UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

PLAN DE MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURAS DE UNIDADES GENERADORAS EN CENTRAL TERMOELÉCTRICA VENTANAS EMPRESA AES GENER

Trabajo de Titulación para optar al Título de Ingeniería de Ejecución en Mantenimiento Industrial

Alumno:
Nataly Angélica M. Araos Durán

Profesor Guía:
Ing./Sr. Luis Gutiérrez Meneses

2020

RESUMEN EJECUTIVO

Keywords: PLAN DE MANTENIMIENTO – ESTRUCTUAS METALICAS – CENTRAL TERMOELÉCTRICA

El siguiente trabajo de título se orientó en la realización de un plan de mantenimiento a las estructuras de soporte de las unidades generadoras de energía de la central termoeléctrica, pertenecientes a la empresa Aes Gener Ventanas. El plan de mantenimiento tiene la finalidad de compensar la degradación que el tiempo y las condiciones provocan en las instalaciones, es por esto, que se definen un conjunto de actividades que ayudan a minimizar el impacto. Para lograr la realización de este plan de mantenimiento, se entrega al lector una ejecución teórica del trabajo. Este se inicia con la descripción de las estructuras de estudio que fueron consideradas para este proyecto, donde en un principio se iban a considerar cuatro, pero la empresa Aes Gener informó el cierre de una de las unidades de generación de vapor para el presente año 2020. La descripción a las estructuras se realizará en tres secciones, las que se corresponde con su espacio geográfico, características generales y a las condiciones ambientales a las que se encuentran expuestas. Además se da a conocer la criticidad que presentan las tres estructuras, mediante mediciones de espesores, con el fin de elegir a la más crítica para la realización del plan de mantenimiento, ya que, esta al poseer las condiciones menos favorables permitirá homologar las actividades de mantenimiento a las otras estructuras.

En el capítulo dos se presenta la elaboración del plan de mantenimiento, el cual fue ejecutado mediante la base teórica del RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad). El capítulo comienza con la descomposición jerárquica del activo, donde este se divide en tres categorías; sistema, subsistema y componentes. Determinando así el diagrama funcional de la estructura. El trabajo continúa con la codificación, la cual consiste en dotar de un código reconocible, por el personal de planta, a los sistemas, subsistemas y componentes obtenidos. El sistema de código utilizado en la planta es el KKS (Kraftwerk Kennzelchen System), que es especialmente diseñado para centrales generadoras. Luego de esto, comienza la realización del plan, donde se detallan el análisis de modos de falla y sus efectos (FMEA), además se presenta el número de prioridad de riesgo (RPN), el cual ayuda a la detección de fallas críticas, semi-críticas y no críticas. En seguida sigue la toma de decisiones para poder saber que tareas o actividades se deben realizar para asegurar el funcionamiento o durabilidad del activo en cuestión. Terminando con la asignación de tareas, donde se ve representada su frecuencia y duración.

El capítulo final está enfocado en realizar la programación del plan de mantenimiento, ideando y ordenando las actividades más propicias para su realización y efectivo trabajo. Además, se realizó la asignación de los recursos divididos en tres categorías; trabajo, la cual corresponde a la nómina de empleados

que deben cumplir la tarea, material, en donde están asociadas las herramientas y los materiales a utilizar en cada activad o tarea de mantenimiento y por último, otros costos, donde fueron especificados los recursos que no entraban en ninguna de las dos categorías anteriores. Conjuntamente, se realizó la carta Gantt, la cual define las tareas o actividades planteadas en un plazo determinado, siguiendo una relación lógica de ejecución entre ellas. Finalmente, se dio paso a la realización de las fichas de mantenimiento, las cuales culminan el proceso de elaboración del plan. En ellas van especificados los procedimientos a seguir de cada una de las tareas a realizar por parte del personal de mantenimiento, además de la información necesaria y los costos de los recursos asignados por tarea.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCIÓN **1**

OBJETIVOS **3**

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE ESTUDIO **5**

1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE ESTUDIO **7**

1.1. ESPACIO GEOGRÁFICO **7**

1.1.1. Ubicación de las estructuras 7

1.1.2. Entorno de las estructuras 11

1.1.2.1. Caldera 11

1.1.2.2. Pulverizadores 12

1.1.2.3. VTF y VAP 13

1.1.2.4. Silos de Carbón y Alimentadores 14

1.1.2.5. Sistema Ceniza de Fondo 15

1.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTRUCTURAS **16**

1.2.1. Dimensionamiento Estructura Unidad 2 16

1.2.2. Dimensionamiento Estructuras Nueva Ventanas y Campiche 19

1.2.3. Características de Diseño 22

1.2.3.1. Estructura Unidad 2 22

1.2.3.2. Estructuras Unidad Nueva Ventanas y Campiche 23

1.3. CONDICIONES AMBIENTALES **23**

1.3.1. Corrosión de los Metales 23

1.3.1.1. Corrosión electroquímica 24

1.3.2. Condiciones Ambientales de la Planta 26

1.3.2.1. Estructuras Sistema Generación de Vapor 30

1.3.2.2. Especificaciones de Pintura 31

1.4. CRITICIDAD DE LAS ESTRUCTURAS **32**

1.4.1. Deterioro de las Estructuras 32

1.4.2. Mediciones de Espesores 33

1.4.2.1. Mediciones de Espesores Zona Base 36

1.4.2.2. Mediciones de Espesores Zona Media 42

1.4.2.3. Mediciones de Espesores Zona Superior 47

1.4.2.4. Resultados Análisis de Criticidad 52

CAPÍTULO 2: DESARROLLO PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO **53**

2. DESARROLLO PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO **55**

2.1. SECCIONAMIENTO DEL ACTIVO **56**

2.1.1. Descomposición Jerárquica 56

2.1.2. Diagrama funcional 71

2.2. CODIFICACIÓN **72**

2.2.1. Código KKS 73
2.2.1.1. Codificación KKS Estructura Unidad 2 77
2.3. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) 78
2.3.1. Funciones y fallas funcionales del Activo 78
2.3.2. Análisis de Modos de falla y sus Efectos (FMEA) 79
2.3.3. Prioridad de Riesgo 88
2.3.4. Diagrama de Decisión 101
2.3.4.1. Mantenimiento predictivo (a condición) 102
2.3.4.2. Mantenimiento preventivo (sustitución o reacondicionamiento cíclico) 102
2.3.4.3. Mantenimiento detectivo (búsqueda de fallas) 102
2.3.4.4. Hoja de Decisión 103
2.3.4.5. Asignación de Tareas 104

CAPÍTULO 3: ESTIMACIÓN DE COSTES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO 107
3. ESTIMACIÓN DE COSTES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO 109
3.1. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES 109
3.1.1. Organización de las Tareas 110
3.2. ASIGNACIÓN DE RECURSOS 113
3.2.1. Tareas y Recursos 114
3.2.2. Recursos y Costos 116
3.3. PAUTAS DE MANTENIMIENTO 117
3.3.1. Ficha de Mantenimiento 117

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 121
BIBLIOGRAFÍA 123
ANEXO A: CONDICIONES COLUMNAS Y VIGAS 125
ANEXO B: HOJAS DE DECISIÓN 131
ANEXO C: FICHAS DE MANTENIMIENTO 133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Central Termoeléctrica Ventanas 8
Figura 1-2. Unidades Generadoras 1 y 2 8
Figura 1-3. Unidades Generadoras 3 y 4 9
Figura 1-4. Cancha de Carbón y Tubo Sifón 10
Figura 1-5. Estructura de Soporte del Sistema de Vapor 10
Figura 1-6. a) Colgadores de las Líneas y b) Colgadores Caldera 11
Figura 1-7. Pulverizador de Rodillo 13
Figura 1-8. a) Ventilador Tiro Forzado y b) Ventilador de Aire Primario 14
Figura 1-9. a) Silo y b) Alimentador 14

Figura 1-10. Transportador de Cadena Sumergida 15
Figura 1-11. Disposición General de la Caldera Unidad 2, Vista Lateral 17
Figura 1-12. Disposición General de la Caldera Unidad 2, Vista Superior 18
Figura 1-13. Disposición General de la Caldera Unidad 3 y 4, Vista Lateral 20
Figura 1-14. Disposición General de la Caldera Unidad 3 y 4, Vista Superior 21
Figura 1-15. Esquema Micropila Galvánica 24
Figura 1-16. Mapa de Corrosividad Atmosférica de Chile 29
Figura 1-17. a) Columna L5, Unidad Generadora 3 y b) Material Particulado depositado en la superficie de la Diagonal 30
Figura 1-18. Mezcla de Ceniza y Agua de mar en la Base de la Estructura 31
Figura 1-19.Base de la Columna de Acero 32
Figura 1-20. Parte Superior de la Estructura 33
Figura 1-21. Dimensiones del Perfil 34
Figura 1-22. Distribución de Puntos de Medición 35
Figura 1-23. Condición Viga de difícil acceso, Unidad 3 51
Figura 2-1. Diagrama Funcional 72
Figura 2-2. Diagrama de Decisión RCM II 101
Figura 3-1. Diagrama Gantt Plataforma 17 112
Figura 3-2. Ficha de Mantenimiento N° 4 118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Cantidad de Columnas Unidad 2 19
Tabla 1-2. Cantidad de Columnas Unidad Nueva Ventanas y Campiche 22
Tabla 1-3. Potenciales de Electrodo Estándar a 25°C 25
Tabla 1-4. Concentraciones Promedio Mensual de Emisiones 26
Tabla 1-5. Tabla Climática de Datos históricos del Tiempo en Ventanas 27
Tabla 1-6. Categorías de Corrosividad, según Norma ISO 9223 28
Tabla 1-7. Cantidad de Columnas a Medir 36
Tabla 1-8. Diferencia Nominal/Medición de espesores Unidad 2 El. Base 38
Tabla 1-9. Diferencia Nominal/Medición de espesores Unidad 2 El. 25273 mm 44
Tabla 1-10. Diferencia Nominal/Medición de espesores Unidad 2 El. 45009 mm 47
Tabla 2-1. Descomposición Jerárquica de Componentes 56
Tabla 2-2. Composición del KKS 73
Tabla 2-3. Nivel de Jerarquía 74
Tabla 2-4. Contenidos del Carácter de datos KKS 74
Tabla 2-5. Especificación Nivel 0 75
Tabla 2-6. Especificación Nivel 1 75
Tabla 2-7. Especificación Nivel 2 76
Tabla 2-8. Especificación Nivel 3 76
Tabla 2-9. Ejemplo Codificación KKS 77

Tabla 2-10. KKS Creados Estructura Unidad 2 77
Tabla 2-11. Función y Fallas Funcionales 79
Tabla 2-12. FMEA Acero Estructural 79
Tabla 2-13. FMEA Conexión de Elementos Estructurales 83
Tabla 2-14. FMEA Accesibilidad, Estabilidad y Soporte 86
Tabla 2-15. Criterio de Clasificación de falla: Severidad 88
Tabla 2-16. Criterio de Clasificación de falla: Ocurrencia 89
Tabla 2-17. Criterio de Clasificación de falla: Detección 89
Tabla 2-18. Número Prioridad de Riesgo en Análisis FMEA 90
Tabla 2-19. Hoja de Decisión 103
Tabla 2-20. Asignación de Tareas 104
Tabla 3-1. Tareas Plataforma 17 110
Tabla 3-2. Hoja de Costos 113
Tabla 3-3. Designación de Recursos 114
Tabla 3-4. Costos Totales 116

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1. Influencia del espesor de la película de humedad condensada sobre la superficie metálica en la velocidad de corrosión 27
Gráfico 1-2. Resultado Medición de Espesores Unidad 2 El. Base 37
Gráfico 1-3. Resultado Medición de Espesores Unidad 3 El. Base 40
Gráfico 1-4. Resultado Medición de Espesores Unidad 4 El. Base 41
Gráfico 1-5. Resultado Medición de Espesores Unidad 2 El. 25273 mm 43
Gráfico 1-6. Resultado Medición de Espesores Unidad 3 El. 21400 mm 45
Gráfico 1-7. Resultado Medición de Espesores Unidad 4 El. 21400 mm 46
Gráfico 1-8. Resultado Medición de Espesores Unidad 2 El. 45009 mm 49
Gráfico 1-9. Resultado Medición de Espesores Unidad 3 El. 53400 mm 50
Gráfico 1-10. Resultado Medición de Espesores Unidad 4 El. 53400 mm 50
Gráfico 2-1. Número de Prioridad de Riesgo 100

INTRODUCCIÓN

AES Gener S.A. corresponde a una empresa chilena productora de energía eléctrica con una capacidad instalada total de 4.150 MW. La generación de energía es a través de Carbón; Agua; Gas/Diésel; Solar y Biomasa.

Hasta el año 2017, la generación de energía en Chile giraba en torno a dos principales sistemas, el Sistema Interconectado Central (SIC), que suministra aproximadamente al 92% de la población del país y el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), que suministra energía a las grandes mineras e industrias. Desde noviembre de 2017, se produjo una interconexión de los dos sistemas (SING y SIC), creando el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), el cual une a la ciudad de Arica con las Isla de Chiloé a través de una red de transmisión de aproximadamente 3.000 km, de la cual AES Gener forma parte.

Este trabajo de título se desarrollará en el complejo Ventanas de la empresa AES Gener en el área de Operaciones y Mantenimiento. La Central Ventanas se encuentra ubicada en Camino Costero s/n de la comuna de Puchuncaví, en la región de Valparaíso, Chile. Está compuesta por 4 unidades generadoras termoeléctricas (combustible principal: Carbón), que en conjunto producen 884 MW; Ventanas 1 y Ventanas 2 que juntas generan una potencia de 340 MW; Nueva Ventanas con una producción de 272 MW; Campiche con una generación de 272 MW.

Dentro de la planta existen diferentes estructuras, las cuales soportan a diferentes equipos y máquinas que forman parte de la producción. Este trabajo de título se centrará en estas estructuras debido a que el departamento de mantenimiento no posee ningún tipo de registro o control para estos activos. No existen datos concretos de las acciones que se han realizado y tampoco en el tiempo que se han realizado. Además, al realizar una inspección visual en las estructuras, se encontraron vestigios de que en algún momento se realizaron tareas de pintura para protegerlas de la corrosión, pero con claros indicios de que esta actividad se realizó de manera incorrecta debido a que visualmente se puede comprobar presencia de corrosión en la mayoría de los lugares donde se realizó. Se debe considerar que existen los procedimientos de pintura en la planta, pero al realizar la actividad de pintura no fueron tomados en cuenta, según comentan los operadores de la planta. A su vez, hace aproximadamente dos años atrás, en el año 2016, se intentó realizar un análisis de la disminución de los espesores en las estructuras de soporte, pero nunca fue llevado a cabo y la información recolectada se perdió en el tiempo, esto fue indicado por personal de operaciones.

Cabe mencionar que dentro de la planta se genera material particulado correspondiente al carbón pulverizado y a la ceniza existente de la combustión del carbón, generando una capa de suciedad en las estructuras, la cual no ha sido removida desde que las unidades entraron en servicio. Agregando que la planta al encontrarse en ambiente marino genera las condiciones ideales para la producción de corrosión en las estructuras. Además de esto, es importante mantener una limpieza

apropiada de la empresa, para disminuir las causas que producen el deterioro o el mal habitad de trabajo, ya que la limpieza y el orden están relacionados con la habilidad de realizar tareas con destreza y calidad, asegurando el bienestar de los trabajadores y equipos.

Es por esto, que el presente trabajo está enfocado en la realización de un plan de mantenimientos a las estructuras de soporte de la planta, con fin de reducir la aparición de una falla y/o acontecimientos que puedan afectar a las estructuras y por consiguiente afectar la seguridad de las personas, generando así programas de mantenimiento con tareas necesarias y oportunas, definiendo sus frecuencias, los recursos asignados y los procedimientos asociados a cada actividad, para lograr el aseguramiento de la vida útil del activo.

OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL

Generar un plan de mantenimiento a estructuras de soporte de unidades generadoras en central termoeléctrica, a través de la metodología RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad) y la estimación ascendente de costes, para la preservación de la vida útil del activo.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir las estructuras de soporte, mediante su espacio geográfico, características y condición ambiental, indicando su criticidad, para el conocimiento, comprensión y posterior desarrollo del trabajo.

2. Desarrollar propuesta de un plan de mantenimiento, mediante la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), para el aseguramiento de la durabilidad del activo.

3. Estimar los costes del plan de mantenimiento, a través del método de estimación ascendente de recursos humanos y materiales necesarios para la realización de cada actividad propuesta.

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE ESTUDIO

1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE ESTUDIO

En este capítulo se describirán las estructuras de estudio que fueron consideradas para este trabajo de título, las cuales se seleccionaron debido a la corrosión que en ellas está presente, a través de una inspección visual de su envergadura, realizada por personal del departamento de mantenimiento.

Las estructuras serán descritas según los siguientes parámetros; espacio geográfico, condición ambiental y características. Para la descripción del espacio geográfico se tomarán en cuenta la ubicación y el entorno que las rodea. En las características se realizará la descripción del dimensionamiento y las características de diseño. En las condiciones ambientales se verificará el tipo aire presente en la zona y de qué manera afecta a las estructuras, así también las condiciones ambientales que cada una presenta y el tipo de corrosión que puede ocurrir en estas condiciones. Como se mencionó en la introducción, existen cuatro unidades generadoras, pero en este trabajo solo se considerarán tres, ya que, la unidad 1 se encuentra en proceso de cierre por parte de la empresa para el año 2020.

1.1. ESPACIO GEOGRÁFICO

En específico, corresponden a tres tipos de estructuras, las cuales se encuentran relacionadas de manera directa con el proceso productivo de la planta y se ven afectadas por las condiciones ambientales que genera el ambiente marino, así mismo como el ambiente que genera la producción de energía. Estas corresponden a:

- Estructuras de soporte del sistema de generación de vapor Unidad 2
- Estructuras de soporte del sistema de generación de vapor Nueva Ventanas
- Estructuras de soporte del sistema de generación de vapor Campiche

Estos tipos de estructuras cumplen la misma función, soportando y albergando a equipos que realizan las mismas funciones dentro del proceso productivo.

1.1.1. Ubicación de las estructuras

Se encuentran ubicadas en la empresa AES Gener S.A. Central Termoeléctrica Ventanas en camino costero de la comuna de Puchuncaví. En la siguiente figura se puede visualizar una imagen general de la empresa con cada una de sus unidades generadoras, la cancha de carbón y el tubo sifón.

Fuente: Centro Documental Aes Gener Ventanas, 2018

Figura 1-1. Central Termoeléctrica Ventanas

A continuación, se realizará un desglose de lo visto en la figura 1-1 y se realizará una ampliación de las secciones mostradas anteriormente. En la figura 1-2 se pueden apreciar las unidades generadoras 1 y 2, donde la unidad 1 entró en servicio en el año 1964 y la unidad 2 en el año 1977. Estas se encuentran operativas hasta el día de hoy pero de manera intermitente según; la potencia requerida por las empresas, las normas ambientales propuestas por el Gobierno Chileno.

Fuente: Centro Documental Aes Gener Ventanas, 2018

Figura 1-2. Unidades Generadoras 1 y 2

En la figura 1-3 se pueden apreciar las unidades generadores de Nueva Ventanas (unidad 3) puesta en servicio en el año 2010 y Campiche (unidad 4) puesta en servicio en el año 2013. Estas dos unidades poseen una tecnología de última generación lo que permite minimizar sus emisiones a la atmósfera, en comparación con las unidades 1 y 2. Cabe agregar que en la unidad 2 fueron instalados nuevos quemadores para disminuir los gases tóxicos, especialmente los NOX, además de un filtro de manga y un desulfurizador de agua de mar, como medidas de mitigación ambiental.

Fuente: Centro Documental Aes Gener Ventanas, 2018

Figura 1-3. Unidades Generadoras 3 y 4

Además en la figura 1-4, se visualiza el tubo sifón el cual extrae y retorna el agua de mar utilizada en el proceso, y la cancha de carbón donde se almacena el combustible necesario para la generación de vapor, el cual es transportado desde Puerto Ventanas S.A. (puerto granelero de sólidos y líquidos). Esta empresa es la encargada de recepcionar y transferir el combustible a través de cintas transportadoras. Cuenta con dos cargadores de barcos para el embarque y 2 grúas de muelle con capacidad de levante bajo el gancho de 30 toneladas cada una. Es preciso mencionar, que las unidades generadoras 1 y 2 se encuentra en la parte anterior de la cancha de carbón.

Fuente: Centro Documental Aes Gener Ventanas, 2018

Figura 1-4. Cancha de Carbón y Tubo Sifón

Las estructuras metálicas del sistema de generación de vapor se encuentran posterior a la sala de máquinas y anterior a la chimenea de la unidad con respecto al mar, es decir de oeste a este, como se puede apreciar en la figura 1-5, esto corresponde para las cuatro unidades de generación.

Fuente: Centro Documental Aes Gener Ventanas, 2018

Figura 1-5. Estructura de Soporte del Sistema de Vapor

1.1.2. Entorno de las estructuras

Las estructuras son las encargadas de soportar y albergar a diferentes equipos que son parte del proceso productivo de la planta. En esta sección se describirá el entorno en el cual se encuentran las estructuras, además se nombrarán los equipos principales y se dará una breve explicación de su función.

1.1.2.1. Caldera

Estas estructuras sostienen a la caldera, la cual se encuentra suspendida por colgadores que se hallan unidos a las estructuras. Esta suspensión permite a la caldera dilatarse o contraerse debido a los cambios de temperatura ocurridos en la operación. A su vez, también soportan a las líneas principales de recalentado frío y caliente (líneas de vapor), sobrecalentado y downcomers. En la figura 1-6 se pueden apreciar los colgadores de las líneas (a) y de la caldera (b).

Fuente: Fotografía tomada en AES Gener División Ventanas, 2018

Figura 1-6. a) Colgadores de las Líneas y b) Colgadores Caldera

Para comprender lo antes nombrado, se realizará una breve explicación sobre la función que realiza la caldera, esto se realizará con los equipos y elementos principales nombrados más adelante. En simples palabras una caldera o generador de vapor, realiza la quema de un combustible produciendo calor, utilizado para la conversión del agua en vapor. Los tubos de pared transportan el vapor producido por

la caldera al domo. En su parte superior la caldera posee un domo el cual almacena el vapor generado y separa el agua del vapor. Los tubos de pared rodean un espacio interior de la caldera llamado hogar. Los quemadores son los que suministran el combustible al hogar y se encuentran ubicados generalmente en las esquinas o en los lados del hogar. Una vez producida la combustión, las llamas elevan la temperatura del hogar a unos 1000 °C aprox. Durante este proceso se produce un gas caliente (flue gas), el cual debe ser retirado por succión o por soplado desde el hogar hacia la chimenea. El calor que es producido en el hogar aumenta la temperatura del agua que se encuentra en los tubos de pared, produciendo burbujas de vapor, las cuales se elevan hasta el domo donde son separadas, el agua del vapor. El agua sobrante es recirculada a los tubos de la caldera a través de unos tubos de mayor diámetro llamados downcomers. Posteriormente, el vapor acumulado en el domo fluye hacia el sistema de vapor principal, el cual es el encargado de llevar el vapor a la turbina a través de las líneas de vapor.

1.1.2.2. Pulverizadores

Los pulverizadores son del tipo rodillos cónicos, y tienen la misión de pulverizar el carbón a un grado de 70% de malla 200 por diseño. El carbón pulverizado se descarga al interior de la caldera a través de quemadores asociados al equipo. En las unidades existen pulverizadores principales, con los que se logra plena carga, y los de respaldo, por si ocurre alguna falla en los principales. El estado final de la separación de tamaños se realiza mediante un clasificador, separador centrífugo, colocado en la parte superior del pulverizador. En la figura 1-7 se puede apreciar un pulverizador correspondiente a una de las unidades.

Fuente: Centro Documental Aes Gener Ventanas, 2018

Figura 1-7. Pulverizador de Rodillo

1.1.2.3. VTF y VAP

Los ventiladores de tiro forzado (VTF) son utilizados para impulsar el aire que es utilizado en la combustión, dentro del hogar en la caldera. Tiene una presión de descarga alta para equilibrar la resistencia total de los conductos de aire, calentador de aire, quemadores, lecho de combustible y cualquier otra resistencia entre la descarga del ventilador y el hogar (ver figura 1-8 a). En las calderas que queman carbón pulverizado, como es en este caso, los ventiladores de aire primario (VAP) suministran a los pulverizadores el aire necesario para secar el carbón y transportarlo al hogar (ver figura 8 b).

Fuente: Fotografía tomada en AES Gener División Ventanas, 2018

Figura 1-8. a) Ventilador Tiro Forzado y b) Ventilador de Aire Primario

1.1.2.4. Silos de Carbón y Alimentadores

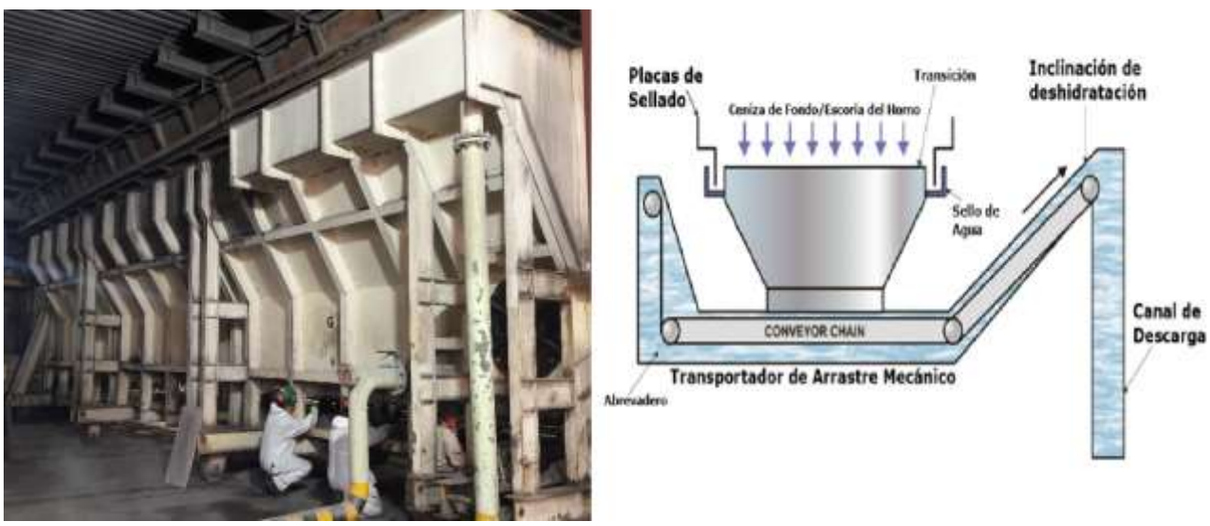
Las estructuras soportan a los silos de carbón, los cuales son los encargados de almacenar el combustible proveniente de la cancha de carbón por medio de las correas transportadoras, a su vez alimentan a los pulverizadores a través de los feeder (alimentadores), los cuales presentan una compuerta la cual se abre para realizar la alimentación. En la figura 1-9 se indican los silos (a) y los alimentadores (b).

Fuente: Fotografía tomada en AES Gener División Ventanas, 2018

Figura 1-9. a) Silo y b) Alimentador

1.1.2.5. Sistema Ceniza de Fondo

Las estructuras de soporte del sistema de generación de vapor también albergan al sistema de ceniza de fondo. La ceniza de fondo corresponde a una mezcla de impurezas, escoria, ceniza de grano grueso y de grano fino. Una de las fuentes principales de ceniza de fondo, son los depósitos de impurezas que caen o son soplados desde las paredes de la caldera. Para la recolección de ceniza de fondo existen tolvas, que se encuentran en la parte inferior de la caldera. Los productos sólidos del proceso de combustión caen continuamente dentro de las tolvas, las que habitualmente se encuentran con agua para disminuir la temperatura de la impureza (entre 60 y 70 °C). Para el transporte de la ceniza de fondo se utilizan transportadores de cadena sumergida (Figura 1-10). La ceniza cae en la tolva y es enfriada por el agua de enfriamiento, depositándose en el fondo de la tolva. La cadena de arrastre que opera de manera continua y a bajas velocidades, elimina la ceniza arrastrándola fuera de la tolva, como se puede apreciar en la siguiente figura.



