia del equipo de acuerdo con los datos del sistema de información y la experticia de los técnicos. Dentro de los programas de mantenimiento se asocian tareas específicas para realizar control de funcionamiento y posible reemplazo del elemento. Los modos de falla más comunes corresponden a los mencionados:

- Desajuste de los puntos de disparo o set-point
- Fuga de producto hidráulico por deterioro en las empaquetaduras de las válvulas y sellos o-rings.
- Falta de torque en los puertos de conexión hidráulica (*fittings*)
- Ruptura de tubing de conexión (*liners*) de acero inoxidable por vibración en los motores de la bomba y el compresor.
- Perdida de integridad de los sellos por presencia de agua en el circuito.

Figura7. Conexionado de sistemas hidráulicos con tubing



Fuente: <https://www.bousteadcontrols.com/products.php?id=1>

6. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

6.1. MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN

6.1.1. Análisis de aceite hidráulico. El circuito hidráulico se encuentra diseñado en bucle de forma que el aceite tenga recirculación. Debido a que la instalación de los equipos es en campo abierto, cabe la posibilidad que, por efectos de evaporación, se genere condensado en el tanque hidráulico y con el tiempo se contamine el aceite. Otra fuente de contaminación en el aceite hidráulico es la intervención que se hace por parte de la operación de pozos, donde se hace desconexión de las líneas de tubería en acero inoxidable y con la manipulación inadecuada se contamina el aceite hidráulico con material particulado, el cual ha sido evidenciado en la limpieza de los filtros de succión de la bomba.

Se debe realizar una toma de muestra de aceite anualmente para ser revisado en laboratorio, para definir reemplazos. La contaminación del aceite es un criterio importante para tener en cuenta con los modos de falla que se han presentado en elementos de control hidráulico como válvulas reguladoras y acumuladores.

5.1.2. Termografía a los sistemas eléctricos. Con las rutinas de mantenimiento actuales y los análisis de causa raíz se ha encontrado que el modo de falla que se viene presentando es la presencia de conexiones eléctricas deficientes.

Estos puntos de falla en la conexión de los terminales eléctricos son causados por las vibraciones constantes de los motores de la bomba hidráulica y el compresor junto con la variación de temperatura interna en el WHCP y la probable conexión primaria en el montaje. Se debe realizar una toma termográfica general al sistema de control con periodo semestral para determinar comportamientos de los equipos de control PLC, fuente VCD, relevos y conexiones del sistema fotovoltaico para determinar tiempos de vida útil y reemplazo de equipos.

6.1.3. Mantenimiento a las celdas solares. El desgaste progresivo de las celdas solares debe ir registrando para calcular la vida útil de la celda. Se debe tomar la medida de corriente en amperios puesta con una carga de baja impedancia. Se toma medición con un periodo semestral.

6.2. MANTENIMIENTO POR CRITICIDAD DE EQUIPOS

Con base en el nivel crítico que representa cada equipo dentro se deben realizar tareas específicas que permitan controlar la vida útil de cada elemento. El registro tomado por cada intervención se debe llevar a la hoja de vida del equipo. Cada tarea está representada en las tablas 18 y 19

A los equipos de valoración L y N se establece mantenerlos en la condición básica que se realiza cada seis meses, realizando los respectivos reportes de condición para su posible reemplazo de ser necesario.

Tabla 19: Tareas de mantenimiento para equipos VH

EQUIPO	TAREA	FRECUENCIA
Batería AGM, 212AH @ 24 hrs, SunXtender, Ref PVX-2120L	Revisar y registrar el porcentaje de carga	Mensual
	Medir y registrar tensión de cada batería	Mensual
	Limpieza y ajuste de bornes de conexión	Mensual
	Verificación y toma de parámetros del controlador solar	Mensual
Motor eléctrico DC, 3/4 HP, 24 Vdc, Arm, 1800 rpm, frame VS56C, Leeson, Ref C4D17FK8B	Medir y registrar tensión, corriente y temperatura	Mensual
	Limpieza del colector y bornes de conexión	12 meses
	Lubricación	12 meses
	Cambio de rodamientos	24 meses
	Cambio de escobillas	250 mm
Módulo de 16 entradas digitales, Allen Bradley, Ref. 1769-IF4	Revisar sistema de puestas a tierra del PLC	6 meses
	Retiro y limpieza, aplicar desalojador de humedad y limpiador de contactos	12 meses
	Reemplazo	10 años
Módulo de salidas analógicas, Allen Bradley, Ref. 1769-OF2	Revisar sistema de puestas a tierra del PLC	6 meses
	Retiro y limpieza, aplicar desalojador de humedad y limpiador de contactos	12 meses
	Reemplazo	10 años