Fuente: Centro Documental Aes Gener Ventanas, 2018

Figura 1-10. Transportador de Cadena Sumergida

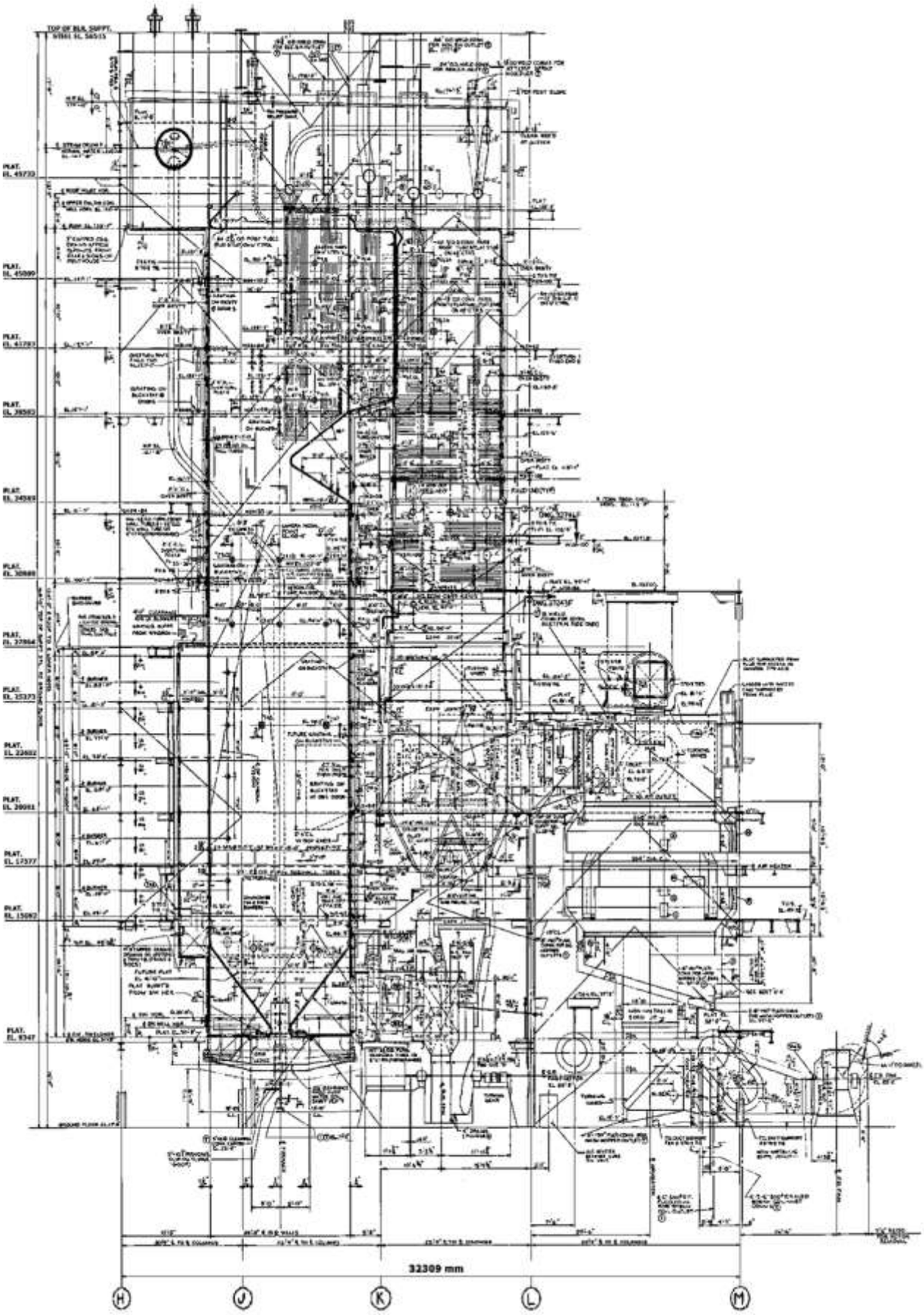
A medida que la ceniza es subida por una pendiente inclinada, el agua regresa a la tolva. En la parte superior de la pendiente, la ceniza es descargada desde la correa de transporte de arrastre hacia un canal de entrada que envía la ceniza de fondo al molinillo de escoria con doble rodillo. El molinillo de escoria tritura la ceniza y la transfiere a la correa transportadora secundaria. La correa de transporte secundaria transporta la ceniza de fondo molida hacia la parte superior del silo de ceniza de fondo para su eliminación.

1.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTRUCTURAS

En esta sección se realizará la descripción del dimensionamiento y las características de diseño de cada una de las estructuras con el fin de dar a conocer las características que presentan cada una, para el posterior entendimiento y desarrollo del trabajo.

1.2.1. Dimensionamiento Estructura Unidad 2

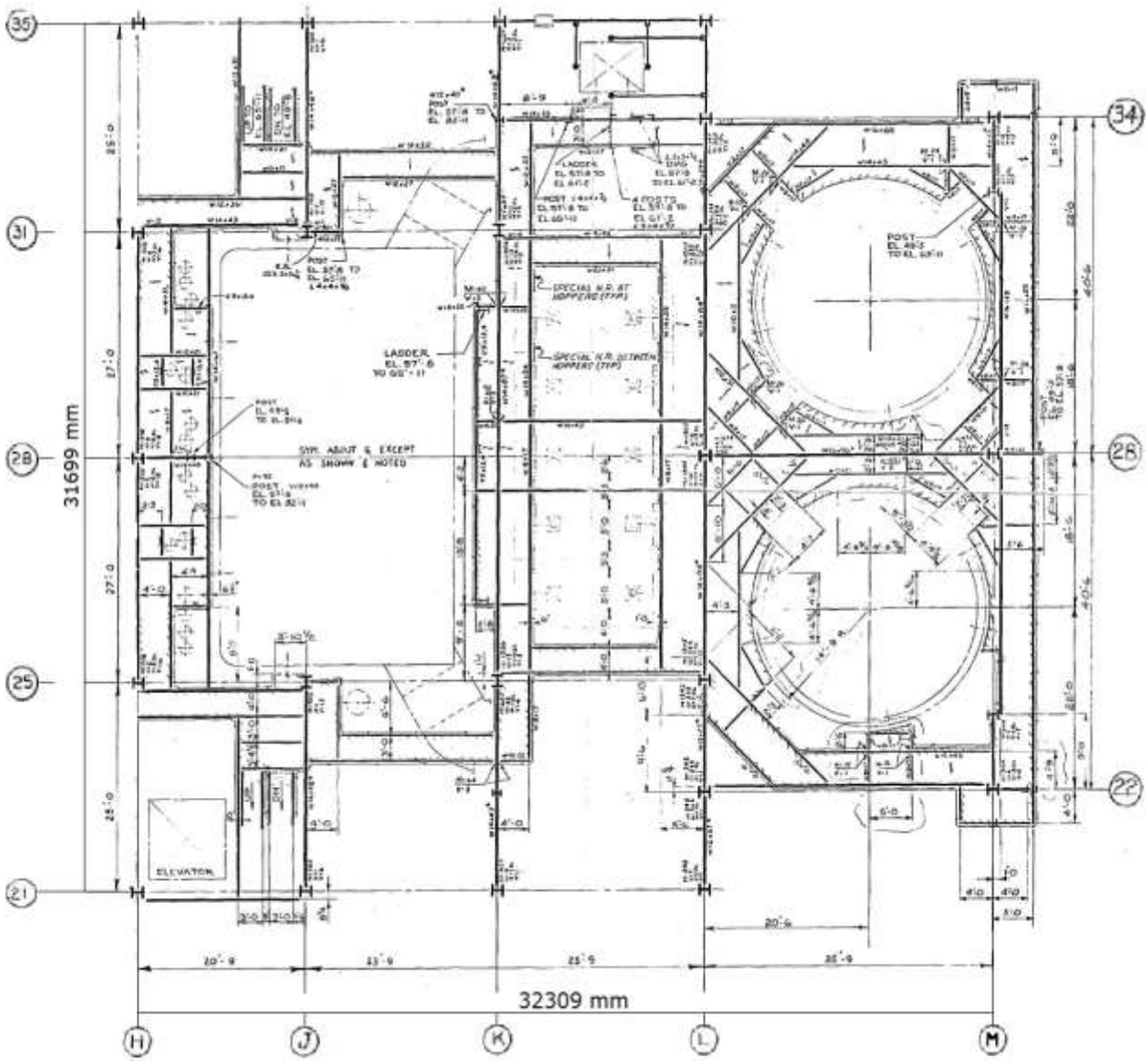
La estructura se encuentra dividida principalmente por elevaciones, columnas y líneas. La altura total de la estructura de acero es de 56515 mm y posee 14 elevaciones, la cuales sirven de guía para la realización de actividades, posicionamiento de equipos o especificar un punto de trabajo. En la figura 1-11 se puede apreciar una vista general de la estructura de acero vista en forma lateral, la cual corresponde al plano 37244F-6. El lado derecho de la figura corresponde al este (lado cordillera) y el lado izquierdo de la figura el oeste (lado mar). Se encuentra constituida por cinco columnas, que se pueden apreciar en las figuras 1-11 y 1-12 en su parte inferior, estas corresponden a H, J, K, L y M. Como se mencionó anteriormente, posee 14 elevaciones, donde de menor a mayor corresponden a: 9347 mm, 9576 mm, 15062 mm, 17577 mm, 20091 mm, 22682 mm, 25273 mm, 27864 mm, 30988 mm, 34569 mm, 38583 mm, 41783 mm, 45009 mm y 49733 mm, estas se encuentran especificadas en el lado izquierdo de la figura 1-11.



Fuente: Centro Documental Aes Gener Ventanas, 2018

Figura 1-11. Disposición General de la Caldera Unidad 2, Vista Lateral

La figura 1-12 es una representación de la estructura de acero vista desde la parte superior donde se pueden observar las líneas existentes (lado derecho e izquierdo de la figura 1-12), las cuales corresponde a 7 líneas: 21, 22, 25, 28, 31, 34 y 35. Además, en la parte inferior de la figura 1-12 se pueden observar cada una de las columnas nombradas anteriormente. La figura fue desprendida del plano 214968E.



Fuente: Centro Documental Aes Gener Ventanas, 2018

Figura 1-12. Disposición General de la Caldera Unidad 2, Vista Superior

A continuación, en la tabla 1-1 se puede apreciar la combinación total de columnas pertenecientes a la estructura metálica de la unidad generadora número 2, la que se obtiene de la combinación de la letra de la columna con el número de línea. Esto ayuda a la detección de cada una de las columnas en terreno y en los planos. Cabe mencionar, que el plano que se utilizará para la medición de espesores corresponde al 214988E, en él se especifican los detalles de cada columna.

Tabla 1-1. Cantidad de Columnas Unidad 2

Columna	Línea	Columna	Línea	Columna	Línea	Columna	Línea	Columna	Línea
H	21	J	21	K	21	L	21	M	22
H	25	J	25	K	25	L	22	M	28
H	28	J	31	K	31	L	25	M	34
H	31	J	35	K	35	L	28		
H	35					L	31		
						L	34		
						L	35		

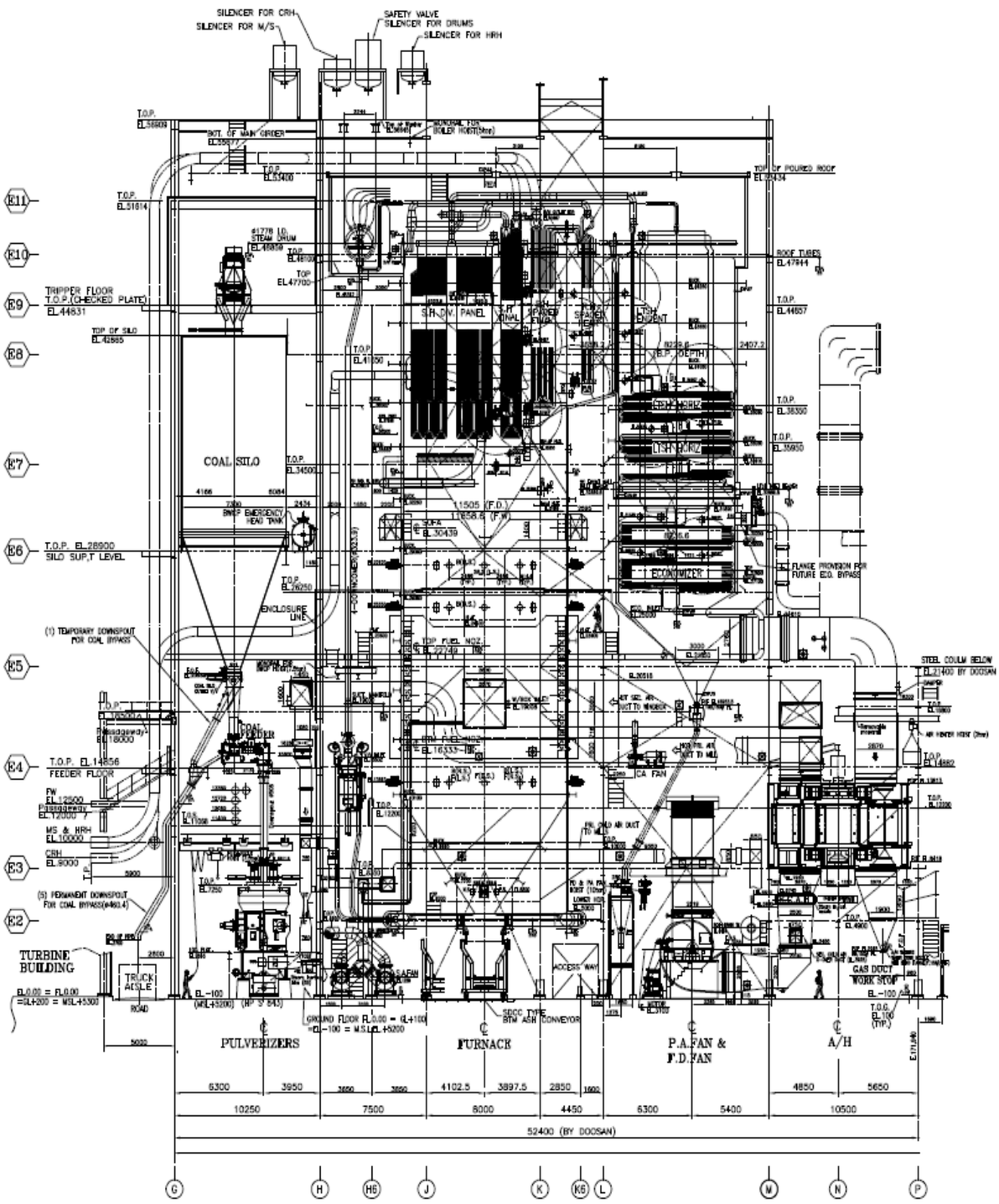
Fuente: Elaboración propia en base a planos generales de la caldera, AES Gener

Siguiendo con la figura 1-12, la estructura tiene una dimensión total de; Oeste a Este de 32309 mm y de Norte a Sur una distancia de 31699 mm, estas dos distancias corresponden a la base de la estructura.

1.2.2. Dimensionamiento Estructuras Nueva Ventanas y Campiche

Las unidades Nueva Ventanas y Campiche poseen las mismas dimensiones, los planos asociadas a estas corresponden a las mismas especificaciones y es por esto que se explicaran en la misma sección.

La estructura está compuesta de columnas y elevaciones, las cuales se encuentran distribuidas en cuatro niveles (o pisos). Al observar la figura 1-13, la cual corresponde a una sección del plano WD110-EM130-B4001, se pueden distinguir en la parte inferior la designación de cada una de las columnas correspondientes a esta estructura. La cantidad de columnas es equivalente a diez y son; Columna G, Columna H, Columna H6, Columna J, Columna K, Columna K6, Columna L, Columna M, Columna N y Columna P. La vista de la figura corresponde a una vista lateral desde Sur a Norte, el lado izquierdo de la figura mira hacia el Oeste (hacia el mar) y el lado derecho corresponde al Este (salida del sol).



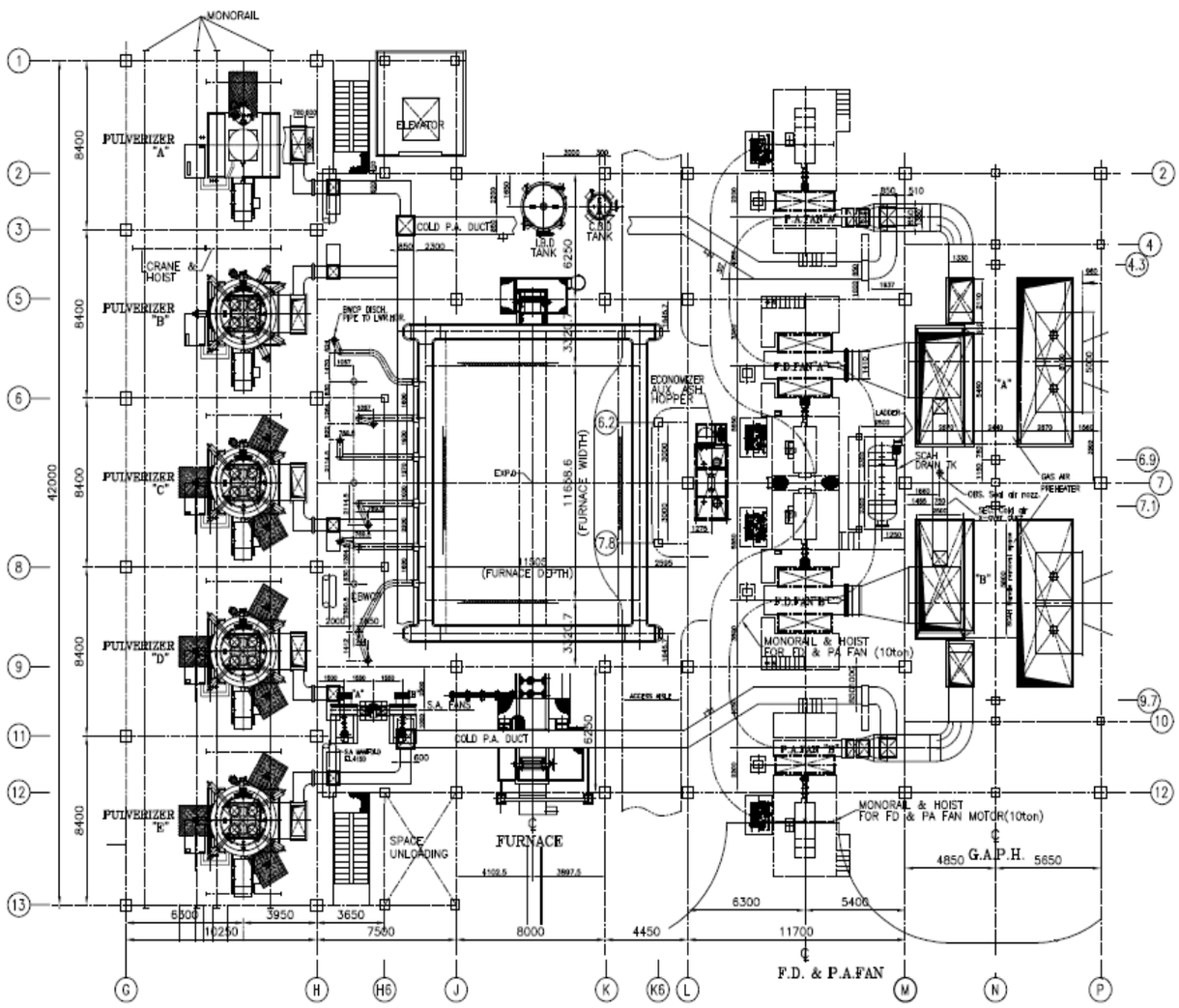
Fuente: Centro Documental Aes Gener Ventanas, 2018

Figura 1-13. Disposición General de la Caldera Unidad 3 y 4, Vista Lateral

Para las elevaciones se consideran once, ya que sirven de referencia para la ubicación de los distintos componentes o equipos que se encuentren en ese sitio. La elevación máxima de la estructura es de 56909 mm, pero en la figura 1-13, se muestra la última elevación de referencia (E11), la cual corresponde a 51614 mm, la cual corresponde a la altura total de la estructura de acero. La elevación E1 se encuentra a nivel del suelo. La elevación E2 es de 5150 mm, E3 de 8418 mm, E4 de

14856 mm, E5 de 21400 mm, E6 de 28900 mm, E7 de 34500 mm, E8 de 41650 mm, E9 de 44831 mm y E10 de 48100 mm.

En la figura 1-14 se muestra una vista superior de la estructura, donde en su lado izquierdo y derecho se observan números, los cuales pertenecen a cada una de las líneas asignadas para cada una de las columnas nombradas anteriormente. Las columnas son especificadas en la parte inferior de la figura 1-14. Esta figura fue desprendida del plano WD110-EM130-B4002, para mayor visualización.



Fuente: Centro Documental Aes Gener Ventanas, 2018

Figura 1-14. Disposición General de la Caldera Unidad 3 y 4, Vista Superior

Cada línea identifica una columna en ese sector, las líneas pueden ser; 1, 2 3, 4, 4.3, 5, 6, 6.2, 6.9, 7, 7.1, 7.8, 8, 9, 9.7, 10, 11, 12 y 13. En la tabla 1-2 se especifica cada una de las columnas en su respectiva línea. De esta manera se pueden identificar cada una de las columnas de la estructura metálica, lo que ayuda a realizar la medición de espesores, la cual será especificada más adelante.

Tabla 1-2. Cantidad de Columnas Unidad Nueva Ventanas y Campiche

Columna	Línea	Columna	Línea	Columna	Línea	Columna	Línea	Columna	Línea
G	1	H	1	H6	1	J	1	K	2
G	3	H	3	H6	2	J	2	K	5
G	6	H	6	H6	6	J	5	K	9
G	8	H	8	H6	8	J	9	K	12
G	11	H	11	H6	12	J	12	K6	6.2
G	13	H	13	H6	13	J	13	K6	7.8
Columna	**Línea**	**Columna**	**Línea**	**Columna**	**Línea**	**Columna**	**Línea**		
L	2	M	2	N	2	P	2		
L	5	M	5	N	4	P	4		
L	7	M	7	N	4.3	P	7		
L	9	M	9	N	6.9	P	10		
L	12	M	12	N	7	P	12		
				N	7.1				
				N	9.7				
				N	10				
				N	12				

Fuente: Elaboración propia en base a planos generales de la caldera, AES Gener

La estructura tiene una dimensión total de; Oeste a Este de 52400 mm y de Norte a Sur una distancia de 42000 mm.

1.2.3. Características de Diseño

Dentro de esta sección se realizará una breve descripción de las características de diseño de cada una de las estructuras, en específico el tipo de material con el cual fueron construidas y sus elementos.

1.2.3.1. Estructura Unidad 2

El acero estructural cumple con la norma ASTM A36, esto rige para los perfiles laminados, placas de base en columnas y vigas, barras de corte y placas de refuerzo. Todas las placas de apoyo se encuentran bajo norma ASTM A-283 Grado D.

Los pernos de anclaje son aceros del tipo SA-306 Grado 70 y los pernos de conexión son A-325. Las conexiones de campo están realizadas con pernos de fricción de 7/8” de diámetro mínimo.

Todas las soldaduras son realizadas con electrodos E70XX, siendo bajos en hidrogeno con porcentajes de polvo de hierro en el revestimiento. Sirven para soldaduras en aceros de alto carbono y acero de aleación.

1.2.3.2. Estructuras Unidad Nueva Ventanas y Campiche

Las características de diseño de la unidad 3 y 4 son las mismas, por lo que se describirán de manera conjunta.

La estructura se divide en tres secciones para la asignación de material. La primera es la sección enrollada donde el material es ASTM A36 y en ella se incluye perfiles en forma de H y T, el canal en forma C y el ángulo en forma de L. Para la sección edificada el material correspondiente es ASTM A572 Grado 50, el cual incluye columna, viga principal, diagonales y la parte superior, los cuales forman el refuerzo de la estructura. La sección de tubos estructurales, última sección, corresponde a un acero ASTM A53 Grado B.

Los pernos de anclaje son de acero ASTM A307, los tornillos para las conexiones estructurales son de ASTM A325M tipo 1, a su vez los tornillos para chapa y placa de relleno es M20. Todos los tornillos son galvanizados por inmersión en caliente.

Los electrodos de soldadura ARC de metal utilizados en la estructura son bajos en hidrógeno según lo indica la norma A.W.S E7015, E7016 o E7018, con una resistencia a la tracción mínima de 5,1 ton/cm^2 y una resistencia elástica mínima de 4,25 ton/cm^2.

1.3. CONDICIONES AMBIENTALES

En esta sección se identificarán las condiciones ambientes que afectan a cada una de las estructuras, ya que al estar constituidas por metales, estas son propensas a la corrosión. Esta condición empeora debido a que las estructuras se encuentran cercanas al océano, aproximadamente a una distancia de 100 metros. Todo lo nombrado anteriormente será explicado a continuación.

1.3.1. Corrosión de los Metales

La corrosión corresponde al deterioro de un material por el medio en el que se encuentran cumpliendo su función. La mayoría de los metales al entrar en contacto con el aire reaccionan transformándose en óxidos a una velocidad específica que depende de la temperatura, la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades de los metales expuestos a la corrosión, entre otros factores. Para este trabajo se detallarán el tipo de corrosión según el medio en el que se encuentren. Según lo dicho anteriormente, existen dos tipos de corrosión; corrosión química (oxidación seca o a alta temperatura) y corrosión electroquímica (en medio acuoso conductor). En las estructuras se experimenta el segundo tipo de corrosión debido a que se encuentran en contacto con el aire húmedo y el agua de mar, poseyendo un

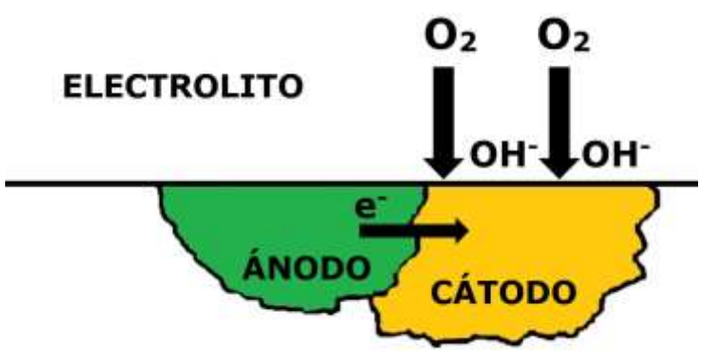
porcentaje promedio de humedad relativa del 75% en la localidad de Ventanas, según la Red Agroclimática Nacional de Chile.

1.3.1.1. Corrosión electroquímica

La corrosión se origina cuando dos metales de diferente electronegatividad se encuentran en contacto, es decir, por una diferencia química (diferencia de potenciales) entre un punto y otro, debido a un flujo de electrones entre los metales implicados. Cuando desde un metal se ceden y migran electrones hasta el otro metal, se le llama ánodo y se establece que existe oxidación, a diferencia del cátodo el cual recibe los electrones y se establece que existe reducción. Por lo tanto, el metal con mayor electronegatividad se oxida (ánodo) produciéndose progresivamente el deterioro de la superficie metálica, en presencia o en contacto con el segundo metal menos electronegativo (cátodo).

Para que exista corrosión, debe existir un ánodo, un cátodo y un electrolito, el cual, permite la transmisión de electrones al sistema. El electrolito corresponde; al medio acuoso, en el caso que los metales estén sumergidos, al sustrato del suelo, en el caso que los metales se encuentren bajo tierra y al agua condensada de la atmósfera, en el caso que los metales se encuentren en contacto con una humedad relativa superior al 70%.

Al tener un par de metales, en donde la especie que se oxida (ánodo) cede sus electrones y la especie que se reduce (cátodo) acepta electrones en un medio electrolítico, se tiene entonces una pila galvánica. Al formarse esta pila, el cátodo se polariza negativamente y el ánodo se polariza positivamente, como se puede apreciar en la figura 1-15.



Fuente: Elaboración propia en base al libro Introducción a la Metalurgia Física, Avner, segunda edición

Figura 1-15. Esquema Micropila Galvánica

En la figura 1-15, se muestra un metal atacado por un agente corrosivo en presencia de un electrolito, un ejemplo de este sería el agua salada del mar, donde el cloruro sódico actúa como el elemento conductor eléctrico. La pila galvánica es

producida en la superficie del metal, donde un metal actúa como ánodo (polo positivo), cediendo sus electrones al cátodo (polo negativo). A su vez, el ambiente húmedo actúa como electrolito permitiendo el abandono de los electrones desde el ánodo hasta el cátodo, produciendo la corrosión del metal.

Todos los metales tienen una tendencia distinta a la corrosión, por lo que se realiza una comparación entre el potencial del metal con un potencial estándar, el cual corresponde al ion Hidrógeno-Hidrógeno, para así asignar un valor a los distintos metales. En la tabla 1-3 se pueden apreciar los potenciales de semi-pila determinados para los metales, donde los más reactivos que el hidrógeno se les asigna un potencial negativo y se les llama anódicos. De igual forma cuando los metales son menos reactivos que el hidrógeno se les asigna un potencial positivo y se les llama catódicos.