Pico controller, 24 Vdc, 4 out relay, 8 digital input, 2 analog input, Allen Bradley, Ref 1760-L12BWB-ND	Revisar sistema de puestas a tierra del PLC	6 meses
	Retiro y limpieza, aplicar desalojador de humedad y limpiador de contactos	12 meses
	Reemplazo	10 años
Pressure Switch, 3-150 psi setpoint	Verificación y ajuste necesario del setpoint @ 100 PSI INC.	6 meses
	Limpieza de conexión eléctrica y toma de aire, aplicar dealojador de humedad	6 meses
Regulador reductor de presión serie 54-2000, Gris, Ref. 54-2021D24	Desarmar, limpiar, reemplazar y lubricar empaquetaduras y sellos	12 meses
	Realizar prueba de fuga con presión de entrada @ 4500 PSI	12 meses
	Realizar prueba de regulación de presión ascendente y descendente	6 meses
Actuador PNEUMATIC 71004685418) _ SDV	Medir y registrar el valor de resistencia de la bobina del solenoide	6 meses
	Verificar la ausencia de fuga en el compartimento neumático de la SDV	6 meses
	Reemplazar Kit de sellos neumáticos	24 meses

Tabla 20: Tareas de mantenimiento para equipos H

EQUIPO	TAREA	FRECUENCIA
Controlador de carga, 70A, 24Vdc, Steca, Ref POWER TAROM 2070	Revisar la configuración y comparar confirme al instructivo POWER TAROM 4545	Mensual
	Revisar y corregir torque de conexiones eléctricas	12 meses
Relay, 3-Pole, Double-Throw, 24VDC W/Base	Medición del valor de resistencia de la bobina	12 meses
	Revisar y corregir torque de conexiones eléctricas	12 meses
Modulo solar de 12 Vdc potencia nominal de 85W, dimensiones R5A, Solar World, SW85 R5A	Medir tensión y corriente en cada módulo solar	6 meses
	Lavado de celdas solares	9 meses
Solenoid Valve, 24V, 3-Way, NC, Pneumatic Line	Medición del valor de impedancia de la bobina.	6 meses
	Revisar la ausencia de fuga de aire en las conexiones de proceso	mensual
Módulo de 8 salidas de relés, Allen Bradley, Ref 1769-OW8I, SER-B	Revisar sistema de puestas a tierra del PLC	6 meses
	Retiro y limpieza, aplicar desalojador de humedad y limpiador de contactos	12 meses
	Reemplazo	10 años

Blitzductor CT/Ex with MD/Ex 30 Module and gas discharge tube	Limpiar y revisar torque de las conexiones eléctricas	anual
	Medir y registrar la puesta a tierra del elemento	seis meses
Barrera amplificadora de señal de 2 entradas, 24 Vdc, certificada sil 2, Pepperl Fuchs, Ref KFD2-SR2-EX2.W	Realizar prueba de funcionamiento de acuerdo con los estados de posición de cada válvula de superficie	seis meses
	Revisión del conexionado en bones	anual
Regulador de presión, Azul, 50-6000 psi, 1/4" NPT, Tescom, Ref 26-1722-24 / 26-1762-24	Desarmar, limpiar, reemplazar y lubricar empaquetaduras y sellos	anual
	Realizar prueba de fuga con presión de entrada @ 4500 PSI	anual
	Realizar prueba de regulación de presión ascendente y descendente	seis meses
Valve, Relief, 1/4", 5000 Psig Setpoint	Limpiar resorte, o-rings y empaques	anual
	Verificar y ajustar set-point	anual
Accumulator, 185 Cubic Inch, 10000 Psig	Verificar carga y descarga de presión hidráulica	seis meses
	Realizar precarga de nitrógeno @1500 PSI	anual
	Cambiar empaques del pistón	36 meses
Acumulador hidráulico 5 galones, 5000 psi, Kocsis, Ref ACD50B12PNT-5	Verificar carga y descarga de presión hidráulica	seis meses
	Realizar precarga de nitrógeno @1500 PSI	anual
	Cambiar empaques del pistón	36 meses
Bomba hidráulica de pistones radiales, Rexroth, Ref PR4-17/0.40-700WA01M01	Verificar el estado del acople motor-bomba	seis meses
	Limpiar y lubricar acople motor-bomba	seis meses
Compresor de piston, max presión 100 psi, Gerdner Denver, TA-4101DC 24 V / 270047	Medir y registrar la temperatura en la carcasa	seis meses
	Cambiar Kit de reparación (menor/mayores kits)	24 meses
Válvula Cheque de acero inoxidable 3/8", 6000 psi, Swagelok, Ref SS-CHS6-10	Retirar y limpiar o-ring y resorte de la válvula	anual
Valve, Check, 10000#, 1/4"FPT x FPT	Retirar y limpiar o-ring y resorte de la válvula	anual
Valve, Check, 6000#, 3/8" Tube Conn, 10 PSIG Cracking Pressure	Retirar y limpiar o-ring y resorte de la válvula	seis meses
Válvula cheque de acero inoxidable 1/4", largo 2 1/2", max presión hidráulico 15000, Haskel inc, Ref 28201	Retirar y limpiar o-ring y resorte de la válvula	anual