Tabla 1-3. Potenciales de Electrodo Estándar a 25°C

	Reacción de Oxidación (corrosión)	Potencial de Electrodo E° (volts)
Más Catódico (menor tendencia a la corrosión) ↑	$Au \rightarrow Au^{3+} + 3e^-$	+1,498
	$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$	+1,229
	$Pt \rightarrow Pt^{2+} + 2e^-$	+1,200
	$Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$	+0,799
	$2Hg \rightarrow Hg_2^{2+} + 2e^-$	+0,788
	$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$	+0,771
	$4(OH)^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$	+0,401
	$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$	+0,337
	$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$	+0,150
Estándar	**$H2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$**	**0,000**
Más anódico (mayor tendencia a la corrosión) ↓	$Pb \rightarrow Pb^{2+} + 2e^-$	-0,126
	$Sn \rightarrow Sn^{2+} + 2e^-$	-0,136
	$Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$	-0,250
	$Co \rightarrow Co^{2+} + 2e^-$	-0,277
	$Cd \rightarrow Cd^{2+} + 2e^-$	-0,403
	$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$	-0,440
	$Cr \rightarrow Cr^{3+} + 3e^-$	-0,744
	$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$	-0,763
	$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$	-1,662
	$Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$	-2,363
	$Na \rightarrow Na^+ + e^-$	-2,714

Fuente: Fundamentos de Corrosión y Protección, Universidad Técnica Federico Santa María, 2009

1.3.2. Condiciones Ambientales de la Planta

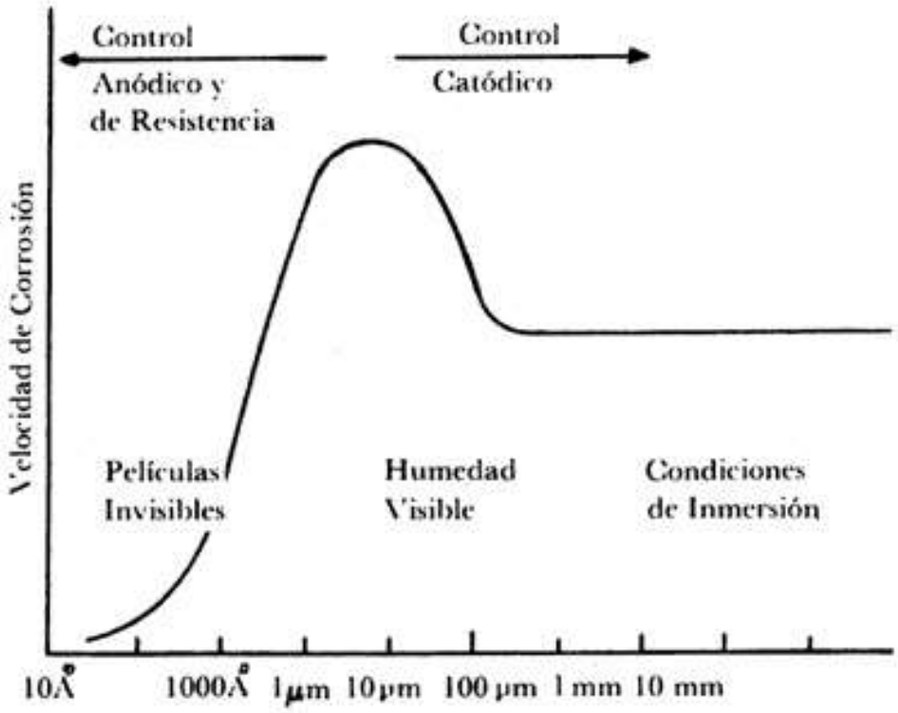
La composición química de la atmosfera es uno de los factores primarios que actúan sobre la intensidad y la naturaleza de la corrosión, dentro de estos factores se encuentra los contaminantes. La atmosfera de las estructuras al ser parte de una planta termoeléctrica a carbón, posee en su composición, material particulado (MP10 y MP2,5), dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de nitrógeno (NO), ozono (O_3), metano (CH_4) e hidrocarburos (HC). Las cantidades emanadas promedio en un mes se muestran en la tabla 1-4. Además, al encontrase en zona costera el aire marino proporciona cloruro de sodio (NaCl), donde en presencia de humedad del medio ambiente es un producto corrosivo para los metales y las aleaciones.

Tabla 1-4. Concentraciones Promedio Mensual de Emisiones

Factor	**Cantidad promedio mensual**	**Unidad**
MP10	40	$\mu g/m^3$
MP2,5	20	$\mu g/m^3$
SO_2	50	$\mu g/m^3$
NO_2	15	ppb
NO	30	ppb
O_3	25	$\mu g/m^3$
CH_4	1,8	ppm
HC	2,4	ppm

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en el Portal Red de Monitoreo Calidad de Aire Complejo Industrial Ventanas

Cabe mencionar que existen otros factores que influyen en el proceso de corrosión como las condiciones de exposición, la composición del metal y las propiedades del óxido formado. A su vez es necesario aclarar que el electrolito es una capa de humedad sobre la superficie del metal donde el espesor varía desde capas delgadas casi invisibles, hasta capas gruesas de humedad perceptibles, donde el metal se encuentra mojado. En el proceso de corrosión influye el tiempo durante el cual la capa de humedad persiste en la superficie del metal, por esto es preciso identificar las condiciones en el cual se encuentran los metales. En el gráfico 1-1, se puede observar la influencia del espesor de la capa de humedad en la velocidad de corrosión.



Fuente: Corrosión Atmosférica, Ingeniería de la Corrosión, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2017

Gráfico 1-1. Influencia del espesor de la película de humedad condensada sobre la superficie metálica en la velocidad de corrosión

El NaCl y el SO_2 son los principales contaminantes corrosivos de la atmosfera, ya que al reaccionar el dióxido de azufre con el agua del ambiente se produce ácido sulfuroso (H_2SO_3), el cual al oxidarse se transforma en ácido sulfúrico (H_2SO_4). De igual manera al reaccionar el cloruro de sodio con el agua del ambiente se produce cloro (Cl_2), el cual se impregna en los metales y los corroe.

A continuación se muestra la tabla 1-5 con el fin de identificar los factores de temperatura y precipitación de la zona, para tener en consideración todas las condiciones ambientales a las que están expuestas las estructuras de estudio.

Tabla 1-5. Tabla Climática de Datos históricos del Tiempo en Ventanas

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Temperatura media (°C)	17.7	17.2	15.8	14	12.8	11.1	11	11.4	12.3	13.8	15.2	17
Temperatura min. (°C)	11.7	11.2	9.6	8.2	7.9	6.6	6.2	6.3	7.1	8.3	9.1	10.8
Temperatura máx. (°C)	23.8	23.2	22.1	19.8	17.7	15.6	15.8	16.5	17.5	19.4	21.3	23.2
Precipitación (mm)	1	0	1	17	50	94	90	52	25	9	7	1

Fuente: Climate-Data, Región de Valparaíso, 2018

Hay que tener en consideración el factor de temperatura, ya que afecta directa e indirectamente al proceso de corrosión de los metales en la atmosfera. Cuando la temperatura sube, aumenta la velocidad de las reacciones electroquímicas, pero al mismo tiempo, se realiza la evaporación de la humedad depositada sobre el metal, desciende la concentración de oxígeno y gases corrosivos.

En la figura 1-16 se puede apreciar el mapa de corrosión atmosférica de Chile, el cual fue elaborado por el proyecto INNOVA, realizado por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, con el fin de construir mapas de índice de agresividad atmosférica y de corrosividad atmosférica, basado en la agresividad ambiental, para los metales o aleaciones que, en su conjunto, constituyen los de mayor interés tecnológico: acero, cobre, aluminio y acero galvanizado, con el fin de seleccionar de manera óptima los materiales a utilizar en estructuras metálicas en diferentes zonas ambientales del país.

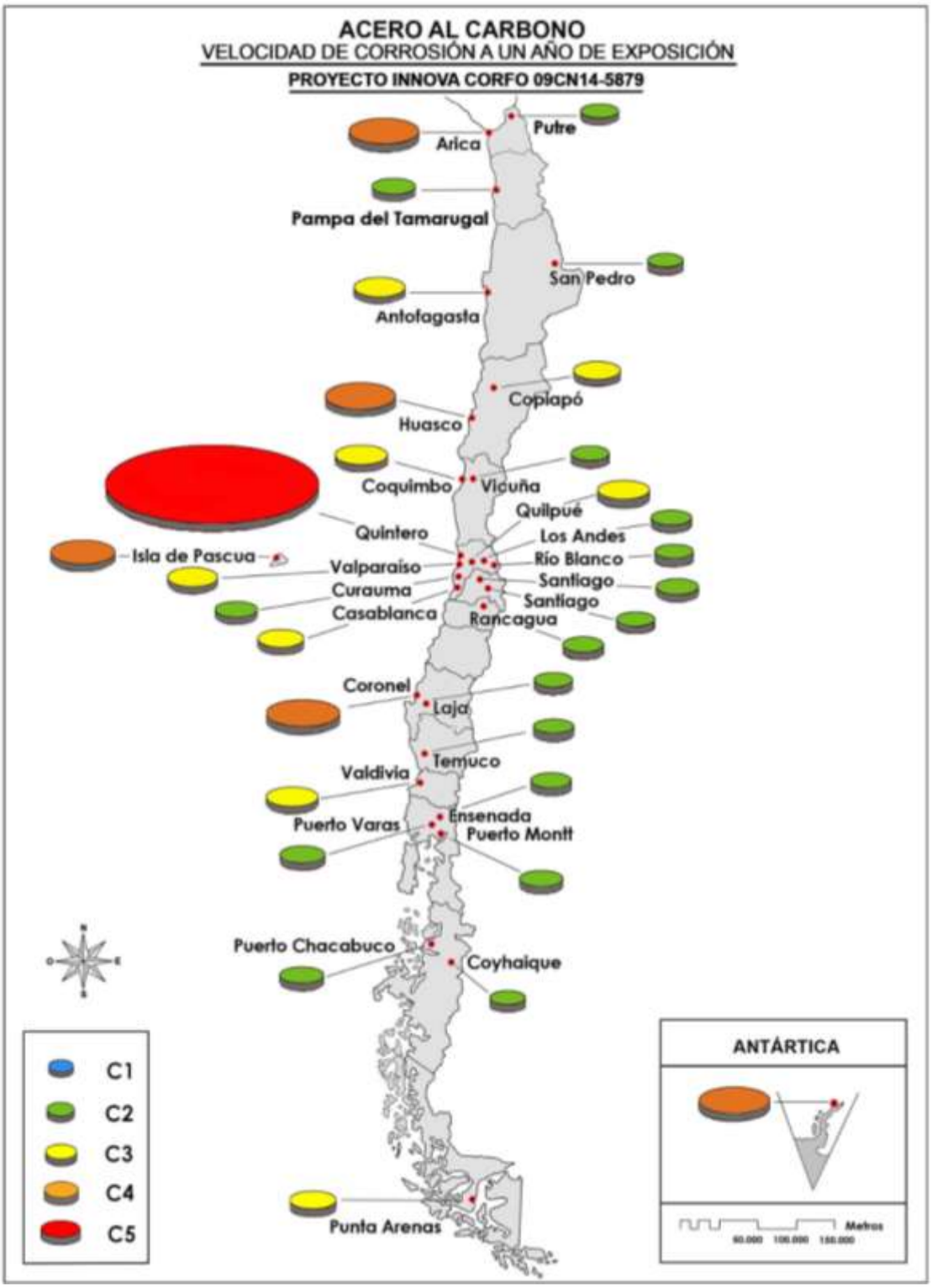
Este mapa de corrosividad toma en consideración cada uno de los factores nombrados anteriormente, con el fin de clasificar las zonas de Chile en cinco categorías de corrosividad atmosférica, según la norma ISO 9223:2012.

Según el mapa el sitio de Quintero está catalogado como un C5 de color rojo, que según la norma ISO 9223, corresponde a una categoría de corrosividad atmosférica muy alta, esto quiere decir, una pérdida de material metálico entre los 650 y 1500 gramos por metro cuadrado al año. Aplicable en estructuras de acero, tuberías, soportes, equipos, etc. ubicados en áreas industriales sometidas a alta humedad y/o condiciones agresivas y costeras con salinidad alta y con una temperatura de servicio inferior a 120ºC. En la tabla 1-6 se muestran las distintas categorías con sus respectivas pérdidas de material y de espesores por año.

Tabla 1-6. Categorías de Corrosividad, según Norma ISO 9223

Categoría de Corrosividad	Unidades	Acero al Carbono	Agresividad
C1	g/m^2año	≤10	Muy Baja
	µm/año	≤1,3	
C2	g/m^2año	10 – 200	Baja
	µm/año	1,3 – 25	
C3	g/m^2año	200 – 400	Media
	µm/año	25 – 50	
C4	g/m^2año	400 – 650	Alta
	µm/año	50 – 80	
C5	g/m^2año	650 – 1500	Muy Alta
	µm/año	80 – 200	

Fuente: Proyecto INNOVA, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2010



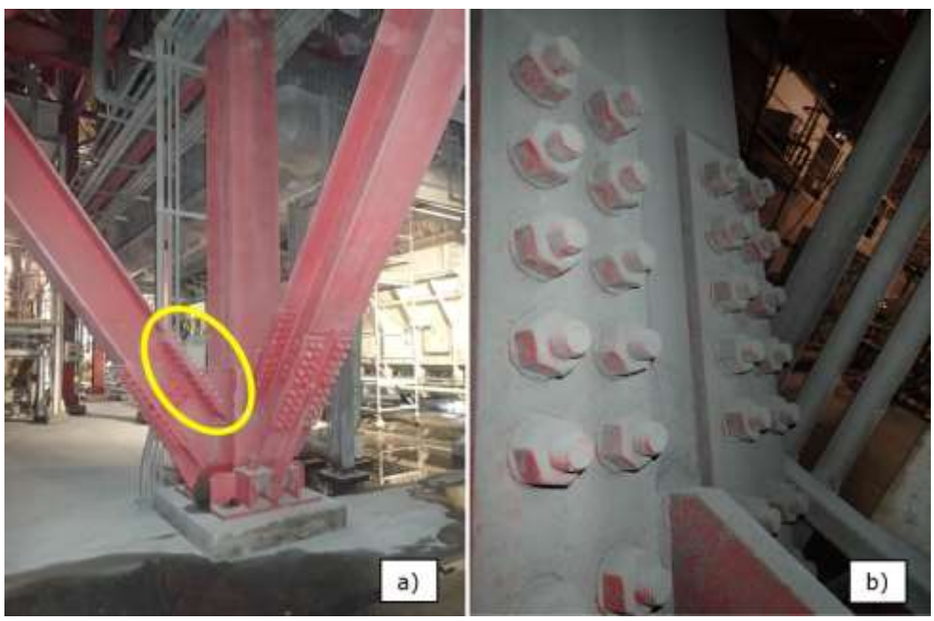
Fuente: Proyecto INNOVA, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2010

Figura 1-16. Mapa de Corrosividad Atmosférica de Chile

Además de los datos entregados anteriormente, a continuación se especificarán las condiciones ambientales de las estructuras, con el fin de tener mayor información de las condiciones ambientales adicionales que puedan poseer.

1.3.2.1. Estructuras Sistema Generación de Vapor

Estas estructuras se encuentran en un ambiente de polución debido a los distintos equipos que almacenan, transportan o trituran Carbón. Este material particulado que se encuentra en el ambiente, decanta y se deposita en la superficie de las columnas y vigas, generando una capa de aproximadamente 1 mm de espesor, como se puede evidenciar en la figura 1-17 b), la cual corresponde a una diagonal de la columna L5 de la unidad generadora 3. En la figura 1-17 a) se puede apreciar la columna L5 y la especificación en amarillo donde fue tomada la fotografía de la figura b).



Fuente: Fotografía tomada en AES Gener División Ventanas, 2018

Figura 1-17. a) Columna L5, Unidad Generadora 3 y b) Material Particulado depositado en la superficie de la Diagonal

La condición de la figura 1-17 b) ocurre en todo el dimensionamiento de las estructuras, pero con mayor espesor en las columnas y vigas que se encuentran entre la base y el tercer nivel. En el anexo A se encuentran las fotografías complementarias que muestran las condiciones mostradas en la figura anterior.

El material particulado se compone en su mayoría por carbón triturado y ceniza producida en la combustión. El carbón mineral se encuentra constituido principalmente por carbono (C), además posee cantidades de nitrógeno (N), oxígeno (O), hidrógeno (H), azufre (S), entre otros. El tipo de carbón utilizado en la empresa es bituminoso y sub bituminoso, estos se encuentran compuestos además de los elementos nombrados anteriormente, por azufre combustible (0,5 a 0,8 %) sílice,

humedad (8-12 %) y ceniza (12-16 %). Varios de esto elementos influyen en la corrosión de los metales, tales como el oxígeno, el azufre y la humedad.

No se tiene registro si esta capa de material particulado tiene algún efecto corrosivo en la superficie del metal. Pero esto puede ocultar problemas que estén sucediendo entre la capa de material particulado y la superficie del metal, como lo es la corrosión, además no permite una inspección adecuada de la viga o columna, dificultando la labor.

En la base de la estructura se encuentra el transportador de cadena sumergida, el que proporciona al ambiente ceniza y agua de mar creando una mezcla que se derrama al piso, como queda demostrado en la figura 1-18, esta sección corresponde a la parte trasera de la cadena. Esta condición aporta humedad al ambiente, ya que esa mezcla se va evaporando en el transcurso del día, además hay que considerar que se utiliza agua de mar, la cual al evaporarse proporciona NaCl, como se dijo anteriormente un componente corrosivo para los metales.

Fuente: Fotografía tomada en AES Gener División Ventanas, 2018

Figura 1-18. Mezcla de Ceniza y Agua de mar en la Base de la Estructura

1.3.2.2. Especificaciones de Pintura

Aes Gener presenta una manual de mantenimiento de pinturas, el cual indica para este caso (estructuras de calderas) se utiliza un anticorrosivo Mastic Epoxy Autoimprimante de Altos Sólidos y un Esmalte Poliuretano de tipo alifático isocianato.

1.4. CRITICIDAD DE LAS ESTRUCTURAS

Dentro de esta sección se verificará cuál de ellas es la más crítica con respecto a la demás, realizando un ensayo de medición de espesores. Además, se mostrará el deterioro que se encuentra presente en las estructuras con el fin de dar mayor evidencia al trabajo.

1.4.1. Deterioro de las Estructuras

Al realizar una inspección visual por cada una de las estructuras se pudo observar el grado de deterioro que cada una de ellas tenía. Las estructuras presentan mayor deterioro en su base y en su mayor elevación. En la figura 1-19 se muestra la columna H6-12 y el deterioro que presenta en su base. A simple vista se puede estimar que es corrosión, pero no se puede determinar de qué tipo, ya que para esto se deberían realizar pruebas químicas.

Fuente: Fotografía tomada en AES Gener División Ventanas, 2018

Figura 1-19.Base de la Columna de Acero

En la figura 1-20 se puede apreciar el deterioro que presentan las estructuras en su parte superior donde existe la mayor elevación. Como se dijo anteriormente, se aprecia corrosión en el metal.

Fuente: Fotografía tomada en AES Gener División Ventanas, 2018

Figura 1-20. Parte Superior de la Estructura

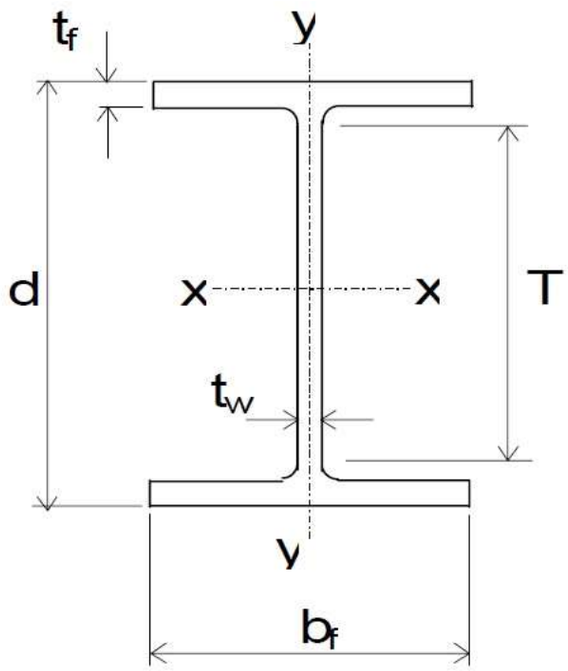
1.4.2. Mediciones de Espesores

La norma con la cual fueron diseñados los perfiles corresponde a las especificaciones norteamericanas AISC ("American Institute of Steel Construction") con modificaciones, para cumplir con los requisitos de las normas sísmicas chilenas NCh 2369 ("Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales"). Además, los espesores mínimos admisible de los perfiles fueron extraídos del manual del Instituto Chileno del Acero (ICHA), con el fin de determinar si existe perdida de material en las estructuras o si cumple con la normativa.

El tipo de instrumento que se utilizó para realizar las mediciones corresponde al Krautkramer DM4 DL, ya que este posee un modo de operación que permite realizar mediciones a través de recubrimientos, siendo necesaria esta condición ya que las estructuras se encuentran revestidas por pintura. Utiliza un transductor identificado

de 5,0 MHz con conector en la parte superior (DA 411), con una resolución ajustable de 0,01 mm o 0,1 mm.

Las mediciones fueron tomadas en el ancho del perfil (o del ala) para saber cuál era su espesor, al igual que en la altura interior del perfil. En la figura 1-5 se aprecia cada una de las dimensiones del perfil.



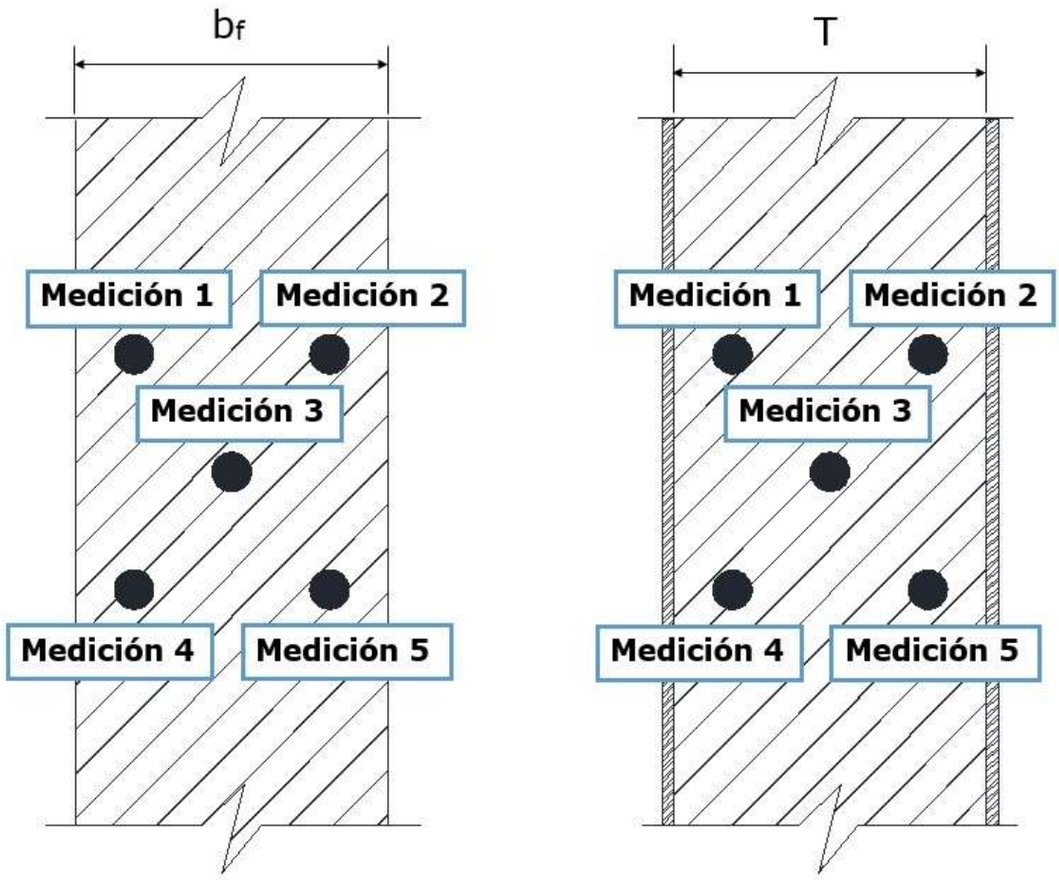
Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por AES Gener, 2018

Figura 1-21. Dimensiones del Perfil

Dimensiones:

- d = Altura total del perfil.
- T = Altura interior del perfil.
- b_f = Ancho del perfil o del ala.
- t_f = Espesor de las alas.
- t_w = Espesor del alma.

El número de puntos a inspeccionar fue establecido por una cuadricula, la cual contempla un tamaño de 25 cm x 30 cm (el tamaño inicial de la cuadricula puede variar durante la medición si las condiciones lo requieren), esta se determinó por el tamaño que poseen las estructuras donde el ancho promedio de los perfiles y su altura interior promedio corresponde a 40 cm. La cantidad de puntos y su distribución se muestran en la figura 1-6.



Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por AES Gener, 2018

Figura 1-22. Distribución de Puntos de Medición

Con la medición se espera determinar el espesor de las alas (t_f) y el espesor del alma (t_w) y así poder establecer si las mediciones se escapan de los espesores mínimos establecidos por la norma, si esto ocurre, es posible que existe pérdida de material. Es preciso mencionar, que las mediciones se harán en las dos alas y en las dos alturas interiores del perfil, verificando en el caso de T que las mediciones no se encuentren en los mismos puntos. Al final se establece un promedio entre los dos lados, obteniendo el resultado, el cual es expuesto en las tablas y gráficos realizados para la medición.

Una vez determinados los puntos, se seleccionó al azar las columnas a las cuales se les realizan las mediciones, se efectúa la limpieza de las zonas a inspeccionar y se procede a la toma de mediciones.

Para realizar estas mediciones, dado la envergadura de la estructura, se dividieron en tres elevaciones; mediciones zona base, zona media y zona superior. En la siguiente tabla 1-7 se muestran las elevaciones de cada uno de las unidades generadoras y las respectivas columnas a medir.

Tabla 1-7. Cantidad de Columnas a Medir

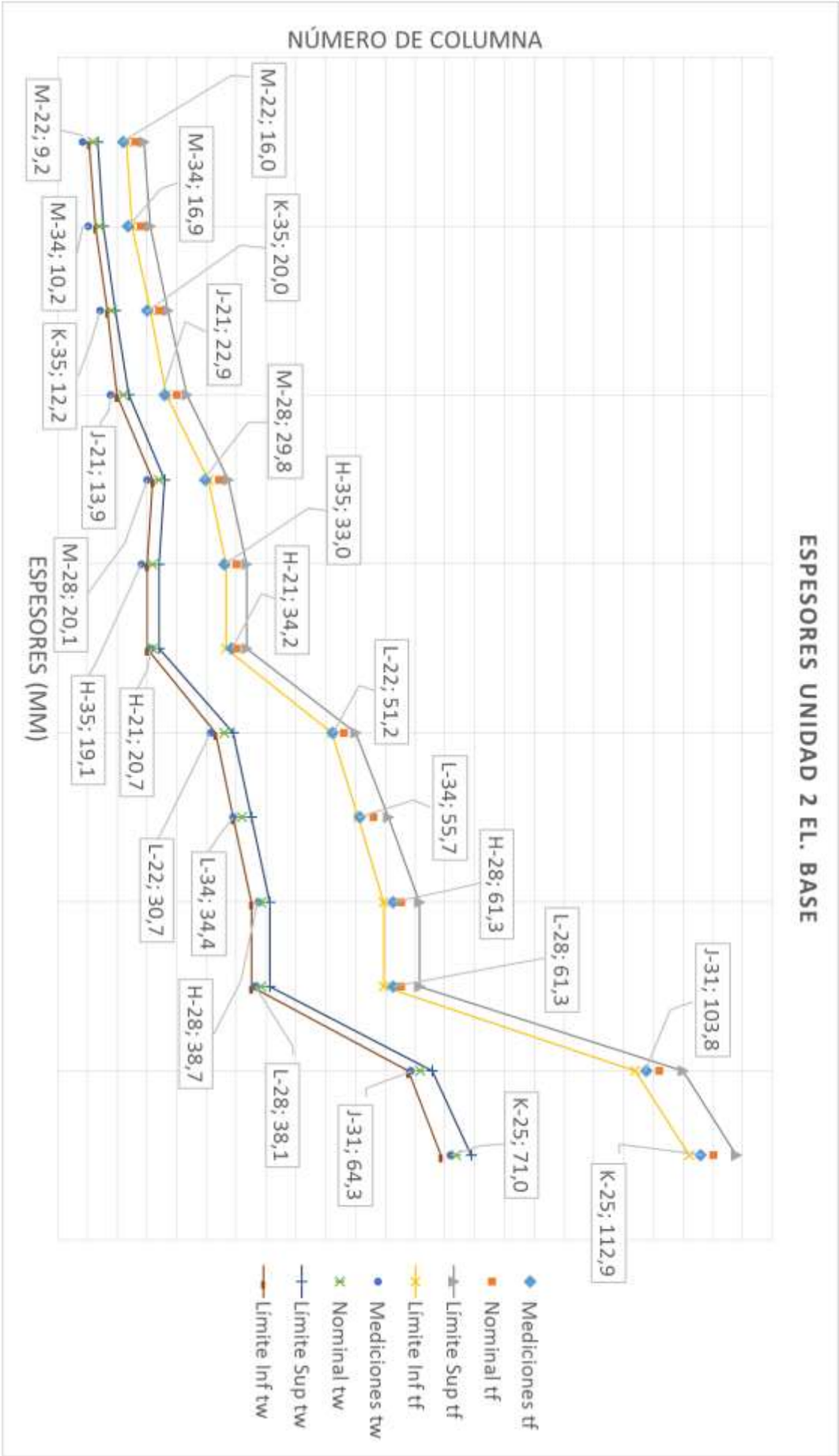
Unidades Generadoras	Elevación	Columnas
Ventanas 2	Base	M-22/M-34/K-35/J-21/M-28/H-35/H-21/L-22/L-34/H-28/L-28/J-31/K-25
	25,300 m	M-34/M-28/M-22/K-35/J-21/L-22/L-34/H-21/H-28/L-28/J-31/K-25
	38,600 m	K-35/J-21/H-21/H-28/L-28/J-31/K-25
Ventanas 3	Base	H6-13/H6-8/H6-1/N-10/N-4/P-10/P-4/G-13/J-12/J-1/L-12/L-2/H-1/K-9/K-5/P-7/H-6/L-7/G-3/H-11/J-5/M-9/M-5/G-8
	21,400 m	H6-6/H6-8/J-12/J-2/H-6/H-8/K-5/K-9/L-2/L-9/L-7/J-5
	51,614 m	G-11/H-6/H-8/H-11
Ventanas 4	Base	H6-13/H6-8/H6-1/N-10/N-4/P-10/P-4/G-13/J-12/J-1/L-12/L-2/H-1/K-9/K-5/P-7/H-6/L-7/G-3/H-11/J-5/M-9/M-5/G-8
	21,400 m	H6-6/H6-8/J-12/J-2/H-6/H-8/K-5/K-9/L-2/L-9/L-7/J-5
	51,614 m	G-11/H-6/H-8/H-11

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por AES Gener, 2018

A continuación, serán explicados los gráficos pertenecientes a las tablas realizadas con las mediciones de espesores de las columnas. Además, se realizara un análisis entre las tres unidades generadoras.