6.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Se establecen rutinas de mantenimiento de tipo mensual, semestral y anual, enfocadas a mantener los equipos en su condición básica de operación. Dentro de cada visita se debe tener los principios de limpieza, lubricación, eliminación de humedad e impermeabilización de las cajas de control eléctrico.

6.3.1. Mantenimiento/Inspección general del sistema: Cada mes

Con esta inspección se busca prevenir que no haya descarga total de las baterías y por consiguiente la pérdida de presión en las líneas hidráulicas y neumáticas, debido a las pequeñas fugas. Esta actividad debe ser realizada por un técnico u operador de instrumentos con su respectivo ayudante técnico, e incluye las siguientes tareas:

- Observar adentro del WHCP e identificar fugas hidráulicas y aplicar agua con jabón en las líneas neumáticas para identificar fugas de aire.
- Revisar el torque de los accesorios de conexión “fittings” si es necesario.
- Drenar el agua existente en el sistema neumático usando las válvulas localizadas debajo de los filtros y (si la válvula automática de drenaje del tanque receptor de aire no está siendo usada) abriendo manualmente la válvula de drenaje del tanque receptor de aire.
- Verificar los parámetros de funcionamiento en el controlador solar, tomar la medición de tensión y corriente, diligenciando la respectiva lista de chequeo del sistema solar.
- Verificar el nivel del aceite hidráulico en el visor del tanque

6.3.2. Mantenimiento cada seis meses

- Mantenimiento filtros del sistema hidráulico: Retirar y limpiar los filtros del sistema hidráulico cerrando las válvulas de bloqueo y aislando un filtro a la vez. Mientras se sostiene firmemente el filtro en su lugar, use una llave inglesa para remover la tapa de acceso localizada por debajo de

del cuerpo del filtro. Cuidadosamente remueva el filtro de adentro y límpielo. Reinstale filtro y tapa, teniendo con firmeza el cuerpo del filtro en su lugar.

- Inspección del motor del compresor de aire: El motor de 24VDC viene previamente lubricado y con los cojinetes sellados, por lo tanto, no es requerida lubricación de mantenimiento. Las escobillas del motor deberían ser inspeccionadas una vez al año, y remplazadas en caso de estar desgastadas. El fabricante del motor recomienda que las escobillas sean cambiadas cada 1500 horas de operación.
- Inspección del motor de la bomba hidráulica: El motor de 24VDC viene previamente lubricado y con los cojinetes sellados, por lo tanto, no es requerida lubricación de mantenimiento. Las escobillas del motor deberían ser inspeccionadas una vez al año. Las escobillas estándar tienen una longitud inicial y cuando su longitud llegue a 5/8" por el desgaste, éstas deben ser reemplazadas

6.3.3. Mantenimiento cada año

- Mantenimiento a reguladores de presión: Los reguladores deben recibir mantenimiento anual, bajo condiciones normales de operación. El mantenimiento comprende desensamblar las partes del regulador para remover cualquier depósito de partículas, basuras, dejados por el fluido hidráulico y para reemplazar partes desgastadas o dañadas
- Mantenimiento de los internos del compresor: El compresor de aire, de 24VDC 1/3 HP, tiene un ciclo de mantenimiento recomendado de 2 años. Los componentes sujetos a desgaste deben ser reemplazados durante el desensamble y ensamble del compresor. Para mayor detalle ver el manual del fabricante del compresor.

- Medición del sistema de puesta a tierra: Se hace medición con el telurómetro y se registra, por independiente cada circuito puesto a tierra, revisando que las conexiones estén libres de corrosión y se verifica el torque de cada conexión. Se debe eliminar los tornillos de conexión que no sean en acero inoxidable

7. CONCLUSIONES

Se estableció un plan de mantenimiento estandarizado de un tablero de control de cabeza de pozo, proyectado para ejecución de acuerdo con las necesidades y variables operativas actuales en los pozos en el campo Cupiagua, teniendo en cuenta las rutinas existentes y las oportunidades de mejorar los programas de mantenimiento. Se hizo un análisis técnico e interdisciplinario para determinar el mejoramiento de las condiciones de los equipos y se establece un número de tareas adicionales con el objeto de tener datos y trazabilidad de cada elemento del WHCP.

El talento humano debe ser el mayor factor al que se debe involucrar dentro de la planeación, programación y ejecución de los trabajos, buscando siempre el bienestar laboral y que se sientan involucrados con los objetivos de la empresa y el cliente. Dentro de ellos tiene que existir un programa de capacitaciones de tipo personal como técnico. La elaboración de informes de mantenimiento y de manuales de función es un compromiso del equipo técnico a cargo del mantenimiento en los pozos para iniciar con programas de mejoramiento y cambio de cultura operacional.

El mundo globalizado se debe tomar como una gran oportunidad de crecimiento de tipo personal y colectivo. Cada individuo que tenga relación con la actividad de mantenimiento tiene amplias posibilidades de perdurar en el mercado laboral y por consiguiente, encontrar en las empresas la adecuada motivación para encontrar sus propósitos. Mantener los equipos y la plantas en producción adecuada es el gran aporte que nosotros como agentes del cambio podemos aportar para el desarrollo de regiones y la nación.

BIBLIOGRAFIA

AMENDOLA, Luis. Publicaciones Nacionales Técnicas y Extranjeras (PUNTEX). Modelos mixtos en la gestión del mantenimiento. Ciencias aplicadas e interdisciplinarias virtual pro, 1-6. Publicado 2002.

CÁRCEL, F., & ROLDÁN, C. Principios básicos de la Gestión del Conocimiento y su aplicación a la empresa industrial en sus actividades tácticas de mantenimiento y explotación operativa: un estudio cualitativo. Intangible Capital, 9(1), 91-125. (marzo de 2013).

GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y Gestión Integral del Mantenimiento. SBN Papel.: 9788479785482, ISBN Ebook: 9788479785772, Páginas: 320, Editorial: Ediciones Díaz de Santos, Año Publicación: 2003, N° Edición: 1

KUMARAN, Durairaj S.K. Ong A. YC Nee R.BH Tan. "Evaluation of Life Cycle Cost Analysis Methodologies". Corporate Environmental Strategy. Vol. 9, Issue 1, pp. 30-39. February 2002. DOI: 10.1016/j.physletb.2003.10.071

MORA, Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. México D.F, México: Alfaomega. Septiembre 2009.

NAZIM U. Ahmed. "A design and implementation model for life cycle cost management system". Information and Management. Vol. 28, Issue 4, pp. 261-269. April 1995. DOI: 10.1016/0378-7206(94)00040-P.

ANEXOS

ANEXO A: Levantamiento de información de las fechas de fabricación de las tarjetas de PLC instaladas actualmente.