1.4.2.1. Mediciones de Espesores Zona Base

En el gráfico 1-2 se muestran las mediciones de espesores realizadas en la base de la estructura de la unidad generadora número dos. En el caso de t_f todos los valores se encuentran bajo el valor nominal, algunos llegando alcanzar el valor mínimo de espesores requeridos y otros sobrepasando este valor. Este es el caso de las columnas M-22, M-34, K-35, J-21, M-28 y H-35. Al dirigirse al plano 214988E, se puede apreciar la ubicación de estas columnas de Norte a Sur, hacia el lado Oeste se encuentra el mar y hacia el lado Este la cordillera. Estas columnas se encuentran en la periferia, en contacto directo con las condiciones ambientales del lugar, mientras que las columnas que se encuentran más resguardadas se encuentran más cerca del límite inferior, como lo son las columnas H-21, H-28, L-28, J-31 y K-25. Cabe mencionar que la estructura por su lado Oeste se encuentra resguardada por la sala de máquinas y es donde se encuentra la columna H-21, esta se encuentra en la periferia y no sufre las mismas condiciones que las estructuras anteriores.



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la medición de espesores en Aes Gener, 2018

Gráfico 1-2. Resultado Medición de Espesores Unidad 2 El. Base

Al analizar t_w del gráfico 1-2, se puede apreciar la misma situación que t_f, las columnas M-22, M-34, K-35, J-21, M-28 y H-35 bajo el límite inferior, por debajo del espesor nominal. También las columnas H-21, L-28, J-31 y K-25 se encuentran en la misma situación, cercanas al límite inferior.

Debido a que las columnas del gráfico anterior se encuentran fuera de los rangos establecidos, se realizó la estimación de cuantos milímetros de diferencia tienen los valores obtenidos con respecto a su nominal. En la tabla 1-8 se pueden observar lo obtenido, generando un promedio total estimado de lo disminuido en la base de la estructura.

Tabla 1-8. Diferencia Nominal/Medición de espesores Unidad 2 El. Base

Columna	Espesores	Nominal (mm)	Medición Promedio (mm)	Diferencia Nominal /Medición (mm)
M-22	tf	18	16,0	2,0
	tw	11	9,2	1,8
M-34	tf	19	16,9	2,1
	tw	12	10,2	1,8
K-35	tf	22	20,0	2,0
	tw	14	12,2	1,8
J-21	tf	25	22,9	2,1
	tw	16	13,9	2,1
M-28	tf	32	29,8	2,2
	tw	22	20,1	1,9
H-35	tf	35	33,0	2,0
	tw	21	19,1	1,9
H-21	tf	35	34,2	0,8
	tw	21	20,7	0,3
L-22	tf	53	51,2	1,8
	tw	33	30,7	2,3
L-34	tf	58	55,7	2,3
	tw	36	34,4	1,6
H-28	tf	63	61,3	1,4
	tw	39	38,7	0,4
L-28	tf	63	61,3	1,4
	tw	39	38,1	1,0
J-31	tf	106	103,8	2,2
	tw	66	64,3	1,6
K-25	tf	115	112,9	2,1
	tw	72	71,0	0,9
Promedio tf-tw Diferencia Nominal /Medición (mm)				1,7

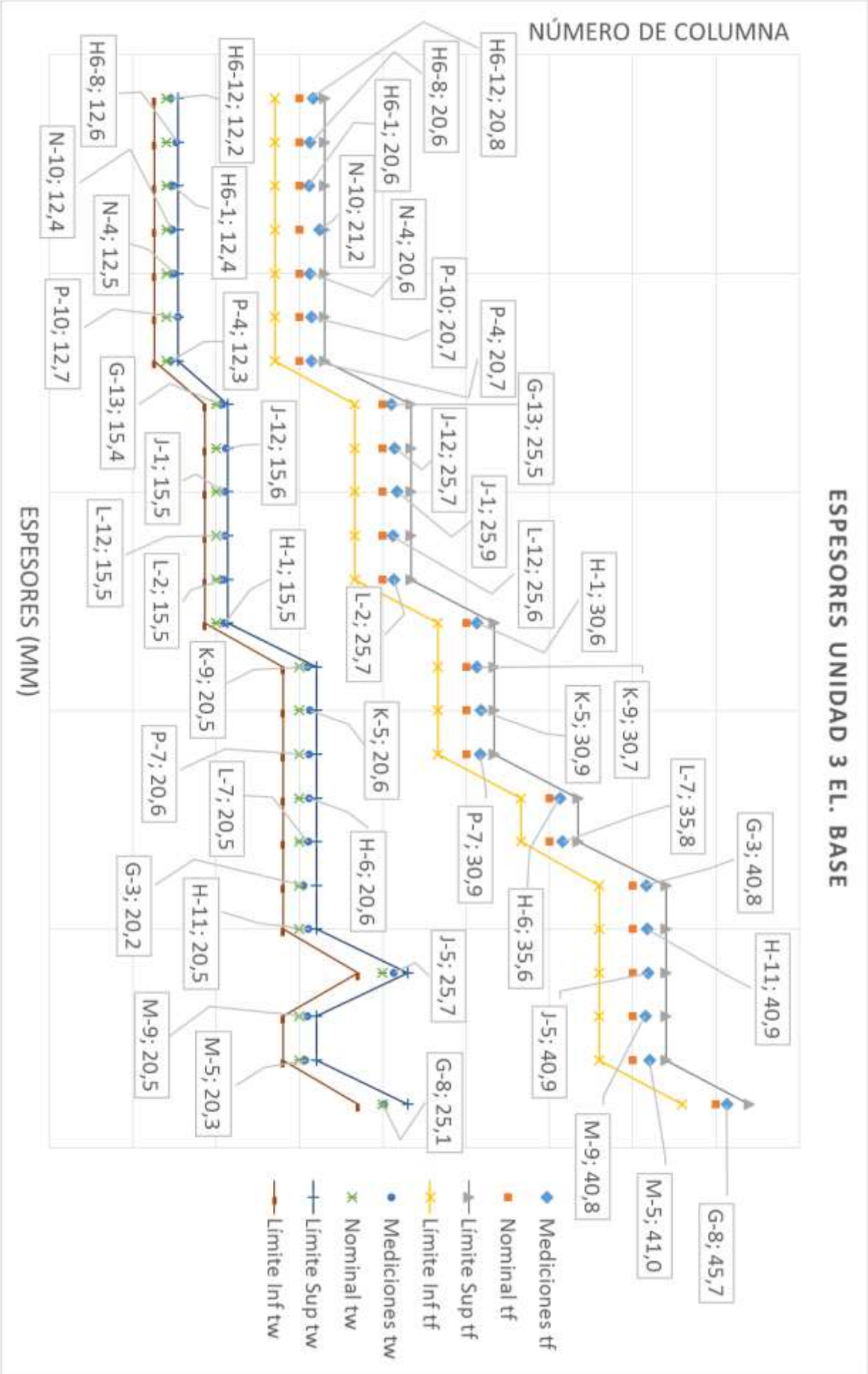
Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la medición de espesores en Aes Gener, 2018

A partir de la tabla anterior se puede establecer la pérdida de espesor, la cual corresponde a 1,7 mm cada 42 años, esto quiere decir que la velocidad con que se pierde material en la base de la estructura de la unidad 2 corresponde a 0,040 mm/año.

El siguiente gráfico 1-3 muestra los datos obtenidos en la medición realizada a la unidad generadora tres. A simple vista se puede apreciar que los valores se encuentran dentro de los límites esperados. Al realizar el análisis de t_f se puede observar que la mayoría de los valores se encuentran por sobre el valor nominal. Existe un valor que se dispara por sobre los demás, la columna N-10, la cual posee un espesor de 21,2 mm siendo su límite superior de 21,5 mm, esto puede indicar que la perdida de material es mínima o puede indicar acumulación de corrosión en su interior. Al concurrir al lugar se realizó una inspección visual del sitio donde se realizó la medición y no se encontró indicios de corrosión. Al realizar el análisis de t_w, se puede observar que la mayoría de los valores se encuentran sobre el valor nominal. Existen unos puntos en particular que se encuentran cercanos a este valor, estos corresponden a las columnas H6-12, P-4, G-3, M-5 y G-8. La columna H6-12 fue la que se mostró en la figura 1-19 de este capítulo, con una presencia fehaciente de corrosión, puede ser que esta disminución de material, pueda estar ocurriendo por esta condición.

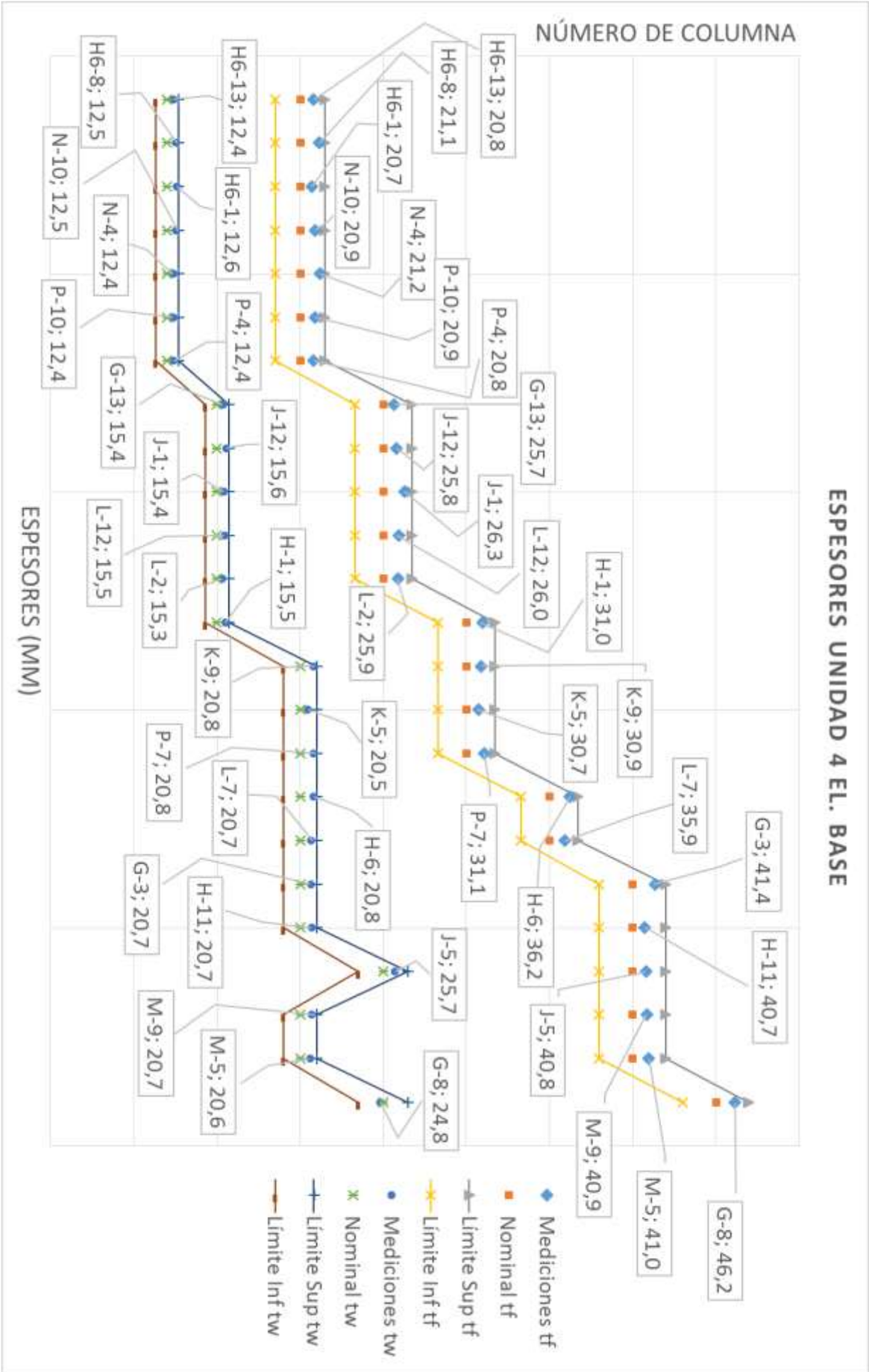
Aunque algunas de las columnas tengan disminución de material, estos valores se encuentran dentro de los límites permitidos y muy cerca de su valor nominal, esto se refiere a que la estructura tiene una condición óptima de funcionamiento y no se encuentran daños aparentes.

En el grafico 1-4 que se encuentra a continuación del grafico 1-3, se encuentran las mediciones de las estructuras de la unidad generadora número cuatro. Como se puede apreciar en el gráfico los valores obtenidos se encuentran sobre el valor nominal y la mayoría de ellos se encuentran dentro de los límites. Al realizar el análisis de t_f, se puede observar que los valores se encuentran muy cercanos al límite superior y cercanos al valor nominal, con esto se puede estimar que la pérdida de masa en la estructura es mínima. También es posible estimar que la superficie del material posea una capa de óxido, aumentando el espesor del metal, pero al dirigirse al sitio donde se realizaron las mediciones, no se observan indicios de corrosión. Al realizar el análisis del t_w se puede observar la misma situación que t_f, valores entre el valor nominal y el límite superior. Es preciso mencionar que esta estructura no tiene más de nueve años de funcionamiento.



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la medición de espesores en Aes Gener, 2018

Gráfico 1-3. Resultado Medición de Espesores Unidad 3 El. Base



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la medición de espesores en Aes Gener, 2018

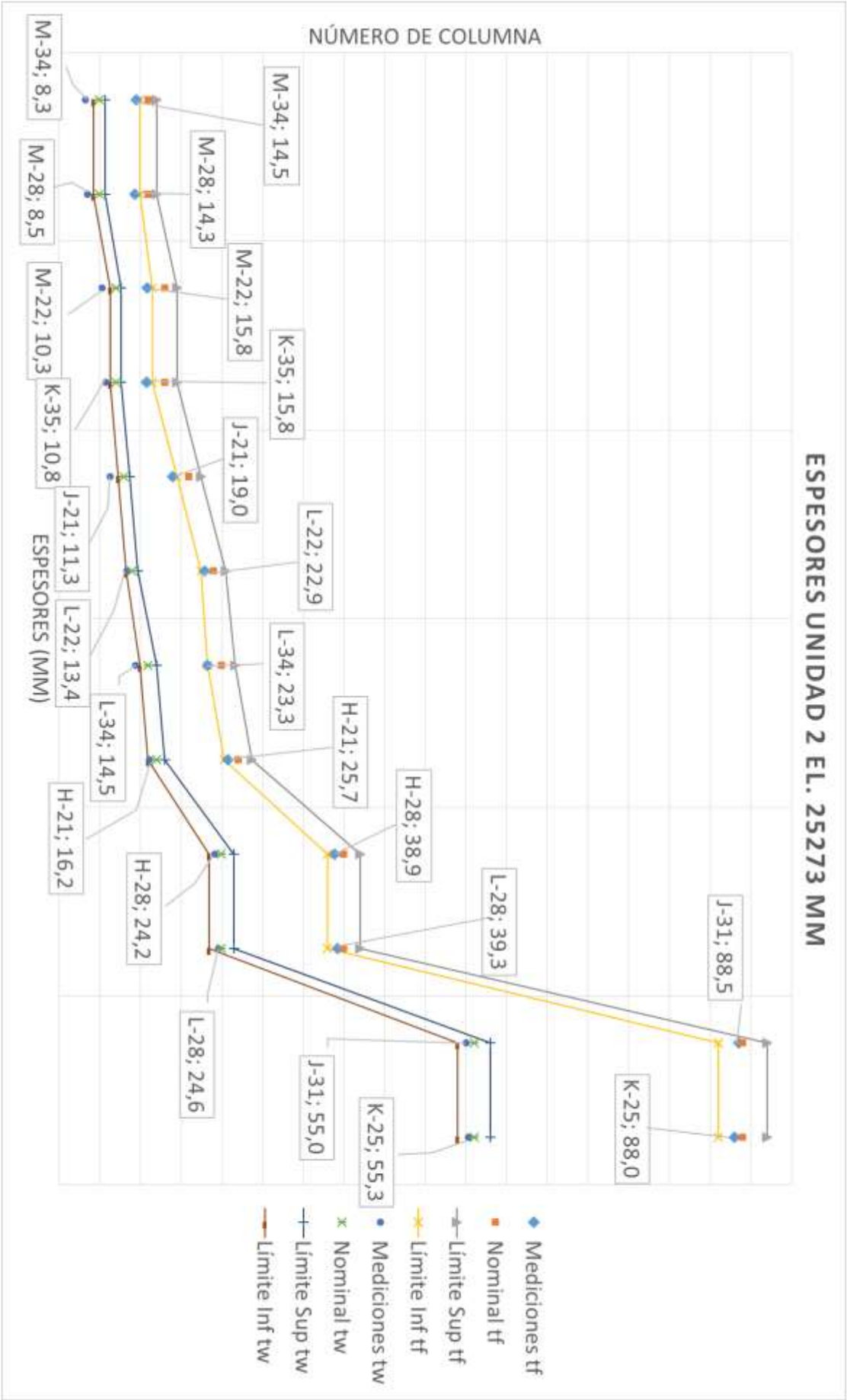
Gráfico 1-4. Resultado Medición de Espesores Unidad 4 El. Base

Al analizar los tres anteriores gráficos en conjunto, se puede observar que la unidad generadora número dos, posee una disminución mayor en los espesores t_f y t_w que las otras unidades generadoras. Se puede inferir que esto sucede por la cantidad de tiempo que ha estado expuesta (42 años en servicio). La vida útil normal según Servicio de Impuestos Internos de Chile (SII), es de 80 años, es decir, la unidad 2 se encuentra casi en la mitad de su vida estimada.

1.4.2.2. Mediciones de Espesores Zona Media

En el grafico 1-5 se especifican las mediciones realizadas en la zona media de la estructura metálica de la unidad 2, específicamente a una elevación de 25273 mm. Para el espesor t_f seis espesores se encuentran cercanos al límite inferior, mientras que M-34, M-28, M-22, K-35 y J-21 se encuentran por debajo de su límite inferior. Las columnas nombradas anteriormente se encuentran en la periferia de la estructura, lo mismo que sucedía en su base, al parecer las columnas que se encuentran en esta situación tienden a disminuir su espesor con respecto a las demás que se encuentran resguardadas por la misma estructura y equipos. Al realizar el análisis de t_w para el grafico 1-5 se puede apreciar que ocurre lo mismo que el espesor t_f. Los valores de las columnas M-34, M-28, M-22, K-35, J-21 y L-34 se encuentran bajo su límite inferior. Se expone la misma situación que en t_f, donde estas columnas se encuentran en la periferia de la estructura, estipulando que estas se ven más afectadas debido a un contacto más directo con el ambiente.

El plano 214971-E corresponde a la elevación 82’-11 (25273 mm) de unidad 2. El plano WD110-EM132-B6109 corresponde a la elevación 21400 mm de las unidades 3 y 4 para su visualización.



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la medición de espesores en Aes Gener, 2018

Gráfico 1-5. Resultado Medición de Espesores Unidad 2 El. 25273 mm

Debido a que las columnas del gráfico anterior se encuentran fuera de los rangos establecidos, se realizó la estimación de cuantos milímetros de diferencia tienen los valores obtenidos con respecto a su nominal. En la tabla 1-9 se pueden observar lo obtenido, generando un promedio total estimado de lo disminuido en la elevación 25273 mm de la estructura.

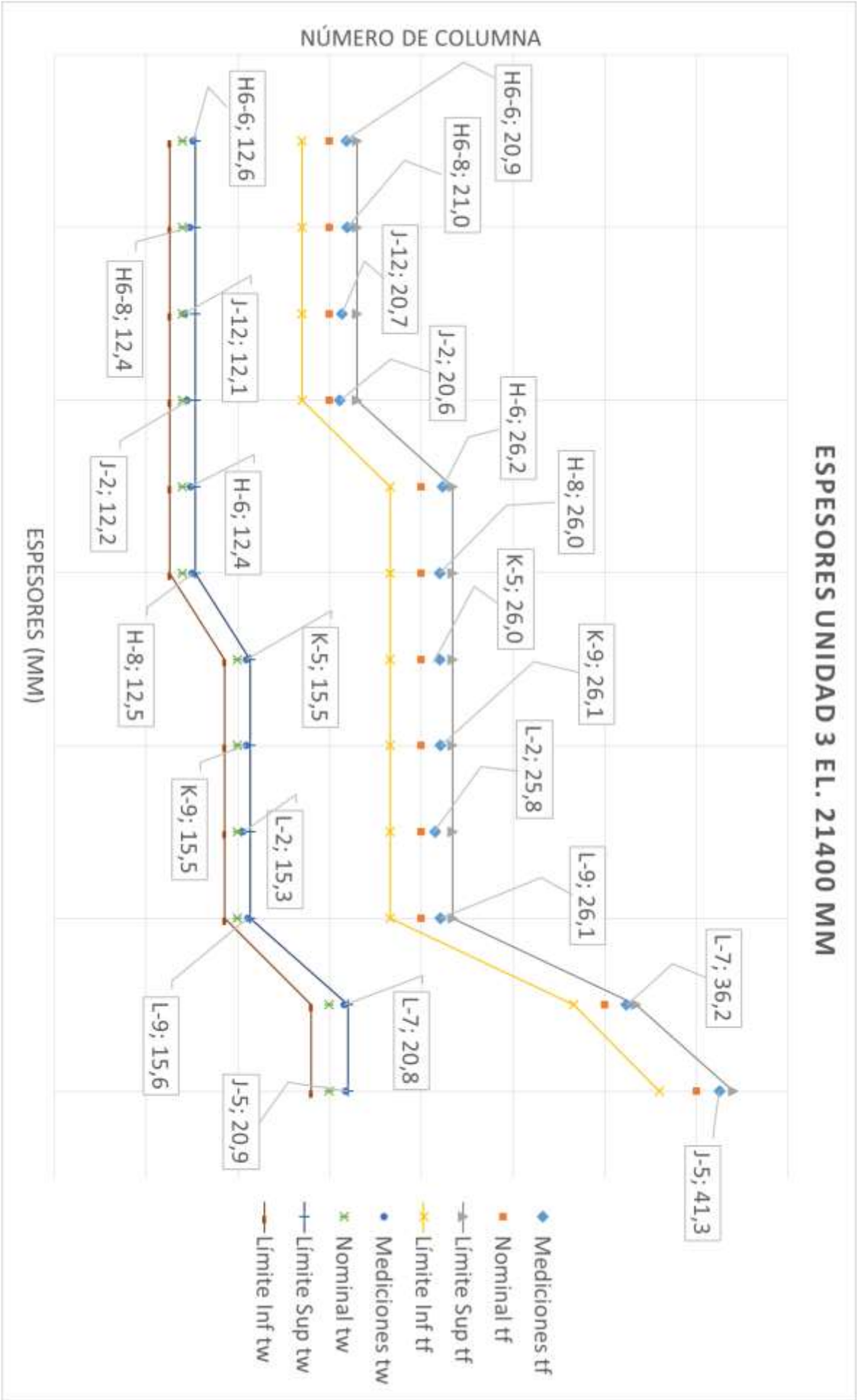
Tabla 1-9. Diferencia Nominal/Medición de espesores Unidad 2 El. 25273 mm

Columna	Espesores	Nominal (mm)	Medición Promedio (mm)	Diferencia Nominal /Medición (mm)
M-34	tf	16	14,5	1,5
	tw	10	8,3	1,7
M-28	tf	16	14,3	1,7
	tw	10	8,5	1,5
M-22	tf	18	15,8	2,2
	tw	12	10,3	1,7
K-35	tf	18	15,8	2,2
	tw	12	10,8	1,2
J-21	tf	21	19,0	2,0
	tw	13	11,3	1,7
L-22	tf	24	22,9	1,1
	tw	14	13,4	0,6
L-34	tf	25	23,3	1,7
	tw	16	14,5	1,5
H-21	tf	27	25,7	1,3
	tw	17	16,2	0,8
H-28	tf	40	38,9	1,1
	tw	25	24,2	0,8
L-28	tf	40	39,3	0,7
	tw	25	24,6	0,4
J-31	tf	89	88,5	0,5
	tw	56	55,0	1,0
K-25	tf	89	88,0	1,0
	tw	56	55,3	0,7
Promedio tf-tw Diferencia Nominal /Medición (mm)				1,3

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la medición de espesores en Aes Gener, 2018

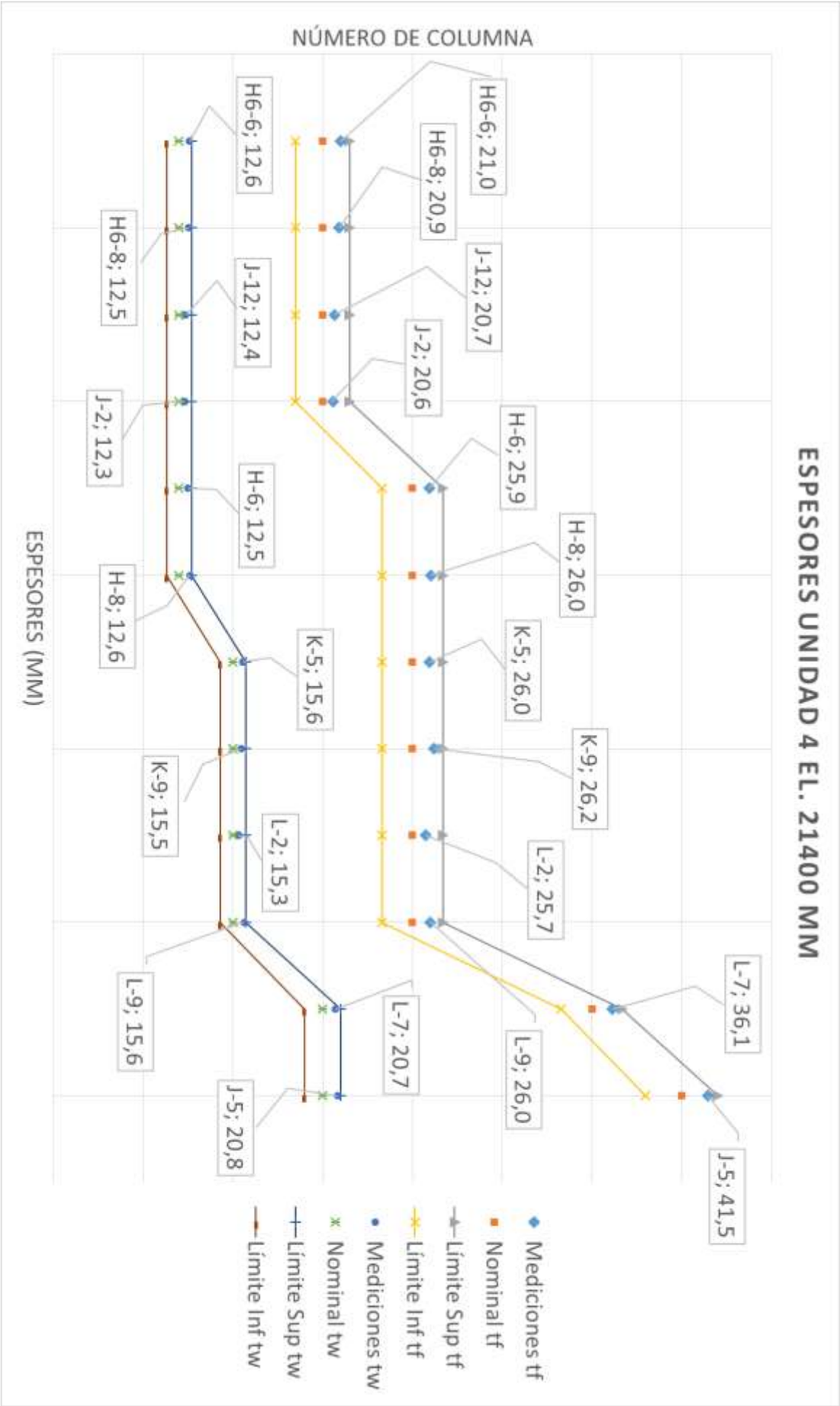
A partir de la tabla anterior se puede establecer la pérdida de espesor, la cual corresponde a 1,3 mm cada 42 años, esto quiere decir que la velocidad con que se pierde material en la zona media de la estructura de la unidad 2 corresponde a 0,030 mm/año.

Al comparar la tabla 1-8 con la tabla 1-9, se puede establecer que en la base de la estructura hay una mayor pérdida de material que en su zona media.



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la medición de espesores en Aes Gener, 2018

Gráfico 1-6. Resultado Medición de Espesores Unidad 3 El. 21400 mm



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la medición de espesores en Aes Gener, 2018

Gráfico 1-7. Resultado Medición de Espesores Unidad 4 El. 21400 mm

Al analizar los gráficos 1-6 y 1-7 se puede apreciar la misma condición que en los gráficos 1-3 y 1-4. Los valores se encuentran entre el límite superior y su valor nominal lo que indica un buen estado de las estructuras.

1.4.2.3. Mediciones de Espesores Zona Superior

El plano 214977-E corresponde a la elevación 147'-8 (45009 mm) de la unidad 2 y el plano WD110-EM132-B6122 corresponde a la elevación 53400 mm de las unidades 3 y 4 para su observación.

En el gráfico 1-8 se puede apreciar la medición de espesores realizada en la estructura de la unidad 2 a una elevación de 45009 mm. En general existen valores bajo el límite inferior y entre su nominal y el límite inferior. Las columnas que se encuentran dentro de los límites corresponden a J-31, J-25 y K-25, esto puede ocurrir debido a que estas columnas poseen mayores espesores en t_f y t_w poseyendo una mayor tolerancia en el material. Aun así los valores siguen un patrón con respecto a los otros gráficos correspondientes de la unidad 2.

Debido a que algunas de las columnas del gráfico 1-8 se encuentran fuera de los rangos establecidos, se realizó la estimación de cuantos milímetros de diferencia tienen los valores obtenidos con respecto a su nominal. En la tabla 1-10 se pueden observar lo obtenido, generando un promedio total estimado de lo disminuido en la elevación 45009 mm de la estructura.

Tabla 1-10. Diferencia Nominal/Medición de espesores Unidad 2 El. 45009 mm

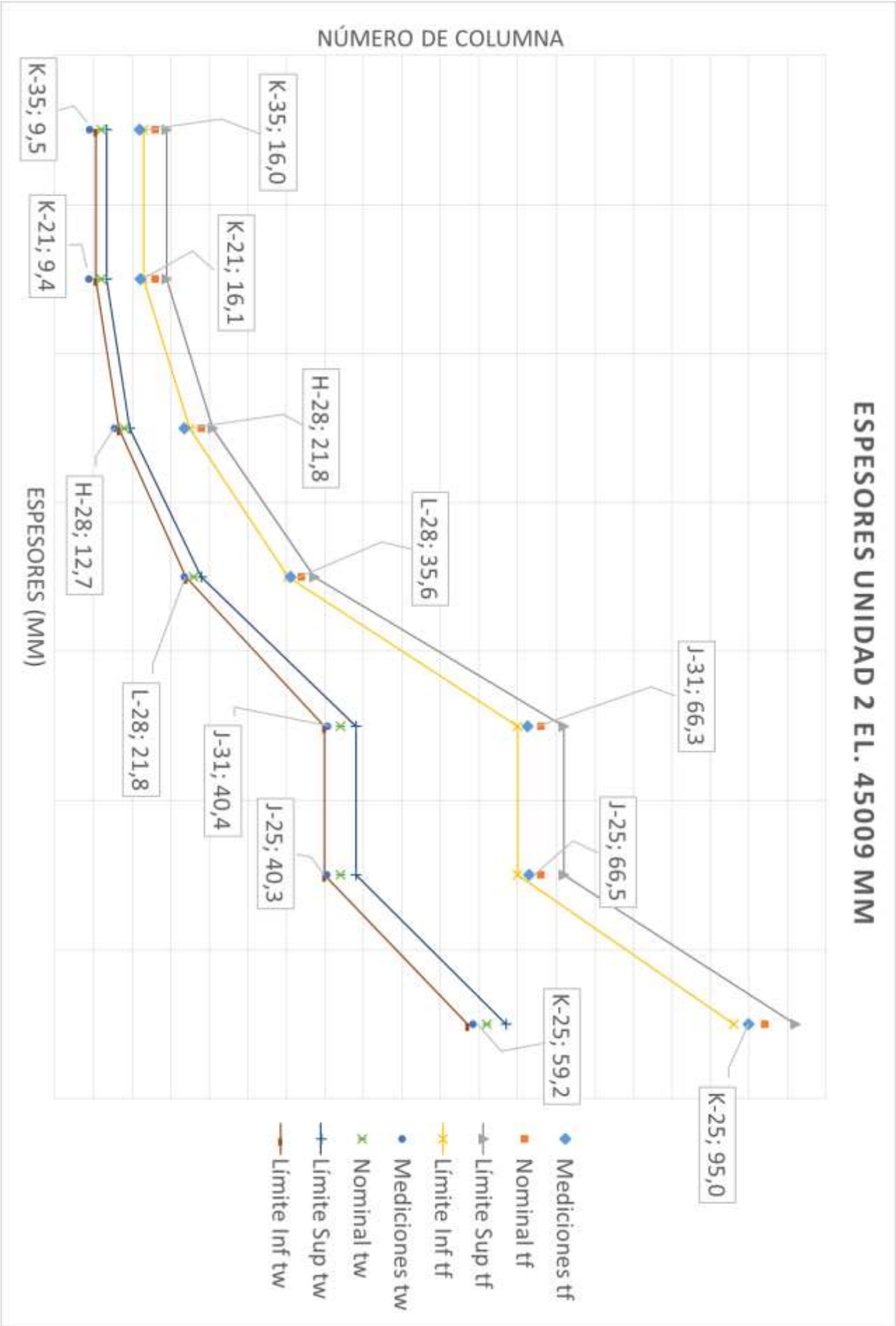
Columna	Espesores	Nominal (mm)	Medición Promedio (mm)	Diferencia Nominal /Medición (mm)
K-35	tf	18	16,0	2,0
	tw	11	9,5	1,5
K-21	tf	18	16,1	1,9
	tw	11	9,4	1,6
H-28	tf	24	21,8	2,2
	tw	14	12,7	1,3
L-28	tf	37	35,6	1,4
	tw	23	21,8	1,2
J-31	tf	68	66,3	1,7
	tw	42	40,4	1,6
J-25	tf	68	66,5	1,5
	tw	42	40,3	1,7
K-25	tf	97	95,0	2,0
	tw	61	59,2	1,8
Promedio tf-tw Diferencia Nominal /Medición (mm)				1,7

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la medición de espesores en Aes Gener, 2018

A partir de la tabla anterior se establece la pérdida de espesor, la cual corresponde a 1,7 mm cada 42 años, esto quiere decir que la velocidad con que se pierde material en la zona superior de la estructura de la unidad 2 corresponde a 0,040 mm/año.

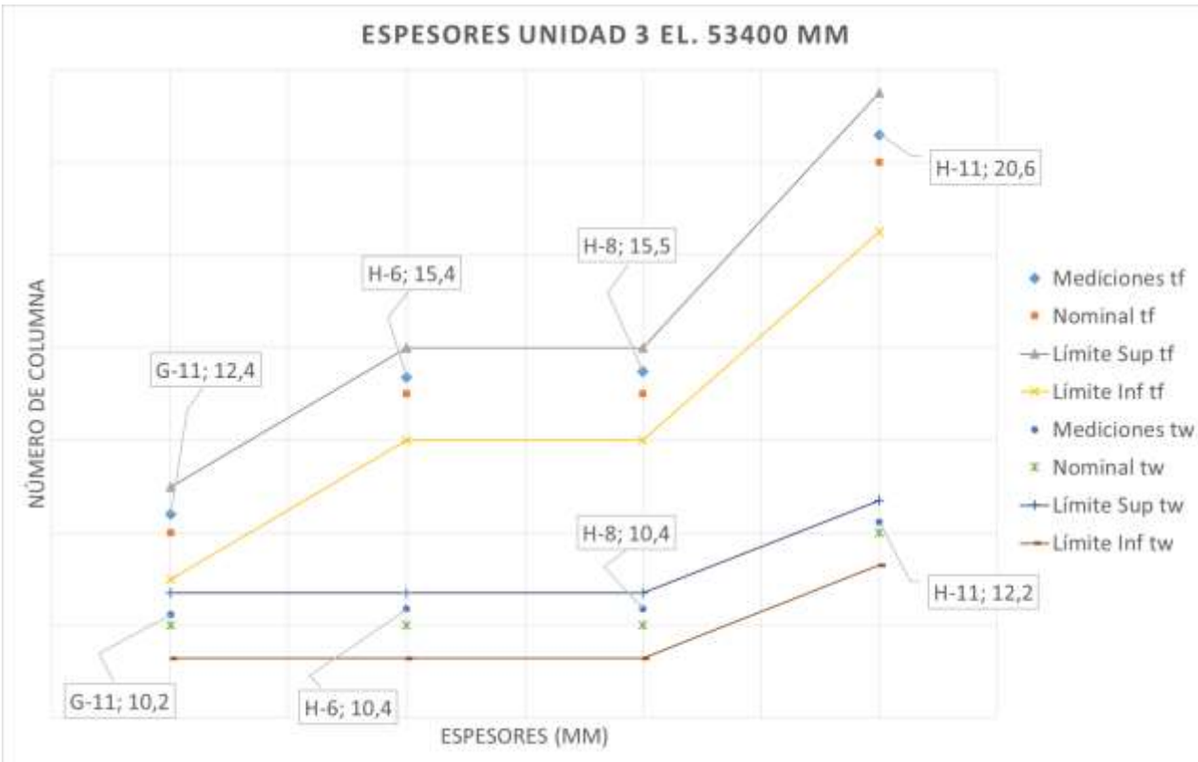
Para los gráficos 1-9 y 1-10, se encuentran en las mismas condiciones que las otras elevaciones, los valores se encuentran entre su valor nominal y el límite superior.

Se puede concluir que en la zona superior hay una disminución de los valores con respecto a su zona media, lo que se estipulaba visiblemente, queda comprobado por estos gráficos.



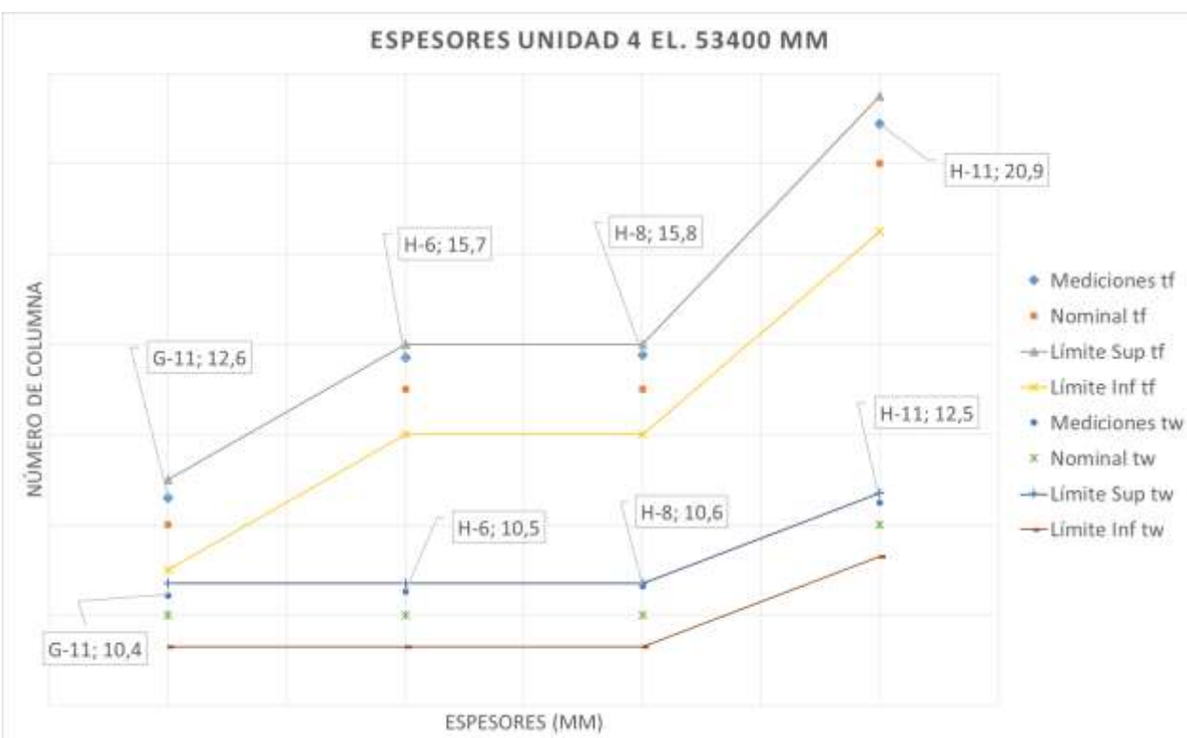
Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la medición de espesores en Aes Gener, 2018

Gráfico 1-8. Resultado Medición de Espesores Unidad 2 El. 45009 mm



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la medición de espesores en Aes Gener, 2018

Gráfico 1-9. Resultado Medición de Espesores Unidad 3 El. 53400 mm



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la medición de espesores en Aes Gener, 2018

Gráfico 1-10. Resultado Medición de Espesores Unidad 4 El. 53400 mm

Para que este análisis sea más preciso se recomienda realizar mediciones de espesores en vigas que se encuentran de difícil acceso, las cuales solo pueden ser medidas colocando andamios. Estas son las que a simple vista se ven más afectadas, como la viga que se muestra a continuación y pertenece a la estructura de la unidad 3. Es una viga BH750X330X12/20 y se encuentra específicamente en la línea 6, entre la columna G y H, a una elevación de 56909 mm.

Fuente: Fotografía tomada en AES Gener División Ventanas, 2018

Figura 1-23. Condición Viga de difícil acceso, Unidad 3

1.4.2.4. Resultados Análisis de Criticidad

Al comparar todos los resultados obtenidos en la medición de espesores, se pudo concluir que las estructuras se desgastan más en su base y en su zona superior. Esto puede ocurrir debido a que las zonas superiores se encuentran en pleno contacto con el aire marino y las condiciones ambientales explicadas anteriormente. Además la sala de máquina ya no resguarda su contacto con el aire marino por tener una menor altura, por lo que la estructura se ve afectada de la misma manera en todo su extensión.

Se realizará un análisis más exhaustivo de la unidad 2, debido que esta posee más años de servicio contrastado con las otras unidades. Al efectuar la comparación de la tabla 1-8 con la tabla 1-9 y la tabla 1-10, se puede establecer que en la base y en la zona superior de la estructura hay una mayor pérdida de material con respecto a su zona media. Al sacar un promedio entre las tres zonas de la unidad 2, se establece que la unidad pierde en promedio 0,038 mm/año. La unidad 2 en sus 42 años de servicio ya perdió 1,6 mm aproximadamente. Si lo llevamos a vigas que su espesor total es de 10 mm, la pérdida de material corresponde al 16%. Según la norma ISO 9223 que estipula las categorías de velocidad de corrosión, la estructura se encontraría en la categoría C3 con un intervalo de pérdida de espesor de 25-50 μm/año, ya que esta posee una pérdida de 37 μm/año. Es preciso aclarar que este es un valor estimativo, el cual puede aumentar, al realizar la medición de espesores en lugares donde no se tuvo acceso y es también en estos lugares en los que se puede apreciar material expuesto a la atmosfera, como se mostró en la figura 1-23. Según la norma la localidad de Quintero se encuentra en una categoría de C5, mostrada en la sección 1.3.2 de este capítulo. Es una zona de alta riesgo de corrosión atmosférica, si no se toman medidas, al desprenderse la capa protectora de pintura la velocidad de corrosión aumentaría entre 80-200 μm/año. Lo que generaría daños irreparables y en consecuencia cambios en vigas afectadas. Es por esto, que es recomendable conservar las condiciones de las estructuras, generando actividades de protección y cuidado, con el fin de mantener su durabilidad.

Por lo anterior, en el siguiente capítulo se desarrollará una propuesta de un plan de mantenimiento preventivo a la estructura metálica de la unidad 2, la más crítica con respecto a las demás. El plan se puede replicar a las otras unidades con el fin de conservar su función y durabilidad.

CAPÍTULO 2: DESARROLLO PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO

2. DESARROLLO PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO

En este capítulo se realizará la elaboración del plan de mantenimiento preventivo, mediante la utilización de la herramienta mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), con el fin de identificar los efectos de falla del activo realizando la evaluación de su impacto para así otorgar recomendaciones de tareas que busquen disminuir las consecuencias de falla, manteniendo la durabilidad y asegurando la vida útil del activo.

La durabilidad es la capacidad de los materiales y de los componentes de conservar las características y funcionalidad para la que fue seleccionado durante su vida útil prevista. La durabilidad va de la mano con la calidad y su control, utilización, envejecimiento y mantenimiento, por lo que es importante evitar posibles fallas o disminuciones de la durabilidad a consecuencia de los deterioros anormales ocurridos en las estructuras de acero. Se habla de deterioros anormales debido a que las estructuras sufren un deterioro natural o normal a consecuencia de su envejecimiento, es por esta razón que poseen una vida útil estimada, la cual corresponde a 80 años. Las causas directas por las cuales puede verse afectada la durabilidad son debido a la exigencia de los materiales, influencia con el entorno y el envejecimiento del activo. Es significativo recalcar que, en mantenimiento, en casi la mayoría de los casos, no se toma en consideración la durabilidad de una estructura debido a la larga vida útil que poseen estos activos y la poca influencia que tienen en la producción, pero si llegase a ocurrir una falla importante en relación con la estructura, se vería afectada tanto la producción, la seguridad de las personas y hasta la seguridad ambiental, por lo que, es debido realizar un mantenimiento preventivo con el fin de prevenir posibles fallas del activo.

La importancia del mantenimiento preventivo es encontrar y corregir los posibles problemas menores que pudiesen producir una falla si no se les da solución, y a su vez, dar correcto funcionamiento al activo. Los principales objetivos del mantenimiento preventivo son los siguientes:

- Garantizar la seguridad de los activos para el personal.
- Corregir los problemas.
- Evitar la parada productiva.
- Reducir los costes de mantenimiento.
- Mantener los activos en condiciones de seguridad y productividad.
- Alargar la vida útil del activo.
- Mejorar procesos.

2.1. SECCIONAMIENTO DEL ACTIVO

Para abordar la elaboración del plan de mantenimiento es necesario dividir en secciones la estructura de estudio, debido a la envergadura que esta posee. Cabe mencionar que todas las estructuras tienen una función común, la cual corresponde a; soportar equipos, máquinas y componentes de la planta.

2.1.1. Descomposición Jerárquica

Siguiendo con la idea anterior, se tiene un sistema que se esperan determinar los componentes asociados, para establecer la relación entre sistema, subsistema y componentes. Para esto se realizó la descomposición jerárquica de la estructura de soporte, especificando la función de cada uno de los componentes asociados como se muestra en la tabla 2-1 e indicando la descripción de cada uno de ellos. Esta descomposición se realizará a la estructura de la unidad 2, ya que fue la más crítica con respecto a las unidades 3 y 4, vista en el capítulo anterior. Por lo tanto el sistema corresponde a la estructura de soporte del sistema de generación de vapor de la unidad 2. Al realizar la descomposición jerárquica se tiene como objetivo acotar los componentes del objeto a analizar, ya que el dimensionamiento del activo es de grandes proporciones.

Tabla 2-1. Descomposición Jerárquica de Componentes

AES Gener		DESCOMPOSICIÓN DE COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE			
SISTEMA	**SUB-SISTEMA**	**COMPONENTE**			**FUNCIÓN**
		N°	**Descripción**	**#**	
Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2	Acero estructural	1	Columna H-35 W14x184	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		2	Columna H-35 W14x136	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		3	Columna H-35 W14x61	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		4	Columna H-35 W14x78	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		5	Columna H-31 W14x426	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		6	Columna H-31 W14x342	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.

		7	Columna H-31 W14x246	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		8	Columna H-31 W14x219	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		9	Columna H-31 W14x167	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		10	Columna H-28 W14x342	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		11	Columna H-28 W14x211	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		12	Columna H-28 W14x127	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		13	Columna H-28 W14x119	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		14	Columna H-28 W14x103	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		15	Columna H-25 W14x426	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		16	Columna H-25 W14x342	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		17	Columna H-25 W14x246	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		18	Columna H-25 W14x202	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		19	Columna H-25 W14x167	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		20	Columna H-21 W14x184	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		21	Columna H-21 W14x136	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		22	Columna H-21 W14x61	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		23	Columna H-21 W14x78	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		24	Columna J-35 W14x136	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		25	Columna J-35 W14x103	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		26	Columna J-35 W14x78	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y

					transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		27	Columna J-35 W14x87	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		28	Columna J-35 W14x95	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		29	Columna J-31 W14x605	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		30	Columna J-31 W14x500	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		31	Columna J-31 W14x370	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		32	Columna J-31 W14x550	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		33	Columna J-25 W14x550	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		34	Columna J-25 W14x500	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		35	Columna J-25 W14x426	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		36	Columna J-25 W14x370	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		37	Columna J-25 W14x500	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		38	Columna J-21 W14x127	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		39	Columna J-21 W14x103	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		40	Columna J-21 W14x78	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		41	Columna J-21 W14x87	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		42	Columna J-21 W14x95	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		43	Columna K-35 W14x111	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		44	Columna K-35 W14x68	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		45	Columna K-35 W14x78	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.

		46	Columna K-31 W14x605	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		47	Columna K-31 W14x500	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		48	Columna K-31 W14x550	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		49	Columna K-31 W14x665	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		50	Columna K-31 W14x550	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		51	Columna K-31 W14x342	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		52	Columna K-25 W14x665	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		53	Columna K-25 W14x455	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		54	Columna K-25 W14x500	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		55	Columna K-25 W14x603	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		56	Columna K-25 W14x550	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		57	Columna K-25 W14x370	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		58	Columna K-21 W14x111	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		59	Columna K-21 W14x87	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		60	Columna K-21 W14x84	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		61	Columna K-21 W14x78	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		62	Columna L-35 W14x246	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		63	Columna L-35 W14x167	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		64	Columna L-35 W14x61	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		65	Columna L-35 W14x43	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y

					transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		66	Columna L-34 W14x314	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		67	Columna L-34 W14x176	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		68	Columna L-34 W14x127	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		69	Columna L-31 W14x455	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		70	Columna L-31 W14x426	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		71	Columna L-31 W14x314	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		72	Columna L-31 W14x184	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		73	Columna L-31 W14x176	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		74	Columna L-28 W14x342	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		75	Columna L-28 W14x211	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		76	Columna L-28 W14x184	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		77	Columna L-28 W14x193	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		78	Columna L-28 W14x176	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		79	Columna L-25 W14x455	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		80	Columna L-25 W14x426	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		81	Columna L-25 W14x342	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		82	Columna L-25 W14x184	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		83	Columna L-25 W14x176	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		84	Columna L-22 W14x287	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.

		85	Columna L-22 W14x167	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		86	Columna L-22 W14x119	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		87	Columna L-21 W14x237	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		88	Columna L-21 W14x150	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		89	Columna L-21 W14x48	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		90	Columna L-21 W14x43	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		91	Columna M-34 W14x95	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		92	Columna M-34 W14x84	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		93	Columna M-34 W14x61	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		94	Columna M-28 W14x176	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		95	Columna M-28 W14x74	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		96	Columna M-28 W14x61	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		97	Columna M-22 W14x87	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		98	Columna M-22 W14x68	1	Elemento estructural vertical que soporta una carga y transmite los esfuerzos hacia elementos inferiores.
		99	Diagonal Vertical W14x84	6	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		100	Diagonal Vertical W14x111	1	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		101	Diagonal Vertical W14x95	21	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		102	Diagonal Vertical W14x150	14	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		103	Diagonal Vertical W10x49	21	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		104	Diagonal Vertical W10x45	13	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales

					que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		105	Diagonal Vertical W10x39	26	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		106	Diagonal Vertical W8x24	39	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		107	Diagonal Vertical W8x28	2	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		108	Diagonal Vertical W14x184	4	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		109	Diagonal Vertical W14x87	12	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		110	Diagonal Vertical W10x33	5	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		111	Diagonal Vertical W10x54	3	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		112	Diagonal Vertical W12x65	3	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		113	Diagonal Vertical W12x58	4	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		114	Diagonal Vertical W10x60	1	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		115	Diagonal Vertical W14x127	4	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		116	Diagonal Vertical W14x119	2	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		117	Diagonal Vertical W14x202	1	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		118	Diagonal Vertical W14x142	3	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		119	Diagonal Vertical W8x31	10	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		120	Diagonal Vertical W10x89	2	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		121	Diagonal Vertical W12x99	2	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		122	Diagonal Vertical W14x103	2	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		123	Diagonal Vertical W14x193	1	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.

		124	Diagonal Vertical W14x136	3	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		125	Diagonal Vertical W12x45	1	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		126	Diagonal Vertical W14x158	2	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		127	Diagonal Vertical W12x53	8	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		128	Diagonal Vertical W12x92	1	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		129	Diagonal Vertical W14x78	2	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		130	Diagonal Vertical W14x61	16	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		131	Diagonal Vertical W12x72	2	Elemento estructural sometido a fuerzas laterales que sirve para reducir la inestabilidad elástica.
		132	Diagonal Horizontal 2L4x3x2/16	2	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		133	Diagonal Horizontal 2L3x3x1/4	171	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		134	Diagonal Horizontal 2L5x5x2/8	1	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		135	Diagonal Horizontal 2L4x4x3/8	10	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		136	Diagonal Horizontal 2L6x4x3/4	3	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		137	Diagonal Horizontal 2L5x3x1/2	4	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		138	Diagonal Horizontal 2L5x5x3/4	4	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		139	Diagonal Horizontal 2L7x4x3/4	4	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		140	Diagonal Horizontal 2L4x4x1/2	7	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		141	Diagonal Horizontal 2L5x3$^{1}/_{2}$x1/2	3	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		142	Diagonal Horizontal 2L4x4x5/8	7	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		143	Diagonal Horizontal 2L3$^{1}/_{2}$x3x5/16	9	Elemento estructural horizontal que resiste cargas

					perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		144	Diagonal Horizontal 2L3x3x5/16	8	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		145	Diagonal Horizontal 2L4x3$^{1}/_{2}$x5/16	4	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		146	Diagonal Horizontal 2L4x3x5/16	5	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		147	Diagonal Horizontal 2L8x6x1/2	14	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		148	Diagonal Horizontal 2L3x3x3/8	2	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		149	Diagonal Horizontal 2L3x3x1/2	3	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		150	Diagonal Horizontal 2L4x3x5/8	1	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		151	Diagonal Horizontal 2L6x4x3/8	2	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		152	Diagonal Horizontal 2L5x3$^{1}/_{2}$x3/8	1	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		153	Diagonal Horizontal 2L8x4x1	1	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		154	Diagonal Horizontal 2L8x4x3/8	3	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		155	Diagonal Horizontal 2L4x4x5/16	3	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		156	Diagonal Horizontal 2L6x6x1/2	6	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		157	Diagonal Horizontal 2L5x5x1/2	4	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		158	Diagonal Horizontal 2L4x4x3/4	4	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		159	Diagonal Horizontal L4x4x3/8	3	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		160	Diagonal Horizontal C12x20.7	5	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		161	Diagonal Horizontal C9x13.4	8	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		162	Diagonal Horizontal C8x11.5	2	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.