ITEM	POZO	MODO DE OPERACIÓN ACTUAL	MODULOS I/O							
			ENTRADA DIGITAL		SALIDA DIGITAL		ENTRADA ANALOGA		SALIDA ANALOGA	
			CANT.	1769-IQ16	CANT.	1769-OW8I	CANT.	1769-IF4	CANT.	1769-OF2
1	T32	INYECTOR	1	Mfg. 0505	1	Mfg. 0107	2	Mfg. 1104	0	
2	YD36	INYECTOR	2	Mfg. 0605	2	Mfg. 0605	2	Mfg. 1512	1	Mfg. 0811
3	XP1	PRODUCTOR	1	Mfg. 0506	1	Mfg. 0701	1	Mfg. 0510	0	
4	T27	PRODUCTOR	1	Mfg. 1206	1	Mfg. 0107	2	Mfg. 0107	0	
5	YTB	PRODUCTOR	1	Mfg. 1206	2	Mfg. 0803	2	Mfg. 1601	1	Mfg. 0303
6	K5	PRODUCTOR	1	Mfg. 1206	1	Mfg. 0406	2	Mfg. 0803	0	
7	A1	PRODUCTOR	1	Mfg. 1206	1	Mfg. 0107	2	Mfg. 0811	0	
8	NW43	PRODUCTOR	2	Mfg. 0808	1	Mfg. 1108	3	Mfg. 0107	0	
9	NW40	PRODUCTOR	1	Mfg. 0303	2	Mfg. 0803	2	Mfg. 0903	1	Mfg. 0908
10	XB31	INYECTOR	2	Mfg. 0710	1	Mfg. 0109	3	Mfg. 0908	1	Mfg. 0802
11	Q6	PRODUCTOR	1	Mfg. 0202	1	Mfg. 0202	2	Mfg. 1002	1	Mfg. 1009
12	B2	PRODUCTOR	1	Mfg. 1206	1	Mfg. 0107	2	Mfg. 0610	1	Mfg. 1009
13	B25	PRODUCTOR	1	Mfg. 1206	1	Mfg. 1104	2	Mfg. 0510	0	
14	E41	PRODUCTOR	2	Mfg. 1204	2	Mfg. 1104	2	Mfg. 0102	0	
15	H8	PRODUCTOR	1	Mfg. 1206	1	Mfg. 1105	2	Mfg. 0802	0	
16	S26	PRODUCTOR	1	Mfg. 0604	1	Mfg. 0410	2	Mfg. 0107	0	
17	U13	PRODUCTOR	1	Mfg. 1206	1	Mfg. 0803	2	Mfg. 0510	0	
18	XC19	PRODUCTOR	1	Mfg. 0603	1	Mfg. 0902	2	Mfg. 1002	0	
19	XD44	PRODUCTOR	2	Mfg. 1011	1	Mfg. 1108	3	Mfg. 0903	0	
20	XL-4	PRODUCTOR	1	Mfg. 0505	1	Mfg. 0207	2	Mfg. 0803	0	
21	XL5	PRODUCTOR	1	Mfg. 0906	2	Mfg. 0207	2	Mfg. 1104	0	
22	XN6	PRODUCTOR	2	Mfg. 0808	1	Mfg. 1108	3	Mfg. 1605	1	Mfg. 0908
23	VOL-A1	PRODUCTOR	2	Mfg. 0805	2	Mfg. 0705	2	Mfg. 1210	0	
24	VOL-C2	PRODUCTOR	2	Mfg. 0305	2	Mfg. 0207	2	Mfg. 0610	0	
25	YR4	PRODUCTOR	1	Mfg. 1205	1	Mfg. 1209	2	Mfg. 1709	1	Mfg. 0908
26	YR-5	PRODUCTOR	1	Mfg. 0604	1	Mfg. 1107	2	Mfg. 0808	0	
27	YR7	PRODUCTOR	2	Mfg. 0907	1	Mfg. 0706	4	Mfg. 0908	0	
28	E-7	INYECTOR	2	Mfg. 0705	2	Mfg. 0307	2	Mfg. 0706	0	
29	S-21	INYECTOR	1	Mfg. 1106	1	Mfg. 0107	2	Mfg. 0611	1	Mfg. 0105
30	S-22	INYECTOR	1	Mfg. 1202	1	Mfg. 1105	2	Mfg. 0904	0	
31	U-23	INYECTOR	1	Mfg. 1206	1	Mfg. 0405	2	Mfg. 0107	0	
32	XA-3	INYECTOR	1	Mfg. 1206	1	Mfg. 0402	1	Mfg. 1606	0	
33	XH-39	INYECTOR	1	Mfg. 1709	2	Mfg. 0107	3	Mfg. 1503	0	
34	XH-38	INYECTOR	1	Mfg. 1206	1	Mfg. 0803	2	6/09/2017	0	
35	XW-37	INYECTOR	2	Mfg. 1002	1	Mfg. 0902	3	17/05/2012	0	
36	XZ-2	INYECTOR	1	Mfg. 0102	1	Mfg. 1101	2	31/03/2015	0	
37	YB-3	INYECTOR	2	Mfg. 0808	1	Mfg. 1108	3	Mfg. 0107	0	
38	YR-6	INYECTOR	2	Mfg. 1106	1	Mfg. 0107	3	Mfg. 1002	1	Mfg. 0908
39	YZ-11	INYECTOR	2	Mfg. 1208	1	Mfg. 1104	2	Mfg. 1104	1	Mfg. 0911