		163	Diagonal Horizontal W36x230	2	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		164	Diagonal Horizontal W36x182	2	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		165	Diagonal Horizontal W36x245	2	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		166	Diagonal Horizontal W36x194	2	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		167	Diagonal Horizontal W8x17	39	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		168	Diagonal Horizontal W14x48	2	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		169	Diagonal Horizontal W10x21	2	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		170	Diagonal Horizontal W12x31	2	Elemento estructural horizontal que resiste cargas perpendiculares para reducir la inestabilidad elástica.
		171	Viga Horizontal W12x65	6	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		172	Viga Horizontal W12x40	11	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		173	Viga Horizontal W12x50	2	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		174	Viga Horizontal W12x31	16	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		175	Viga Horizontal W14x26	31	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		176	Viga Horizontal W12x27	161	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		177	Viga Horizontal W10x21	101	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		178	Viga Horizontal W14x74	7	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		179	Viga Horizontal W21x82	2	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		180	Viga Horizontal W18x45	80	Elemento estructural que resiste cargas

					perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		181	Viga Horizontal W14x48	7	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		182	Viga Horizontal W14x53	14	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		183	Viga Horizontal W14x61	26	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		184	Viga Horizontal W10x33	13	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		185	Viga Horizontal W14x68	8	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		186	Viga Horizontal W10x45	1	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		187	Viga Horizontal W14x111	7	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		188	Viga Horizontal W14x43	69	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		189	Viga Horizontal W14x22	72	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		190	Viga Horizontal W14x30	64	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		191	Viga Horizontal W30x99	19	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		192	Viga Horizontal W14x103	5	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		193	Viga Horizontal W14x34	41	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		194	Viga Horizontal W21x55	16	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		195	Viga Horizontal W21x62	1	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.

		196	Viga Horizontal W14x95	8	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		197	Viga Horizontal W14x150	1	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		198	Viga Horizontal W14x136	1	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		199	Viga Horizontal W14x119	2	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		200	Viga Horizontal W14x264	1	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		201	Viga Horizontal W14x87	2	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		202	Viga Horizontal W36x300	3	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		203	Viga Horizontal W12x36	13	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		204	Viga Horizontal W14x84	2	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		205	Viga Horizontal W16x96	1	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		206	Viga Horizontal W16x88	1	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		207	Viga Horizontal W16x26	16	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		208	Viga Horizontal W14x550	1	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		209	Viga Horizontal W10x22	3	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		210	Viga Horizontal W8x17	185	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		211	Viga Horizontal W18x114	3	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje

					dando sujeción a otros elementos estructurales.
		212	Viga Horizontal W18x64	7	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		213	Viga Horizontal W14x78	13	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		214	Viga Horizontal W10x25	7	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		215	Viga Horizontal W12x53	8	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		216	Viga Horizontal W18x60	8	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		217	Viga Horizontal W18x70	5	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		218	Viga Horizontal W14x38	24	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		219	Viga Horizontal W14x72	1	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		220	Viga Horizontal W16x58	18	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		221	Viga Horizontal W18x96	5	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		222	Viga Horizontal W18x77	1	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		223	Viga Horizontal W18x54	1	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		224	Viga Horizontal W18x50	2	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		225	Viga Horizontal W18x105	2	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		226	Viga Horizontal W21x112	3	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		227	Viga Horizontal W10x43	1	Elemento estructural que resiste cargas

					perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		228	Viga Horizontal W24x100	2	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		229	Viga Horizontal W16x31	10	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		230	Viga Horizontal W18x85	2	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		231	Viga Horizontal W18x55	5	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		232	Viga Horizontal W21x96	3	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		233	Viga Horizontal W8x31	2	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		234	Viga Horizontal W14x27	1	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		235	Viga Horizontal W36x170	9	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		236	Viga Horizontal W36x194	3	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		237	Viga Horizontal W36x160	2	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		238	Viga Horizontal W33x118	8	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		239	Viga Horizontal W12x73	2	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		240	Viga Horizontal W18x42	2	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		241	Viga Horizontal W6x20	41	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		242	Viga Horizontal W10x29	2	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.

		243	Viga Horizontal W8x20	18	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		244	Viga Horizontal W18x33	2	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		245	Viga Horizontal W21x68	2	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		246	Viga Horizontal W24x145	2	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		247	Viga Horizontal W33x152	3	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		248	Viga Horizontal W27x84	4	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		249	Viga Horizontal W30x132	2	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		250	Viga Horizontal C9x13.4	39	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		251	Viga Horizontal C10x25	5	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		252	Viga Horizontal C12x20.7	4	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		253	Viga Horizontal C12x25	7	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		254	Viga Horizontal C10x15.3	4	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		255	Viga Horizontal C15x33.9	12	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		256	Viga Horizontal C6x13	6	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		257	Viga Horizontal C15x50	4	Elemento estructural que resiste cargas perpendiculares a su eje dando sujeción a otros elementos estructurales.
		258	Viga Vertical W12x40	6	Elemento estructural vertical que resiste una carga axial y da sujeción a otros elementos estructurales.

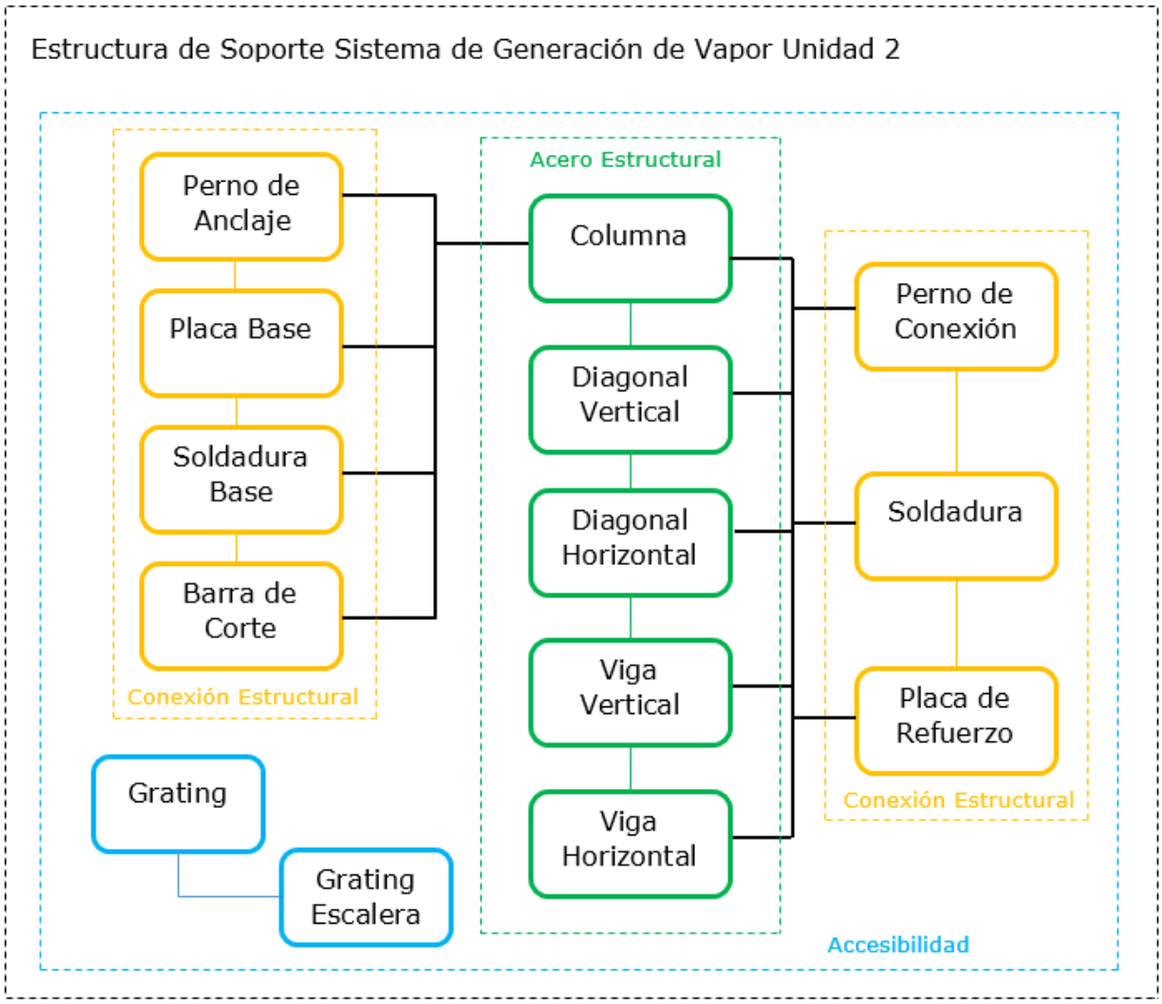
		259	Viga Vertical W12x53	1	Elemento estructural vertical que resiste una carga axial y da sujeción a otros elementos estructurales.
		260	Viga Vertical W12x58	1	Elemento estructural vertical que resiste una carga axial y da sujeción a otros elementos estructurales.
		261	Viga Vertical W24x100	2	Elemento estructural vertical que resiste una carga axial y da sujeción a otros elementos estructurales.
	Conexión de elementos estructurales	1	Perno de Anclaje	92	Perno que se utiliza para unir elementos metálicos al hormigón.
		2	Placa Base	23	Encargadas de repartir y transmitir la carga de las columnas al hormigón.
		3	Soldadura Base (m)	20	Proceso de fijación de la unión de dos o más piezas, generalmente metales, a través de una fusión.
		4	Barra de Corte	67	Pieza metálica o de acero que va soldada a la columna para reforzar la unión con la placa base.
		5	Perno de conexión	12234	Perno que sirve para sujetar, fijar o asegurar un elemento estructural.
		6	Soldadura (m)	1084	Proceso de fijación de la unión de dos o más piezas, generalmente metales, a través de una fusión.
		7	Placa de Refuerzo	1043	Placa de acero que refuerza las uniones entre los elementos estructurales.
	Accesibilidad, estabilidad y soporte	1	Grating (m2)	3211	Enrejillado de acero que proporciona estabilidad y seguridad a los pisos que se encuentran sometidos a cargas, evita la acumulación de líquidos y da iluminación e higiene.
		2	Grating Escalera Largo: 1000 mm Ancho: 275 mm Alto:70 mm	455	Enrejillado de acero que proporciona accesibilidad a los pisos de la estructura y da apoyo al personal de la planta

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por AES Gener, 2018

Se puede establecer una relación entre ciertos componentes, debido a que cumplen una misma función. De esta manera se pueden agrupar y realizar el diagrama funcional del sistema, el cual se muestra en siguiente punto.

2.1.2. Diagrama funcional

Al realizar la descomposición jerárquica, se establece el diagrama funcional, figura 2-1, el cual permite comprender la relación operacional entre los componentes de los subsistemas y su relación con el sistema. Se puede observar claramente la interacción entre ellos, como uno afecta al otro en una interacción constante.



Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por AES Gener, 2018

Figura 2-1. Diagrama Funcional

2.2. CODIFICACIÓN

Cuando se realizan los planes de mantenimiento, es debido realizar la codificación de los sistemas, subsistemas y componentes, para tener una clara precisión de qué tipo de elemento se está hablando a la hora de realizar las tareas de mantenimiento, los pedidos de repuestos y todo lo relacionado con el elemento. En este caso la empresa AES Gener posee un sistema de codificación llamado Código KKS. Esto no quiere decir que poseen un plan de mantenimiento para todos los elementos codificados, debido a que las empresas realizan estos planes a la medida que sean requeridos. La asignación de codificación en la planta fue necesaria para que todos los trabajadores pudieran hablar un idioma común con respectos a los equipos, herramientas y todos los elementos que componen la planta.

2.2.1. Código KKS

El KKS es un sistema de designación aplicable a todas las centrales de energía. Identifica de manera precisa cada componente, sistema y lugar dentro de una planta, usando el mínimo número de letras y números posible. El sistema fue desarrollado en Europa en los años 70 por un comité técnico compuesto principalmente por miembros de habla alemana. Su nombre viene de una abreviación de palabras: Kraftwerk Kennzelchen System. En español quiere decir: Sistema de Codificación para Centrales Generadoras.

El objetivo del KKS es identificar la planta donde se trabaja, las unidades, los sistemas, los equipos, los componentes y los espacios físicos, con el fin de diferenciarlos inequívocamente. Se compone por una serie estandarizada de caracteres alfanúmeros, ordenados por tipos de códigos y niveles de jerarquía. Existen tres tipos de códigos y cuatro niveles de jerarquía, como se aprecia en la tabla 2-2.

Tabla 2-2. Composición del KKS

Tipos de Códigos	Código de Proceso
	Código de Punto de Instalación
	Código de Localización Topográfica
Niveles de Jerarquía	Total de la Planta
	Función
	Equipo
	Componente

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por AES Gener, 2018

Dentro de los tipos de códigos se encuentra el de proceso, el cual identifica los sistemas y equipos según sus funciones, ya sea: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Civil, Ingeniería Eléctrica e Ingeniería de Control e Instrumentación

El que le sigue, corresponde al código del Punto de Instalación, el cual identifica como lo dice su nombre el punto de instalación de dispositivos eléctricos y de control e instrumentación en las unidades, así como también en los equipos mecánicos. Un ejemplo de ellos son el gabinete, panel, consola, etc.

Por último se encuentra el código de Localización Topográfica, donde se identifican la ubicación en estructuras, pisos, sitios, salas, áreas, exteriores, entre otros.

A continuación, se muestran los niveles de jerarquía, los cuales corresponde a cuatro niveles mencionados anteriormente.

Tabla 2-3. Nivel de Jerarquía

Nivel		0	1	2	3
Tipos de códigos	Proceso	Unidad	Sistema	Equipo	Componente
	Punto de instalación	Unidad	Código de la instalación	Código del área	
	Localización Topográfica	Unidad	Código de la estructura	Código de la sala	

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por AES Gener, 2018

En la siguiente tabla 2-4 se realiza el desglose de la designación del carácter y el tipo de carácter al que pertenece cada uno.

Tabla 2-4. Contenidos del Carácter de datos KKS

Nivel	0	1			2			3	
Nombre del Nivel	Planta Total	Función			Equipo			Componente	
Designación del carácter	G	F_0	$F_1F_2F_3$	F_N	A_1A_2	A_N	A_3	B_1B_2	B_N
Tipo de Carácter	(A o N)	(N)	A A A	N N	A A	N N N	(A)	A A	N N

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por AES Gener, 2018

Los tipos de carácter corresponden a los siguientes:

- A = Símbolos alfabéticos (letras, símbolos especiales).
- N = Símbolos numéricos (dígitos).
- () = Los caracteres de los datos pueden ser omitidos.

En las siguientes tablas que vendrán a continuación, se especifica a qué corresponde cada nivel, con relación a los tipos de códigos nombrados anteriormente, donde se encuentra el código de Proceso, Punto de instalación y Localización Topográfica. En la tabla 2-5 se muestra a qué pertenece el nivel 0, que se corresponde con la unidad. En este caso los tres tipos de código poseen la misma designación.

Tabla 2-5. Especificación Nivel 0

Nivel		0
Nombre del Nivel		**Unidad**
Designación del carácter		G
Concierne	Proceso	**Unidades de la Central.** **Sistemas Comunes a todas las Unidades.** **Extensiones de la Central.**
	Punto de instalación	
	Localización Topográfica	

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por AES Gener, 2018

Tabla 2-6. Especificación Nivel 1

Nivel		1		
Nombre del Nivel		**Sistema/Instalación/Estructura**		
Designación del carácter		F_0	$F_1F_2F_3$	F_N
Concierne	Proceso	**Prefijo para código sistema:** Numera sistemas similares que hay dentro de la central designada en el nivel 0 anterior.	**Clasificación del sistema:** Clasificación de sistemas y plantas según claves KKS.	**Numeración del sistema:** Numera subdivisiones de sistemas y plantas.
	Punto de instalación		**Clasificación de la instalación:** Clasifica subdivisiones de la instalación.	
	Localización Topográfica	**Prefijo para código estructura:** Numera estructuras similares dentro de la central.	**Clasificación de la estructura:** Clasifica subdivisiones de la estructura (áreas abiertas también)	**Numeración de pisos:** Numera subdivisiones de estructuras en pisos, bodegas, plataformas, elevaciones, etc.

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por AES Gener, 2018

En la tabla 2-6 se especifica el nivel 1, donde el nombre del nivel se relaciona con el sistema para el código de proceso, la instalación para el código de punto de instalación y la estructura para el código de localización topográfica.

En la tabla 2-7, ocurre lo mismo que en la anterior, se especifica el nivel 2, donde el nombre del nivel se relaciona con el equipo para el código de proceso, el área de instalación para el código de punto de instalación y el sitio para el código de localización topográfica.

Tabla 2-7. Especificación Nivel 2

Nivel		2		
Nombre del Nivel		**Equipo/ Área de instalación/ Sitio**		
Designación del carácter		A_1A_2	A_N	A_3
Concierne	Proceso	**Clasificación de equipo:** Clasificación de equipo mecánico, eléctrico, de control e instrumentación según clave KKS.	**Numeración de equipo:** Numera equipos mecánicos, eléctricos, de control e instrumentación.	**Código adicional:** Código de equipo (opcional)
	Punto de instalación	**Subdivisión vertical:** De localizaciones de la instalación en unidades de la instalación.	**Subdivisión horizontal:** De localizaciones de la instalación en unidades de la instalación.	**Código adicional:** Designación de localizaciones especiales de componentes de la instalación o subdivisiones mayores que A_N.
	Localización Topográfica	**Clasificación de sitios:** Identifica sitios y área de incendio.	**Numeración de sitios:** Numera sitios y áreas de incendio en cada piso (código numérico) o designa grilla (trama del terreno).	**Código adicional:** Para subdivisiones del número de sitio.

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por AES Gener, 2018

La tabla 2-8 especifica el nivel 3, donde solo existe el código de proceso y el nombre del nivel corresponde al componente.

Tabla 2-8. Especificación Nivel 3

Nivel		3	
Nombre del Nivel		Componente	
Designación del carácter		B_1B_2	B_N
Concierne	Proceso	**Clasificación del componente:** Clasifica componentes, señales o aplicaciones de señales según clave KKS.	**Numeración del componente:** Numera componentes, señales o aplicaciones de señales.

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por AES Gener, 2018

2.2.1.1. Codificación KKS Estructura Unidad 2

En el listado de KKS proporcionado por la empresa, solo existen las codificaciones para la unidad 3 y 4, por lo que la totalidad de las codificaciones tendrán que realizarse, según lo explicado en el punto anterior. En la tabla 2-9 se muestra un ejemplo de la siguiente codificación: 2882-41-HB

Tabla 2-9. Ejemplo Codificación KKS

2882	**41**	**HB**
28 = Central 82 = Unidad generadora número 4.	Numeración del sistema, el cual corresponde a equipos de caldera	HB = Estructura de los soportes, recinto, interior del generador de vapor

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por AES Gener, 2018

En la siguiente tabla 2-10 se muestran los KKS creados para complementar los equipos y componentes faltantes.

Tabla 2-10. KKS Creados Estructura Unidad 2

KKS	**Nombre**
2840-21-HB	Estructura soporte generador de vapor
2840-21-HB01-EF01	Columna de acero de soporte
2840-21-HB01-EF02	Viga diagonal de acero posición vertical de soporte
2840-21-HB01-EF03	Viga diagonal de acero posición horizontal de soporte
2840-21-HB01-EF04	Viga vertical de acero de soporte
2840-21-HB01-EF05	Viga horizontal de acero de soporte
2840-21-HBD01-EF01	Grating de soporte en plataformas
2840-21-HBD01-EF02	Grating de soporte en escaleras
2840-21-HBA01-EF01	Columna de acero de fundaciones
2840-21-HBA01-EF02	Perno de anclaje de fundaciones
2840-21-HBA01-EF03	Placa base de fundaciones
2840-21-HBA01-EF04	Barra de corte de fundaciones
2840-21-HBA01-EF05	Soldadura de fundaciones
2840-21-HBF01-EF01	Perno de conexión en estructura de soporte
2840-21-HBF01-EF02	Soldadura de conexión en estructura de soporte
2840-21-HBF01-EF03	Placa de refuerzo de conexión en estructura de soporte

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por AES Gener, 2018

2.3. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

Cuando se requiere mantener, cualquier activo, se pretende preservar, conservar un estado existente. Un factor importante para determinar su contexto operacional, ya que va a definir en qué situación se encuentra el activo. El RCM tiene como definición ser un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual, según se indica en el libro RCM II *(John Moubray; Reliability-Centred Maintenance (RCM), Edición en español 2004).*

El RCM está definido por la norma técnica SAE JA1011, Criterios de evaluación para procesos de RCM (Artículo 5277), donde se establecen los criterios mínimos que cualquier proceso debe cumplir. Esto comienza con las siete preguntas acerca del activo o sistema que se intenta revisar:

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué se puede hacer para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué se debe hacer si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

La parte inicial del proceso RCM consiste en identificar las funciones y el contexto operacional del activo, luego se determinan las fallas funcionales, se realiza un Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (FMEA) y se determinan las consecuencias de falla. La segunda parte del análisis es aplicar la "lógica RCM", que ayuda a determinar las tareas de mantenimiento apropiadas para los modos de falla identificados en el FMEA. En las siguientes secciones se espera dar respuesta a cada una de las preguntas propuestas por el RCM.

2.3.1. Funciones y fallas funcionales del Activo

Para la determinación de la función se debe tener una estructura definida, la cual consiste en un verbo, un objeto y un estándar de funcionamiento deseado. Para establecer la falla funcional es preciso comprender el significado de falla, esta corresponde a una incapacidad donde el activo deje de realizar la función indicada. En la siguiente tabla se expresan la función y fallas funcionales del activo.

Tabla 2-11. Función y Fallas Funcionales

Función	Falla Funcional
A. Garantizar estabilidad y resistencia del conjunto, a través de la transferencia del peso a los cimientos, soportando cargas estructurales y funcionales de 5842 tnf.	1. Soportar cargas estructurales y funcionales menores a 5842 tnf.
	2. No es capaz de soportar las cargas estructurales y funcionales.

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en RCM II, 2019

2.3.2. Análisis de Modos de falla y sus Efectos (FMEA)

Para la realización del FMEA, se dividirá en tres sub-sistemas, obteniendo un análisis detallado de los modos y efectos de falla de cada uno de los componentes que le concierne. En la tabla 2-12 se puede apreciar el análisis realizado al sub-sistema de acero estructural, en la tabla 2-13 se puede apreciar el análisis realizado al sub-sistema de conexión de elementos estructurales y en la tabla 2-14 se puede apreciar el análisis realizado al sub-sistema de accesibilidad, estabilidad y soporte.

Tabla 2-12. FMEA Acero Estructural

ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA RCM PARA ESTRUCTURA DE SOPORTE UNIDAD 2

UNIDAD TÉCNICA

Estructura soporte generador de vapor KKS: 2840-21-HB

Planta: Unidad 2 Carga Soportada: 5842 Tonelada fuerza

Sistema: Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2

Sub-sistema: Acero Estructural

Componentes: Columna de acero de fundaciones 2840-21-HBA01-EF01

Columna de acero de soporte 2840-21-HB01-EF01

Viga diagonal de acero posición vertical 2840-21-HB01-EF02

Viga diagonal de acero posición horizontal 2840-21-HB01-EF03

Viga vertical de acero 2840-21-HB01-EF04

Viga horizontal de acero 2840-21-HB01-EF05

Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla	Consecuencia de Falla
A. Garantizar estabilidad y resistencia del conjunto, a través de la	1. Soportar cargas estructurales y funcionales	1. Desplazamiento de los apoyos en vigas	Desplazamiento de la unión existente entre la viga y la columna, ocurriendo una transmisión de cargas	Si la viga corresponde a una viga principal de la caldera, es necesario detener la producción debido a

transferencia del peso a los cimientos, soportando cargas estructurales y funcionales de 5842 tnf.	menores a 5842 tnf.		deficiente. Tracción en la unión, pudiendo provocar una fractura en la sección de los pernos estructurales, por una concentración de tensiones en los bordes de la perforación. Flexión en la viga sufriendo esfuerzos de tensión y compresión, pudiendo ocasionar grietas o pequeñas fisuras.	las posibles consecuencias que puede ocasionar esta desviación en la caldera, ocurriendo fugas de calor y vapor. Por el contrario si corresponde a una viga de soporte secundaria no es necesario detener la producción.
		2. Deformación de la viga	Dilatación de la viga de forma elástica pudiendo volver a su estado original cuando las fuerzas tensoras sean retiradas. Dilatación de la viga de forma plástica no volviendo a su estado original pudiendo ocasionar la fractura por grietas y fisuras si las fuerzas tensiles persisten.	No es necesario detener la producción cuando la viga sufre una deformación elástica, ya que cuando sean retiradas las fuerzas tensoras, volverá a su estado normal. Si la viga sufre una deformación plástica es necesario realizar un cambio, si es una viga principal se debe parar la producción.
		3. Falla por pandeo	La viga se flecta ocasionando esfuerzos de compresión y tensión en ella pudiendo ocasionar grietas en la sección. Deformación elástica de la viga o deformación plástica.	No es necesario detener la producción cuando la viga sufre una deformación elástica, ya que cuando sean retiradas las fuerzas tensoras, volverá a su estado normal. Si la viga sufre una deformación plástica es necesario realizar un cambio, si es una viga principal se debe parar la producción.
		4. Falla por tensión diagonal	Genera grietas diagonales en la viga,	No es necesario detener la producción ya que se pueden

			pudiendo ocasionar la fractura de esta.	realizar reforzamientos de las uniones que se encuentran agrietadas a través de soldaduras o parches de metal del mismo tipo. Si ocurre una fractura de la viga y esta es principal es necesario la detención de la producción para realizar el cambio de viga.
		5. Vibración proporcionada por el medio	Altas vibraciones pueden generar rotura, agrietamiento o fisuración en la viga. Empeoramiento de defectos presentes en la viga. Fatiga por cargas cíclicas en la viga. Incrementos de tensiones la sección de la viga.	No es necesario detener la producción, se debe buscar la fuente que genera la vibración de la estructura para disiparla.
		6. Deterioro por corrosión	Degradación de los metales ocasionando la disminución de espesores de la viga. Disminución de la resistencia por distribución irregular de fuerza en el área.	No es necesario detener la producción, se debe colocar una capa protectora cada cierto tiempo que ayuda a la disminución de la velocidad de corrosión.
		7. Inclinación de la columna	Desplazamiento de la unión existente entre la viga y la columna, ocurriendo una transmisión de cargas deficiente. Tracción en la unión, pudiendo provocar una fractura en la sección de los pernos estructurales, por una concentración de tensiones en los bordes de la perforación. Flexión en la viga sufriendo	Si la inclinación ocurre por un desequilibrio de la estructura, debería colocarse un arriostre para darle mayor estabilidad, no es necesario detener la producción.

			esfuerzos de tensión y compresión, pudiendo ocasionar grietas o pequeñas fisuras. Deformación de los pernos de anclaje.	
		8. Arriostres (diagonales) arqueados o deformados	Dilatación del arriostre de forma elástica pudiendo volver a su estado original cuando las fuerzas tensoras sean retiradas. Dilatación del arriostre de forma plástica no volviendo a su estado original pudiendo ocasionar la fractura por grietas y fisuras si las fuerzas tensiles persisten.	No es necesario detener la producción. Si la diagonal sufre deformación elástica, es necesario revisar en las uniones y descubrir de donde se están creando fuerzas tensoras. Si se sufre una deformación plástica y la diagonal presenta fisuras estas deben ser reparadas, si esto no es posible la diagonal o arriostre debe ser sustituido.
		9. Rotura de arriostres (diagonales)	Perdida de estabilidad de la columna y viga a las que se encuentra unido el arriostre, generando un desequilibrio de la estructura.	No es necesario detener la producción. El arriostre debe ser cambiado o reparado por medio de una plancha de acero soldada.
	2. No es capaz de soportar las cargas estructurales y funcionales.	1. Fractura de pilares o columnas por deformación o propagación de grietas	Perdida de la estabilidad y resistencia de la estructura con posibilidad de derrumbe	Es preciso detener la producción y evacuar al personal de manera inmediata por posible derrumbe de la estructura, reparar o sustituir las columnas dañadas y evaluar la situación de las vigas y arriostres.
		2. Fractura de vigas por exceso de carga	Deficiencia en la transferencia de peso en el conjunto, perdida de resistencia y deformación de columnas o pilares.	Detención de la producción y evacuación del personal por posible derrumbe. Reparar o sustituir las vigas fracturadas, es necesario evaluar la

				condición de columnas, uniones y bases de la estructura.

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en RCM II, 2019

Tabla 2-13. FMEA Conexión de Elementos Estructurales

ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA RCM PARA ESTRUCTURA DE SOPORTE UNIDAD 2

UNIDAD TÉCNICA

Estructura soporte generador de vapor KKS: 2840-21-HB

Planta: Unidad 2 Carga Soportada: 5842 Tonelada fuerza

Sistema: Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2

Sub-sistema: Conexión de elementos estructurales

Componentes: Perno de anclaje de fundaciones 2840-21-HBA01-EF02

Placa base de fundaciones 2840-21-HBA01-EF03

Barra de corte de fundaciones 2840-21-HBA01-EF04

Soldadura de fundaciones 2840-21-HBA01-EF05

Perno de conexión 2840-21-HBF01-EF01

Soldadura de conexión 2840-21-HBF01-EF02

Placa de refuerzo de conexión 2840-21-HBF01-EF03

Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla	Consecuencia de Falla
A. Garantizar estabilidad y resistencia del conjunto, a través de la transferencia del peso a los cimientos, soportando cargas estructurales y funcionales de 5842 tnf.	1. Soportar cargas estructurales y funcionales menores a 5842 tnf.	1. Deformación de los pernos de anclaje	Dilatación de forma elástica pudiendo volver a su estado original cuando las fuerzas tensoras sean retiradas. Dilatación de forma plástica no volviendo a su estado original pudiendo ocasionar la fractura por grietas y fisuras si las fuerzas tensiles persisten.	La deformación de los pernos genera una situación de futura falla por corte. El perno como elemento queda dañado, generando así su sustitución.
		2. Falla por tracción en los pernos de anclaje	Genera grietas en el perno, pudiendo ocasionar la fractura de este.	Se debe realizar el cambio de los pernos de anclaje. Es necesario detener la producción por seguridad.

		3. Falla por deterioro del hormigón	Produce juego en el anclaje del perno, ocasionando movimientos en la estructura, inclinación de la columna y los problemas ya nombrados anteriormente debido a esta falla.	Se debe detener la producción y analizar el estado del hormigón, si este se encuentra en mal estado se debe reparar y ajustar los pernos de anclaje de manera correcta.
		4. Vibración proporcionada por el medio en los pernos	Altas vibraciones pueden generar rotura, agrietamiento o fisuración. Empeoramiento de defectos presentes. Fatiga por cargas cíclicas. Incrementos de tensiones en la sección del perno.	No es necesario detener la producción, pero si realizar el cambio del perno dañado.
		5. Deterioro por corrosión en los pernos	Degradación de los metales ocasionando la disminución de espesores en los pernos Disminución de la resistencia por distribución irregular de fuerza en el área.	No es necesario detener la producción, se debe colocar una capa protectora cada cierto tiempo que ayuda a la disminución de la velocidad de corrosión. Si el perno presenta un alto porcentaje de corrosión debe ser sustituido.
		6. Falla por corte en pernos	Sobre esfuerzo aplicado perpendicularmente a la sección longitudinal provoca el corte del perno.	Se debe sustituir de manera inmediata el perno, ajustándolo de manera correcta y aplicar protección para la corrosión.
		7. Deformación de los pernos	La aplicación de esfuerzos en la sección longitudinal del perno genera la flexión de este elemento.	Si el perno se encuentra deformado, debe ser sustituido antes que se provoque la fractura, para evitar posibles fallas en las vigas.
		8. Deformación placa base	Desviación de la columna, realizando una inclinación de la unión con la viga.	Es necesario detener la producción, ya que esta sección corresponde a los cimientos de la

			Tracción en la unión, pudiendo provocar una fractura en la sección de los pernos estructurales, por una concentración de tensiones en los bordes de la perforación. Flexión en la viga sufriendo esfuerzos de tensión y compresión, pudiendo ocasionar grietas o pequeñas fisuras. Deformación de los pernos de anclaje.	estructura. Si se ven afectados los pernos de anclaje deben ser sustituidos, al igual que las placas bases.
		9. Grietas en soldaduras	Puede ocurrir por distintas razones, una de ella es por realizar el arco eléctrico fuera de la ranura de soldadura y por tener cordones superpuestos debido a que la soldadura no se enfrió lo suficiente para eliminar la escoria y restos de suciedad, generando esfuerzos residuales	Las grietas pueden ser corregidas con un tratamiento térmico posterior, es preciso que la velocidad de enfriamiento sea lenta para prevenir futuras grietas.
		10. Inclusión de escoria	Poco cuidado en la limpieza de escoria entre los pasos de cordones de soldadura. Técnica incorrecta al manipular la soldadura. Voltaje y amperaje inadecuados al tamaño del metal.	Las inclusiones pueden estar en la soldadura, solo cuando son de mayores tamaños es preocupante, la norma dice que se admiten inclusiones menores de un tercio del espesor de la soldadura, es recomendable realizar radiografías para la detección de estas.
		11. Corrosión en soldadura	Degradación de los metales ocasionando la disminución de espesores en la soldadura.	No es necesario detener la producción, se debe colocar una capa protectora cada cierto tiempo que ayuda a la

			Disminución de la resistencia por distribución irregular de fuerza en el área.	disminución de la velocidad de corrosión. Si la soldadura presenta un alto porcentaje de corrosión debe ser sustituida.
		12. Grietas en las placas de unión en vigas	Disminución de la resistencia por distribución irregular de fuerza en el área. Aumento de esfuerzos tensiles en los límites de las grietas, realizando la propagación de la grieta. Fractura de las placas de unión por propagación de grieta ocasionando la caída de la viga.	No es necesario detener la producción ya que se pueden realizar reforzamientos de las uniones que se encuentran agrietadas a través de soldaduras o parches de metal del mismo tipo.

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en RCM II, 2019

Tabla 2-14. FMEA Accesibilidad, Estabilidad y Soporte

ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA RCM PARA ESTRUCTURA DE SOPORTE UNIDAD 2

UNIDAD TÉCNICA

Estructura soporte generador de vapor KKS: 2840-21-HB

Planta: Unidad 2 Carga Soportada: 5842 Tonelada fuerza

Sistema: Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2

Sub-sistema: Accesibilidad, estabilidad y soporte

Componentes: Grating de soporte en plataformas 2840-21-HBD01-EF01

Grating de soporte en escaleras 2840-21-HBD01-EF02

Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla	Consecuencia de Falla
A. Garantizar estabilidad y resistencia del conjunto, a través de la transferencia del peso a los cimientos, soportando	1. Soportar cargas estructurales y funcionales menores a 5842 tnf.	1. Fallas por pandeo en grating	Debido a la construcción de este tipo de soporte, es que está sometido a fallar por pandeo. Provocando la falla por la deformación de las barras de acero.	Genera que el soporte quede con desniveles, donde genera una situación de peligro al momento de circular personal de la planta, es necesario cambiar la sección afectada.

cargas estructurales y funcionales de 5842 tnf.		2. Instalación inadecuada	Esta falla es provocada en la instalación del soporte en una posición inadecuada, donde esto genera una deformación por esfuerzos en áreas no apropiadas.	Esto causa la deformación del elemento en donde pierde su forma original quedando sin funcionalidad, al no estar apta para su utilización, es necesario realizar el cambio de la pieza dañada.
		3. Vibración proporcionada por el medio en grating	La vibración constante de los equipos activos, generan una reacción en este tipo de elementos, provocando una soltura en las zonas de unión del grating	Las uniones soldadas al ser puntos de unión están propensas a tener una falla por tracción.
		4. Deterioro por corrosión en grating	Degradación de los metales ocasionando la disminución de espesores en el grating. Disminución de la resistencia por distribución irregular de fuerza en el área.	No es necesario detener la producción, se debe colocar una capa protectora cada cierto tiempo que ayuda a la disminución de la velocidad de corrosión. Si grating presenta un alto porcentaje de corrosión debe ser sustituida la zona afectada.
		5. Falla por fijación deficiente en grating	Causa la pérdida de firmeza del conjunto en sus puntos de apoyo. Produciendo la caída de material y todo lo que este sujeto de ella.	Una vez perdida la firmeza del grating, esta cede con todos los elementos sujetos a ellas, como también pierde su función principal la cual es ser un apoyo para el personal de la planta.

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en RCM II, 2019

2.3.3. Prioridad de Riesgo

Para cada uno de los modos de fallo se realizó el número de prioridad de riesgo (RPN), el cual presenta tres criterios de clasificación de falla: Severidad, Ocurrencia y Detección, los cuales son mostrados en las tablas 2-15, 2-16 y 2-17, respectivamente. Este número ayuda en la detección de fallas críticas, semi-críticas y no críticas, de esta manera el personal de mantenimiento sabe cuáles son las fallas con mayor riesgo y pueden generar acciones correctivas al problema, no siempre la falla más severa es la más importante.

Tabla 2-15. Criterio de Clasificación de falla: Severidad

SEVERIDAD		
Efecto	**Criterio: ¿Qué tan severo es el efecto del modo de fallo?**	Califi.
Peligros sin advertencia	Pone en peligro la seguridad del personal y puede dañar los equipos.	10
Peligros con advertencia	Pone en peligro la seguridad del personal y puede dañar los equipos.	9
Muy alto	Interrupción mayor de la línea de producción. Pérdida de la función primaria, los pilares o columnas se ven altamente afectados casi en su 100%.	8
Alto	Reducción del desempeño de la función. Estructura funcionando en una 50% en su conjunto con un nivel de calidad reducido. Interrupción de la producción.	7
Moderado	Reducción del desempeño de la función. Estructura funcionando en una 25% en su conjunto con un nivel de calidad reducido. Interrupción en la producción de vapor.	6
Bajo	Reducción del desempeño de la función. Estructura con problemas en vigas y diagonales en un 10%, problemas menores solucionables.	5
Muy bajo	Problemas en las conexiones, accesibilidad del personal y soporte de los equipos con una pérdida de función en un 25%.	4
Menor	Problemas en la accesibilidad del personal, soporte de los equipos y problemas en las conexiones (menor al 10%).	3
Muy menor	Problemas en la accesibilidad del personal, soporte de los equipos y problemas en las conexiones (menor al 5%).	2
Ninguno	Sin efectos	1

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en RCM II, 2019

Tabla 2-16. Criterio de Clasificación de falla: Ocurrencia

OCURRENCIA			
Ocurrencia	**Criterio: ¿Qué tan frecuente ocurre el modo de fallo o causa del modo de fallo?**	Posible tasa de falla	Califi.
Muy alta	La falla es casi inevitable.	≥ 1 en 2	10
		1 en 3	9
Alta	Generalmente asociadas a procesos similares o procesos previos, que presentan fallas con frecuencia.	1 en 8	8
		1 en 20	7
Moderada	Generalmente asociadas a procesos similares o procesos previos, que experimentan fallas ocasionales, pero no en mayores proporciones.	1 en 80	6
		1 en 400	5
		1 en 2.000	4
Baja	Fallas aisladas asociadas con procesos similares.	1 en 15.000	3
Muy baja	Solo fallas aisladas asociadas con procesos idénticos.	1 en 150.000	2
Remota	La falla es poco probable. No se repiten las fallas de procesos casi idénticos.	≤ 1 en 1.500.000	1

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en RCM II, 2019

Tabla 2-17. Criterio de Clasificación de falla: Detección

DETECCIÓN		
Detección	**Criterio: ¿Qué tan bien se puede detectar la causa o el efecto del modo de fallo?**	Califi.
Casi imposible	No existen controles disponibles para detectar el modo de falla.	10
Muy remota	Muy remota probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	9
Remota	Remota probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	8
Muy baja	Muy baja probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	7
Baja	Baja probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	6
Moderada	Moderada probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	5
Moderadamente alta	Moderadamente alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	4
Alta	Alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	3
Muy alta	Muy alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	2
Casi cierta	Los actuales controles son casi certeros para detectar el modo de falla. Detección confiable.	1

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en RCM II, 2019

El RPN es el producto matemático entre los tres criterios de clasificación de fallas; severidad (S), ocurrencia (O) y detección (D), es decir:

$$RPN = S * O * D$$

En la siguiente tabla (2-18) se puede apreciar el número de prioridad de riesgo correspondiente a todos los modos de fallas obtenidos en el análisis del FMEA realizado anteriormente, de cada uno de los sub-sistemas, unidos en esta sección, tomando en cuenta los tres criterios de clasificación de fallas.

Tabla 2-18. Número Prioridad de Riesgo en Análisis FMEA

ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA RCM PARA ESTRUCTURA DE SOPORTE UNIDAD 2

UNIDAD TÉCNICA

Estructura soporte generador de vapor KKS: 2840-21-HB

Planta: Unidad 2 Carga Soportada: 5842 Tonelada fuerza

Sistema: Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2

Sub-sistema: Acero Estructural / Conexión de elementos estructurales / Accesibilidad, estabilidad y soporte

Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla	Consecuencia de Falla	RPN			
					S	O	D	Total
A. Garantizar estabilidad y resistencia del conjunto, a través de la transferencia del peso a los cimientos, soportando cargas estructurales y funcionales de 5842 tnf.	1. Soportar cargas estructurales y funcionales menores a 5842 tnf.	1. Desplazamiento de los apoyos en vigas	Desplazamiento de la unión existente entre la viga y la columna, ocurriendo una transmisión de cargas deficiente. Tracción en la unión, pudiendo provocar una fractura en la sección de los pernos estructurales, por una concentración de tensiones en los bordes de la perforación. Flexión en la	Si la viga corresponde a una viga principal de la caldera, es necesario detener la producción debido a las posibles consecuencias que puede ocasionar esta desviación en la caldera, ocurriendo fugas de calor y vapor. Por el contrario si corresponde a una viga de soporte secundaria no es necesario detener la producción.	5	3	6	90

			viga sufriendo esfuerzos de tensión y compresión, pudiendo ocasionar grietas o pequeñas fisuras.					
		2. Grietas en las placas de unión en vigas	Disminución de la resistencia por distribución irregular de fuerza en el área. Aumento de esfuerzos tensiles en los límites de las grietas, realizando la propagación de la grieta. Fractura de las placas de unión por propagación de grieta ocasionando la caída de la viga.	No es necesario detener la producción ya que se pueden realizar reforzamientos de las uniones que se encuentran agrietadas a través de soldaduras o parches de metal del mismo tipo.	4	4	6	96
		3. Deformación de la viga	Dilatación de la viga de forma elástica pudiendo volver a su estado original cuando las fuerzas tensoras sean retiradas. Dilatación de la viga de forma plástica no volviendo a su estado original pudiendo ocasionar la fractura por grietas y fisuras si las fuerzas	No es necesario detener la producción cuando la viga sufre una deformación elástica, ya que cuando sean retiradas las fuerzas tensoras, volverá a su estado normal. Si la viga sufre una deformación plástica es necesario realizar un cambio, si es una viga principal se debe parar la producción.	5	1	6	30

			tensiles persisten.					
		4. Falla por pandeo	La viga se flecta ocasionando esfuerzos de compresión y tensión en ella pudiendo ocasionar grietas en la sección. Deformación elástica de la viga o deformación plástica.	No es necesario detener la producción cuando la viga sufre una deformación elástica, ya que cuando sean retiradas las fuerzas tensoras, volverá a su estado normal. Si la viga sufre una deformación plástica es necesario realizar un cambio, si es una viga principal se debe parar la producción.	5	2	4	40
		5. Falla por tensión diagonal	Genera grietas diagonales en la viga, pudiendo ocasionar la fractura de esta.	No es necesario detener la producción ya que se pueden realizar reforzamientos de las uniones que se encuentran agrietadas a través de soldaduras o parches de metal del mismo tipo. Si ocurre una fractura de la viga y esta es principal es necesario la detención de la producción para realizar el cambio de viga.	5	2	5	50
		6. Vibración proporcionada por el medio	Altas vibraciones pueden generar rotura, agrietamiento o fisuración en la viga. Empeoramiento de defectos presentes en	No es necesario detener la producción, se debe buscar la fuente que genera la vibración de la estructura para disiparla.	6	1	7	42

			la viga. Fatiga por cargas cíclicas en la viga. Incrementos de tensiones la sección de la viga.					
		7. Deterioro por corrosión	Degradación de los metales ocasionando la disminución de espesores de la viga. Disminución de la resistencia por distribución irregular de fuerza en el área.	No es necesario detener la producción, se debe colocar una capa protectora cada cierto tiempo que ayuda a la disminución de la velocidad de corrosión.	3	6	1	18
		8. Inclinación de la columna	Desplazamiento de la unión existente entre la viga y la columna, ocurriendo una transmisión de cargas deficiente. Tracción en la unión, pudiendo provocar una fractura en la sección de los pernos estructurales, por una concentración de tensiones en los bordes de la perforación. Flexión en la viga sufriendo esfuerzos de tensión y compresión, pudiendo ocasionar grietas o pequeñas	Si la inclinación ocurre por un desequilibrio de la estructura, debería colocarse un arriostre para darle mayor estabilidad, no es necesario detener la producción.	6	2	5	60

			fisuras. Deformación de los pernos de anclaje.					
		9. Arriostres (diagonales) arqueados o deformados	Dilatación del arriostre de forma elástica pudiendo volver a su estado original cuando las fuerzas tensoras sean retiradas. Dilatación del arriostre de forma plástica no volviendo a su estado original pudiendo ocasionar la fractura por grietas y fisuras si las fuerzas tensiles persisten.	No es necesario detener la producción. Si la diagonal sufre deformación elástica, es necesario revisar en las uniones y descubrir de donde se están creando fuerzas tensoras. Si se sufre una deformación plástica y la diagonal presenta fisuras estas deben ser reparadas, si esto no es posible la diagonal o arriostre debe ser sustituido.	5	3	5	75
		10. Rotura de arriostres (diagonales)	Perdida de estabilidad de la columna y viga a las que se encuentra unido el arriostre, generando un desequilibrio de la estructura.	No es necesario detener la producción. El arriostre debe ser cambiado o reparado por medio de una plancha de acero soldada.	5	1	2	10
		11. Deformación de los pernos de anclaje	Dilatación de forma elástica pudiendo volver a su estado original cuando las fuerzas tensoras sean retiradas. Dilatación de forma plástica no volviendo a su estado original	La deformación de los pernos genera una situación de futura falla por corte. El perno como elemento queda dañado, generando así su sustitución.	4	2	8	64

			pudiendo ocasionar la fractura por grietas y fisuras si las fuerzas tensiles persisten.					
		12. Falla por tracción en los pernos de anclaje	Genera grietas en el perno, pudiendo ocasionar la fractura de este.	Se debe realizar el cambio de los pernos de anclaje. Es necesario detener la producción por seguridad.	4	2	9	72
		13. Falla por deterioro del hormigón	Produce juego en el anclaje del perno, ocasionando movimientos en la estructura, inclinación de la columna y los problemas ya nombrados anteriormente debido a esta falla.	Se debe detener la producción y analizar el estado del hormigón, si este se encuentra en mal estado se debe reparar y ajustar los pernos de anclaje de manera correcta.	6	1	8	48
		14. Vibración proporcionada por el medio en los pernos	Altas vibraciones pueden generar rotura, agrietamiento o fisuración. Empeoramiento de defectos presentes. Fatiga por cargas cíclicas. Incrementos de tensiones en la sección del perno.	No es necesario detener la producción, pero si realizar el cambio del perno dañado.	4	1	9	36
		15. Deterioro por corrosión en los pernos	Degradación de los metales ocasionando la disminución de espesores en los pernos Disminución de la	No es necesario detener la producción, se debe colocar una capa protectora cada cierto tiempo que ayuda a la disminución de la	3	6	1	18

			resistencia por distribución irregular de fuerza en el área.	velocidad de corrosión. Si el perno presenta un alto porcentaje de corrosión debe ser sustituido.				
		16. Falla por corte en pernos	Sobre esfuerzo aplicado perpendicular mente a la sección longitudinal provoca el corte del perno.	Se debe sustituir de manera inmediata el perno, ajustándolo de manera correcta y aplicar protección para la corrosión.	3	1	7	21
		17. Deformación de los pernos	La aplicación de esfuerzos en la sección longitudinal del perno genera la flexión de este elemento.	Si el perno se encuentra deformado, debe ser sustituido antes que se provoque la fractura, para evitar posibles fallas en las vigas.	3	2	7	42
		18. Deformación placa base	Desviación de la columna, realizando una inclinación de la unión con la viga. Tracción en la unión, pudiendo provocar una fractura en la sección de los pernos estructurales, por una concentración de tensiones en los bordes de la perforación. Flexión en la viga sufriendo esfuerzos de tensión y compresión, pudiendo ocasionar grietas o pequeñas fisuras.	Es necesario detener la producción, ya que esta sección corresponde a los cimientos de la estructura. Si se ven afectados los pernos de anclaje deben ser sustituidos, al igual que las placas bases.	4	1	9	36

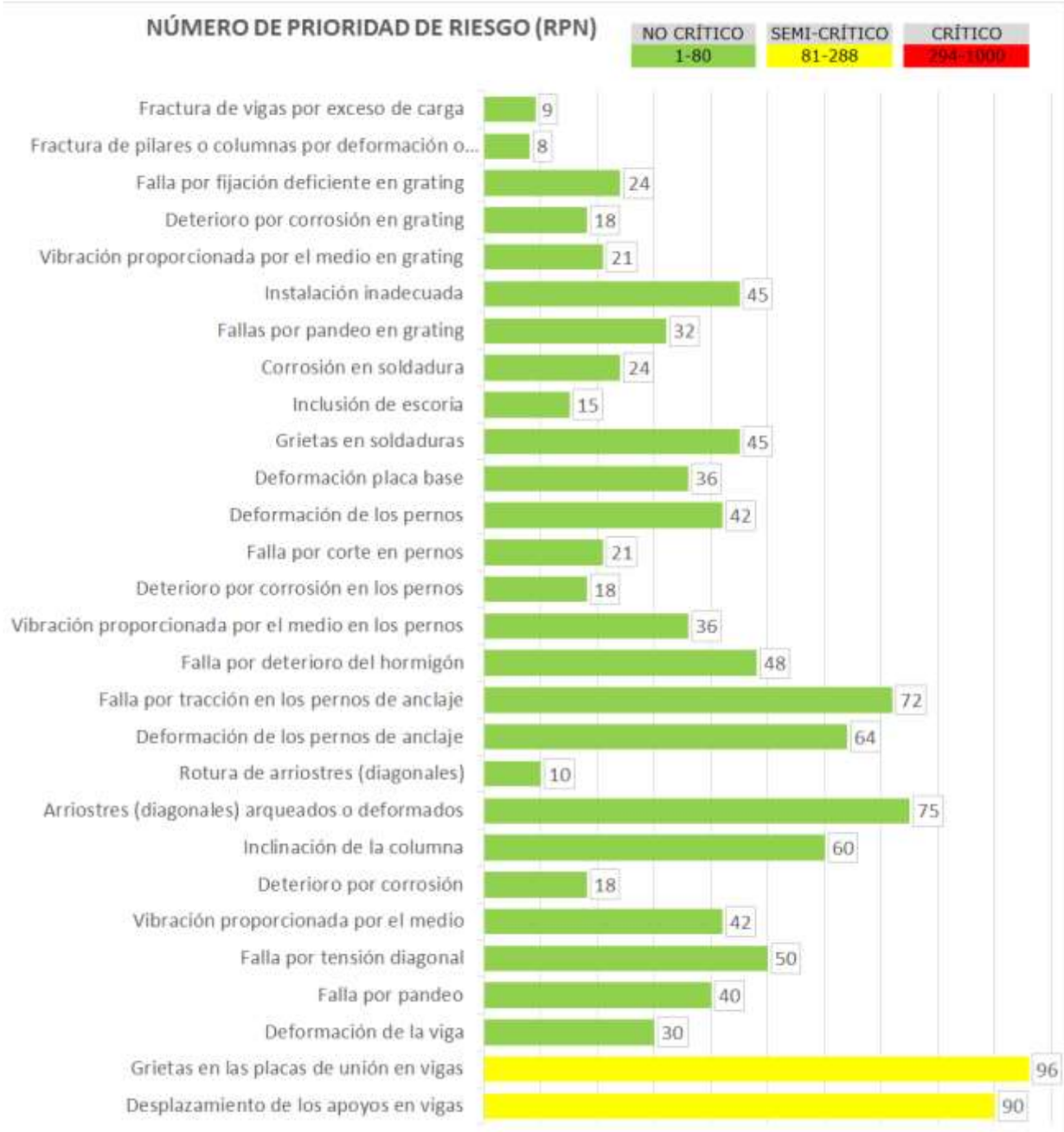
			Deformación de los pernos de anclaje.					
		19. Grietas en soldaduras	Puede ocurrir por distintas razones, una de ella es por realizar el arco eléctrico fuera de la ranura de soldadura y por tener cordones superpuestos debido a que la soldadura no se enfrió lo suficiente para eliminar la escoria y restos de suciedad, generando esfuerzos residuales	Las grietas pueden ser corregidas con un tratamiento térmico posterior, es preciso que la velocidad de enfriamiento sea lenta para prevenir futuras grietas.	3	3	5	45
		20. Inclusión de escoria	Poco cuidado en la limpieza de escoria entre los pasos de cordones de soldadura. Técnica incorrecta al manipular la soldadura. Voltaje y amperaje inadecuados al tamaño del metal.	Las inclusiones pueden estar en la soldadura, solo cuando son de mayores tamaños es preocupante, la norma dice que se admiten inclusiones menores de un tercio del espesor de la soldadura, es recomendable realizar radiografías para la detección de estas.	3	1	5	15
		21. Corrosión en soldadura	Degradación de los metales ocasionando la disminución de espesores en la soldadura. Disminución de la resistencia por distribución irregular de	No es necesario detener la producción, se debe colocar una capa protectora cada cierto tiempo que ayuda a la disminución de la velocidad de corrosión. Si la soldadura	4	6	1	24

			fuerza en el área.	presenta un alto porcentaje de corrosión debe ser sustituida.				
		22. Fallas por pandeo en grating	Debido a la construcción de este tipo de soporte, es que está sometido a fallar por pandeo. Provocando la falla por la deformación de las barras de acero.	Genera que el soporte quede con desniveles, donde genera una situación de peligro al momento de circular personal de la planta, es necesario cambiar la sección afectada.	4	1	8	32
		23. Instalación inadecuada	Esta falla es provocada en la instalación del soporte en una posición inadecuada, donde esto genera una deformación por esfuerzos en áreas no apropiadas.	Esto causa la deformación del elemento en donde pierde su forma original quedando sin funcionalidad, al no estar apta para su utilización, es necesario realizar el cambio de la pieza dañada.	3	3	5	45
		24. Vibración proporcionada por el medio en grating	La vibración constante de los equipos activos, generan una reacción en este tipo de elementos, provocando una soltura en las zonas de unión del grating	Las uniones soldadas al ser puntos de unión están propensas a tener una falla por tracción.	3	1	7	21
		25. Deterioro por corrosión en grating	Degradación de los metales ocasionando la disminución de espesores en el grating. Disminución de la resistencia por distribución irregular de	No es necesario detener la producción, se debe colocar una capa protectora cada cierto tiempo que ayuda a la disminución de la velocidad de corrosión. Si grating presenta	3	6	1	18

			fuerza en el área.	un alto porcentaje de corrosión debe ser sustituida la zona afectada.				
		26. Falla por fijación deficiente en grating	Causa la pérdida de firmeza del conjunto en sus puntos de apoyo. Produciendo la caída de material y todo lo que este sujeto de ella.	Una vez perdida la firmeza del grating, esta cede con todos los elementos sujetos a ellas, como también pierde su función principal la cual es ser un apoyo para el personal de la planta.	4	2	3	24
	2. No es capaz de soportar las cargas estructurales y funcionales.	1. Fractura de pilares o columnas por deformación o propagación de grietas	Perdida de la estabilidad y resistencia de la estructura con posibilidad de derrumbe	Es preciso detener la producción y evacuar al personal de manera inmediata por posible derrumbe de la estructura, reparar o sustituir las columnas dañadas y evaluar la situación de las vigas y arriostres.	8	1	1	8
		2. Fractura de vigas por exceso de carga	Deficiencia en la transferencia de peso en el conjunto, perdida de resistencia y deformación de columnas o pilares.	Detención de la producción y evacuación del personal por posible derrumbe. Reparar o sustituir las vigas fracturadas, es necesario evaluar la condición de columnas, uniones y bases de la estructura.	9	1	1	9

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en RCM II, 2019

A continuación, se muestra el gráfico 2-1 con el número de prioridad de riesgo (RPN) que obtuvieron cada uno de los modos de fallos determinados anteriormente.



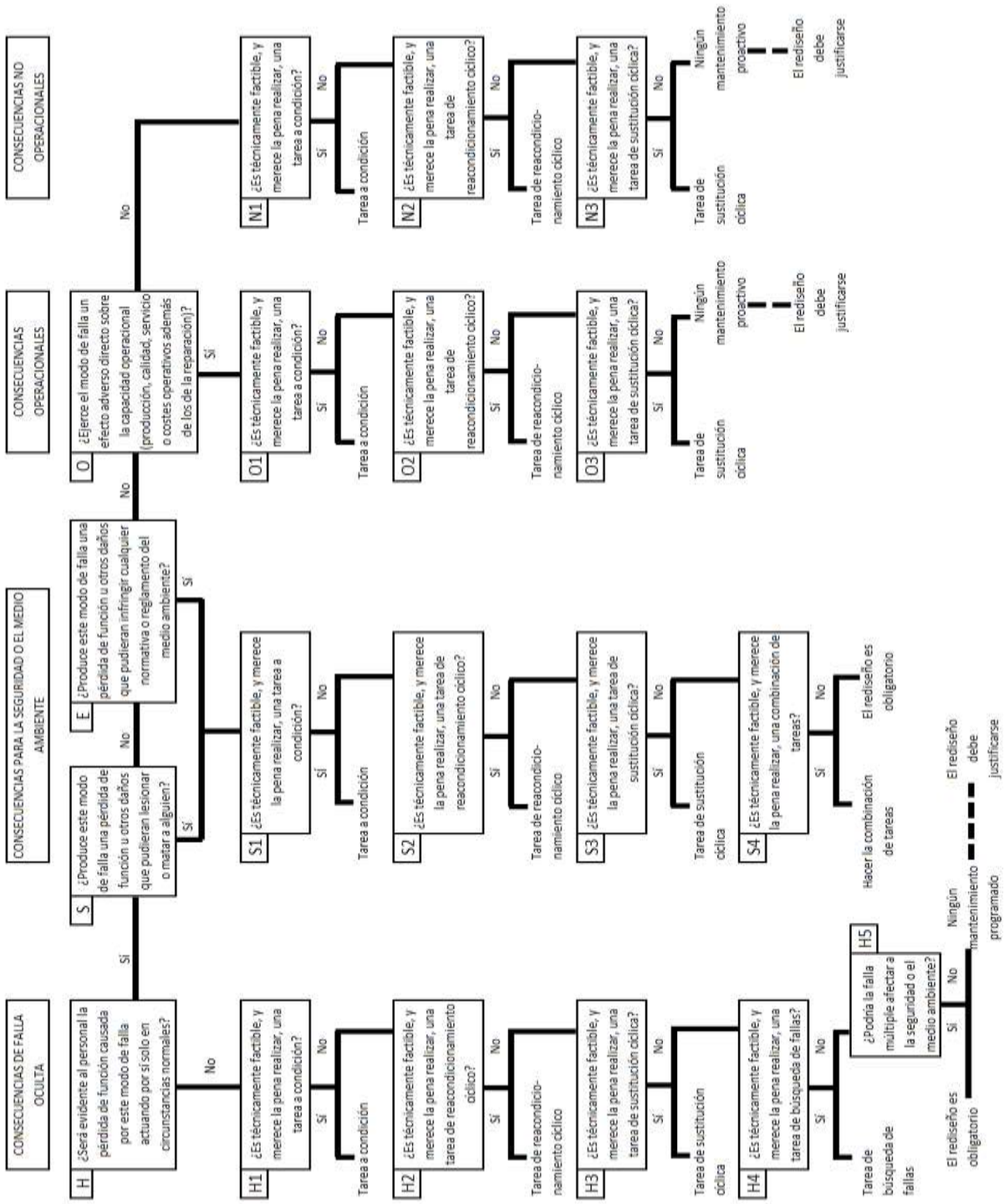
Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en RCM II, 2019

Gráfico 2-1. Número de Prioridad de Riesgo

Como se puede apreciar en el gráfico 2-1, no se determinó ningún modo de fallo de condiciones críticas, pero si se pueden observar dos modos de fallos correspondientes a las condiciones de semi-críticos. Ambos poseen un valor muy cercano dentro de los 90 y muy cercanos también a la condición de no crítico. Al parecer los modos de fallos detectados son en su mayoría no críticos, ya que el conjunto presenta una estabilidad y resistencia eficiente.

2.3.4. Diagrama de Decisión

La toma de decisiones responde las dos últimas preguntas del RCM, "¿Qué se puede hacer para prevenir o predecir cada falla?" y "¿Qué se debe hacer si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?". Para esto se utiliza el diagrama de decisión RCM, el cual se indica en la siguiente figura.



Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en RCM II, 2019

Figura 2-2. Diagrama de Decisión RCM II

El diagrama de decisión indica que tipos de tareas se deben realizar para cada modo de falla. Dependiendo del avance dentro del diagrama, las tareas pueden ser de tres tipos especificados a continuación.

2.3.4.1. Mantenimiento predictivo (condición)

Consiste en la búsqueda de indicios o síntomas que permitan identificar una falla antes de que ocurra. Por ejemplo, la inspección visual del grado de desgaste de un neumático es una tarea de mantenimiento predictivo, dado que permite identificar el proceso de falla antes de que la falla funcional ocurra. Estas tareas incluyen: inspecciones (ej. inspección visual del grado de desgaste), monitoreo (ej. vibraciones, ultrasonido), chequeos (ej. nivel de aceite). Tienen en común que la decisión de realizar o no una acción correctiva depende de la condición medida. Por ejemplo, a partir de la medición de vibraciones de un equipo puede decidirse cambiarlo o mantener su funcionamiento.

2.3.4.2. Mantenimiento preventivo (sustitución o reacondicionamiento cíclico)

Se refiere a aquellas tareas de sustitución hechas a intervalos fijos independientemente del estado del elemento o componente. Estas tareas solo son válidas si existe un patrón de desgaste, es decir, si la probabilidad de falla aumenta rápidamente después de superada la vida útil del elemento. Se debe tener precaución al momento de seleccionar una tarea preventiva (o cualquier otra tarea de mantenimiento), no se debe confundir una tarea que se puede hacer, con una tarea que conviene hacer. En ciertas situaciones podría convenir realizar alguna tarea predictiva (tarea a condición), que en muchos casos son menos invasivas y menos costosas.

2.3.4.3. Mantenimiento detectivo (búsqueda de fallas)

Consiste en la prueba de dispositivos de protección bajo condiciones controladas, para asegurarse que estos dispositivos serán capaces de brindar la protección requerida cuando sean necesarios. En el mantenimiento detectivo no se está reparando un elemento que fallo (mantenimiento correctivo), no se está cambiando ni reacondicionando un elemento antes de su vida útil (mantenimiento preventivo), ni se están buscando síntomas de que una falla está en el proceso de ocurrir (mantenimiento predictivo). Por lo tanto, el mantenimiento detectivo es un cuarto tipo de mantenimiento. A este mantenimiento también se lo llama búsqueda de fallas o prueba funcional, y al intervalo cada el cual se realiza esta tarea se lo llama intervalo de búsqueda de fallas, o FFI, por sus siglas en inglés (Failure-Finding Interval). Por ejemplo, arrojar humo a un detector contra incendios es una tarea de mantenimiento detectivo.

2.3.4.4. Hoja de Decisión

A continuación, en la tablas 2-19 se aprecia el registro del resultado de la primera hoja de decisión realiza para los modos de falla propuestos anteriormente. En el anexo B se encuentran las cuatro hojas de decisión que se obtuvieron en el análisis.

Tabla 2-19. Hoja de Decisión

Sistema: Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2														Auditor:	Fecha	Hoja N° 1
Sub-sistema: Acero Estructural / Conexión de elementos estructurales / Accesibilidad, estabilidad y soporte														Facilitador:	Fecha	de
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acción a falta de			Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
A	1	1	N				S						Tarea a condición	Inspección visual del grado de desplazamiento de los apoyos o conexiones entre las vigas y columnas	9 meses	Mantenedor
														Ajuste de pernos de conexión según corresponda	Anual	Mantenedor
A	1	2	N				S						Tarea a condición	Reforzar uniones mediante soldadura o parches de metal, según dimensiones de la grieta	Cuando corresponda	Mantenedor/ Soldador
														Inspección visual de las placas de unión en búsqueda de grietas	9 meses	Mantenedor
A	1	3	S	S			S						Tarea a condición	Inspección visual del estado de las vigas por posibles deformaciones	9 meses	Mantenedor
														Ajustar pernos de conexión si es necesario	Anual	Mantenedor
														Reforzar vigas mediante soldadura o parches de metal, según dimensiones de la grieta o fisuras presentes	Cuando corresponda	Mantenedor/ Soldador
A	1	4	S	N	N	S	S						Tarea a condición	Inspección visual del estado de las vigas por posibles deformaciones	9 meses	Mantenedor
														Ajustar pernos de conexión si es necesario	Anual	Mantenedor
A	1	5	N				S						Tarea a condición	Reforzar uniones mediante soldadura o parches de metal, según dimensiones de la grieta	Cuando corresponda	Mantenedor/ Soldador
														Inspección visual del estado de las vigas por posibles grietas	9 meses	Mantenedor
														Reforzar vigas mediante soldadura o parches de metal, según dimensiones de la grieta o fisuras presentes	Cuando corresponda	Mantenedor/ Soldador
A	1	6	N				S						Tarea a condición	Análisis de vibraciones a las vigas, debido a que la estructura posee un cierto grado de vibración, se debe establecer la vibración inherente.	2 años	Mantenedor predictivo
														Reforzar vigas mediante soldadura o parches de metal, según dimensiones de la grieta o fisuras presentes	Cuando corresponda	Mantenedor/ Soldador
														Inspección visual del estado de las vigas por posibles grietas	9 meses	Mantenedor
A	1	7	S	N	S		N	S					Tarea de reacondicionamiento cíclico	Inspección visual de las vigas y columnas en búsqueda de corrosión	Anual	Mantenedor
														Limpieza de vigas, columnas y conexiones	Anual	Mantenedor
														Procedimiento de preparación de superficie y aplicación de anticorrosivo y pintura donde corresponda	Anual	Mantenedor

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en RCM II, 2019

Como se puede apreciar en el registro, la mayoría de las tareas a realizar corresponde a tareas a condición y solo cuatro de ellas conciernen a tareas de reacondicionamiento cíclico, esto quiere decir que el tipo de mantenimiento que predomina es el predictivo o a condición.

2.3.4.5. Asignación de Tareas

En la siguiente tabla se muestra finalizado el proceso de asignación de tareas, con su respectiva frecuencia, asignación y duración.

Tabla 2-20. Asignación de Tareas

ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA RCM PARA ESTRUCTURA DE SOPORTE UNIDAD 2

UNIDAD TÉCNICA

Estructura soporte generador de vapor KKS: 2840-21-HB

Planta: Unidad 2 Carga Soportada: 5842 Tonelada fuerza

Sistema: Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2

Sub-sistema: Acero Estructural / Conexión de elementos estructurales / Accesibilidad, estabilidad y soporte

Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Tareas	Mantenimiento	Especialidad	Fre.	Dur.
A. Garantizar estabilidad y resistencia del conjunto, a través de la transferencia del peso a los cimientos, soportando cargas estructurales y funcionales de 5842 tnf.	1. Soportar cargas estructurales y funcionales menores a 5842 tnf.	1. Desplazamiento de los apoyos en vigas	Tarea a condición	Inspección visual del grado de desplazamiento de los apoyos o conexiones entre las vigas y columnas	Mantenedor	9 meses	24 horas
		2. Grietas en las placas de unión en vigas	Tarea a condición	Inspección visual de las placas de unión	Mantenedor	9 meses	24 horas
		3. Deformación de la viga	Tarea a condición	Inspección visual del estado de las vigas	Mantenedor	9 meses	24 horas
		4. Falla por pandeo	Tarea a condición	Inspección visual del estado de las vigas	Mantenedor	9 meses	24 horas
		5. Falla por tensión diagonal	Tarea a condición	Inspección visual del estado de las vigas	Mantenedor	9 meses	24 horas
		6. Vibración proporcionada por el medio	Tarea a condición	Análisis de vibraciones a las vigas	Mantenedor predictivo	2 años	180 horas
				Inspección visual del estado de las vigas	Mantenedor	9 meses	24 horas
		7. Deterioro por corrosión	Tarea de reacondicio-namiento cíclico	Inspección visual de las vigas y columnas en búsqueda de corrosión	Mantenedor	Anual	36 horas
				Limpieza de vigas, columnas y conexiones	Mantenedor	Anual	180 horas
				Procedimiento de preparación de superficie y aplicación de anticorrosivo y pintura donde corresponda	Mantenedor	Anual	180 horas
		8. Inclinación de la columna	Tarea a condición	Inspección visual de la condición de las columnas y diagonales	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual de los pernos de conexión	Mantenedor	9 meses	24 horas

				Inspección visual del estado de las uniones	Mantenedor	9 meses	24 horas
		9. Arriostres (diagonales) arqueados o deformados	Tarea a condición	Inspección visual del estado de las uniones	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual de la condición de los arriostres o diagonales	Mantenedor	9 meses	24 horas
		10. Rotura de arriostres (diagonales)	Tarea a condición	Inspección visual de la condición de los arriostres o diagonales	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual del estado de las uniones	Mantenedor	9 meses	24 horas
		11. Deformación de los pernos de anclaje	Tarea a condición	Inspección visual del estado de las uniones bases	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual del estado de los pernos de anclaje	Mantenedor	9 meses	24 horas
		12. Falla por tracción en los pernos de anclaje	Tarea a condición	Inspección visual del estado de las uniones bases	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual del estado de los pernos de anclaje	Mantenedor	9 meses	24 horas
		13. Falla por deterioro del hormigón	Tarea a condición	Inspección visual del estado del hormigón en las bases de las columnas	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual del estado de las uniones bases	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual del estado de los pernos de anclaje	Mantenedor	9 meses	24 horas
		14. Vibración proporcionada por el medio en los pernos	Tarea a condición	Análisis de vibraciones a lo pernos de anclaje	Mantenedor predictivo	2 años	32 horas
				Inspección visual del estado de las uniones bases	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual del estado de los pernos de anclaje	Mantenedor	9 meses	24 horas
		15. Deterioro por corrosión en los pernos	Tarea de reacondicio-namiento cíclico	Inspección visual de los pernos de anclaje y conexión en búsqueda de corrosión	Mantenedor	Anual	24 horas
				Limpieza de pernos de anclaje y conexión	Mantenedor	Anual	36 horas
				Procedimiento de preparación de superficie y aplicación de anticorrosivo y pintura donde corresponda	Mantenedor	Anual	40 horas
		16. Falla por corte en pernos	Tarea a condición	Inspección visual del estado de los pernos de conexión	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual del estado de las uniones	Mantenedor	9 meses	24 horas
		17. Deformación de los pernos	Tarea a condición	Inspección visual del estado de las uniones	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual del estado de los pernos de conexión	Mantenedor	9 meses	24 horas
		18. Deformación placa base	Tarea a condición	Inspección visual del estado de placas bases	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual del estado de los pernos de anclaje	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual de estado de la soldadura	Mantenedor	9 meses	24 horas
		19. Grietas en soldaduras	Tarea a condición	Inspección visual del estado de la soldadura, tanto en la base como en las uniones	Mantenedor	9 meses	24 horas

				Análisis con tintas penetrantes para determinar fisuras en la soldadura donde sea necesario	Mantenedor predictivo	2 años	180 horas
		20. Inclusión de escoria	Tarea a condición	Análisis del estado de la soldadura mediante radiografía en las bases de las columnas y en sus uniones	Mantenedor predictivo	2 años	180 horas
		21. Corrosión en soldadura	Tarea de reacondicio-namiento cíclico	Inspección visual de la soldadura en búsqueda de corrosión	Mantenedor	Anual	36 horas
				Limpieza en soldadura	Mantenedor	Anual	180 horas
				Procedimiento de preparación de superficie y aplicación de anticorrosivo y pintura donde corresponda	Mantenedor	Anual	180 horas
		22. Fallas por pandeo en grating	Tarea a condición	Inspección visual de los grating con búsqueda de deformaciones	Mantenedor	6 meses	24 horas
		23. Instalación inadecuada	Tarea a condición	Inspección visual del estado de los grating	Mantenedor	6 meses	24 horas
				Inspección visual de las uniones de los grating	Mantenedor	6 meses	24 horas
		24. Vibración proporcionada por el medio en grating	Tarea a condición	Inspección visual del estado de los grating	Mantenedor	6 meses	24 horas
				Inspección visual de las uniones de los grating	Mantenedor	6 meses	24 horas
		25. Deterioro por corrosión en grating	Tarea de reacondicio-namiento cíclico	Inspección visual de los grating en búsqueda de corrosión	Mantenedor	Anual	36 horas
				Limpieza de los grating	Mantenedor	Anual	180 horas
				Procedimiento de preparación de superficie y aplicación de anticorrosivo y pintura donde corresponda	Mantenedor	Anual	180 horas
		26. Falla por fijación deficiente en grating	Tarea a condición	Inspección visual del estado de los grating	Mantenedor	6 meses	24 horas
				Inspección visual de las uniones de los grating	Mantenedor	6 meses	24 horas
	2. No es capaz de soportar las cargas estructurales y funcionales.	1. Fractura de pilares o columnas por deformación o propagación de grietas	Tarea a condición	Inspección visual del estado de las columnas	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual del estado de placas bases	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual del estado de los pernos de anclaje	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual del estado de la soldadura	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual del estado de las uniones	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual del estado de los pernos de conexión	Mantenedor	9 meses	24 horas
		2. Fractura de vigas por exceso de carga	Tarea a condición	Inspección visual del estado de las columnas, vigas y diagonales	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual del estado de la soldadura	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual del estado de las uniones	Mantenedor	9 meses	24 horas
				Inspección visual del estado de los pernos de conexión	Mantenedor	9 meses	24 horas

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en RCM II, 2019

CAPÍTULO 3: ESTIMACIÓN DE COSTES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

3. ESTIMACIÓN DE COSTES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

En el siguiente capítulo se empleará el método de estimación ascendente de costes para poder realizar la estimación de los recursos necesarios empleados en cada una de las actividades propuestas.

La estimación ascendente es un método utilizado para la determinación de los costes de un proyecto o propuesta mediante la estimación de los recursos de las actividades (gestión del tiempo) y la estimación de los costos (gestión de costo). Esto se realiza a través de la suma de todas las estimaciones de los componentes de la actividad. Se trata de realizar con el mayor grado de detalle posible.

Este útil método se puede utilizar realizando cuatro simples pasos:

1. El trabajo que requiere la actividad se descompone en un nivel mayor de detalle, en partes menores (otras actividades).
2. Se estiman los recursos necesarios para cada una de estas otras actividades o niveles de mayor detalle.
3. A partir de los recursos estimados se calculan los tiempos y los costos de cada una de estas otras actividades.
4. Todas las estimaciones se suman y se genera una cantidad total para cada uno de los recursos de la actividad, un tiempo total de duración de la actividad (respetando las dependencias logísticas entres las actividades desglosadas) y se realiza un costo total de la actividad.

Además de lo anterior, se realizarán las pautas de mantenimiento, ya que son las que definen las actividades, asegurando un tiempo de ejecución y una buena comprensión del trabajo a realizar.

3.1. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

En esta sección se pretende especificar las actividades necesarias que se deben realizar para dejar a las estructuras en condiciones óptimas, para luego aplicarle las actividades especificadas en el capítulo anterior. Asegurando, de esta manera, la durabilidad del activo. Las actividades obtenidas mediante la hoja de decisión, nombradas en la sección 2.3.4.5 del capítulo anterior, se reagruparon en 15 tareas efectivas que serán mostradas a continuación.

Al efectuar las inspecciones visuales de la estructura, por cada una de sus plataformas, se estimaron las tareas convenientes a realizar. Estas fueron; limpieza y los procedimientos de preparación de superficie, aplicación de anticorrosivo y pintura.

En la siguiente sección se mostrará la organización y seguimiento de las tareas efectivas de mantenimiento a realizar.

3.1.1. Organización de las Tareas

Para la organización se utilizó el programa Project, el cual permite una distribución de las tareas según el momento en el cual deben ser ejecutadas. Además indica la secuencia que se debe seguir para el desarrollo de las actividades. Para realizar y estimar la duración de las tareas se tomó en consideración la envergadura de la estructura y se dividió en 17 plataformas y una plataforma 0 (18 plataformas en total), que corresponde a la base. A continuación, en la tabla 3-1, se puede apreciar el desglose de las tareas especificadas para la plataforma 17, con su respectiva duración, fecha de comienzo y fecha de término. Estas mismas actividades o tareas se encuentran en cada una de las 18 plataformas.

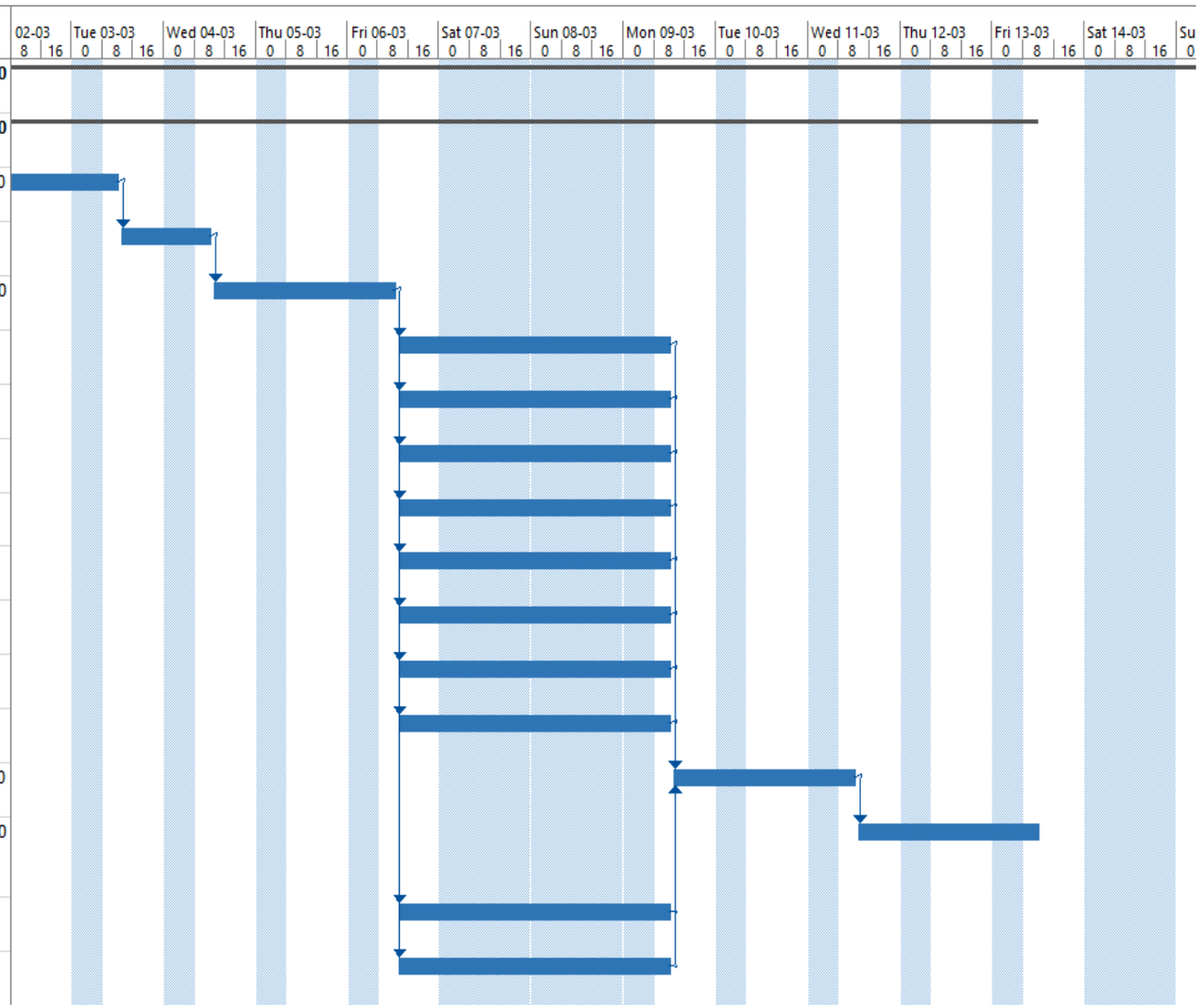
Tabla 3-1. Tareas Plataforma 17

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Plataforma 17	**9,5 días**	**Lun 02-03-20**	**Vie 13-03-20**
Limpieza	1,5 días	Lun 02-03-20	Mar 03-03-20
Inspección visual en búsqueda de corrosión	1 día	Mar 03-03-20	Mier 04-03-20
Aplicación de anticorrosivo y pintura	2 días	Mier 04-03-20	Vie 06-03-20
Inspección visual del desplazamiento de los apoyos	1 día	Vie 06-03-20	Lun 09-03-20
Inspección visual de las placas de unión	1 día	Vie 06-03-20	Lun 09-03-20
Inspección visual del estado de las vigas	1 día	Vie 06-03-20	Lun 09-03-20
Inspección visual de las columnas	1 día	Vie 06-03-20	Lun 09-03-20
Inspección visual de los pernos de conexión	1 día	Vie 06-03-20	Lun 09-03-20
Inspección visual del estado de las uniones	1 día	Vie 06-03-20	Lun 09-03-20
Inspección visual de la condición de las diagonales	1 día	Vie 06-03-20	Lun 09-03-20
Inspección visual de estado de la soldadura	1 día	Vie 06-03-20	Lun 09-03-20
Análisis con tintas penetrantes en la soldadura	2 días	Lun 09-03-20	Mier 11-03-20
Análisis del estado de la soldadura mediante radiografía	2 días	Mier 11-03-20	Vie 13-03-20
Inspección visual de los grating	1 día	Vie 06-03-20	Lun 09-03-20
Inspección visual de las uniones de los grating	1 día	Vie 06-03-20	Lun 09-03-20

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

En la figura 3-1, se puede observar el diagrama Gantt de la plataforma 17 con las respectivas tareas, su duración, comienzo y fin. El diagrama Gantt completo se encuentra en formato A3 presente en este documento.

ID	Task Name	Duration	Start
1	**Programación Estructura Unidad 2**	**43,5 days**	**Mon 02-03-20**
2	**Plataforma 17**	**9,5 days**	**Mon 02-03-20**
3	Limpieza	1,5 days	Mon 02-03-20
4	Inspección visual en búsqueda de corrosión	1 day	Tue 03-03-20
5	Aplicación de anticorrosivo y pintura	2 days	Wed 04-03-20
6	Inspección visual del desplazamiento de los	1 day	Fri 06-03-20
7	Inspección visual de las placas de unión	1 day	Fri 06-03-20
8	Inspección visual del estado de las vigas	1 day	Fri 06-03-20
9	Inspección visual de las columnas y diagonales	1 day	Fri 06-03-20
10	Inspección visual de los pernos de conexión	1 day	Fri 06-03-20
11	Inspección visual del estado de las uniones	1 day	Fri 06-03-20
12	Inspección visual de la condición de las diagonales	1 day	Fri 06-03-20
13	Inspección visual de estado de la soldadura	1 day	Fri 06-03-20
14	Análisis con tintas penetrantes en la soldadura	2 days	Mon 09-03-20
15	Análisis del estado de la soldadura mediante radiografía	2 days	Wed 11-03-20
16	Inspección visual de los gratin	1 day	Fri 06-03-20
17	Inspección visual de las uniones de los grating	1 day	Fri 06-03-20



Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

Figura 3-1. Diagrama Gantt Plataforma 17

3.2. ASIGNACIÓN DE RECURSOS

Para poder realizar la asignación de recursos de cada tarea se necesita crear la hoja de costos. Esta permite distribuir de manera ordenada, cada una de las categorías de costos que se tiene para la realización de todas las actividades nombradas anteriormente. En la tabla 3-2 se puede apreciar la hoja de costos.

Tabla 3-2. Hoja de Costos

Hoja de Costos					
Nómina de Trabajo					
Personal	Disponibilidad	Salario	Días laborales	Horas laborales	Pago/hora
Supervisor de mantenimiento	100%	$ 1.200.000	20	160	$ 7.500
Prevencionista de riesgo	100%	$ 1.000.000	20	160	$ 6.250
Mantenedor	100%	$ 600.000	20	160	$ 3.750
Mantenedor predictivo	100%	$ 800.000	20	160	$ 5.000
Soldador	100%	$ 1.200.000	20	160	$ 7.500
Andamieros pintores	100%	$ 800.000	20	160	$ 5.000
Herramientas					
Descripción					Costo Unitario
Hidrolavadora Industrial Monofásica, 7 L/min, 2000 Psi					$ 436.000
Escobillón municipal 40 cm					$ 14.000
Cámara fotográfica					$ 130.000
Libreta de notas					$ 3.000
Lápiz					$ 500
Largavista monocular					$ 15.900
Lijadora-Pulidora Angular 7”					$ 130.000
Equipo pintura Airless Eléctrico 1,7 HP 2,2 L/min					$ 712.434
Detector de Rayos X industrial portátil inalámbrico					$ 1.000.000
Materiales					
Descripción					Costo Unitario
Agua dulce [m3]					$ 850
Penetrante Magnaflux 6 m^2 (500ml)					$ 20.000
Revelador Magnaflux 6 m^2 (500ml)					$ 20.000
Limpiador Magnaflux 6 m^2 (500ml)					$ 17.000
Huaipe algodón 1 kg					$ 3.000
Mastic Epoxy Autoimprimante de Altos Sólidos 7,5 m^2/L (4 litros)					$ 145.000
Esmalte Poliuretano 5,3 m^2/L (5 litros)					$ 100.000
Otros Costos					
Descripción					Costo Unitario
Andamios 1 ton/día					$ 200.000

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

La hoja de costos posee cuatro categorías, la cuales corresponden a la nómina de trabajo, donde se encuentra el personal que puede ser utilizado en las tareas indicadas. La segunda categoría corresponde a las herramientas que se deben poseer para poder realizar una actividad. La tercera categoría corresponde a los materiales que se deben utilizar para poder completar las tareas indicadas. Por último, la categoría cuatro, corresponde a otros costos que no entran en las categorías anteriores, que en este caso es la utilización de andamios (prestación de servicios).

Luego de obtener la hoja de costos, se dispone a asignar cada uno de los recursos correspondientes con cada una de las tareas creadas.

3.2.1. Tareas y Recursos

En esta sección se debe crear la hoja de designación de recursos para cada una de las actividades o tareas a realizar, estableciendo la cantidad necesaria de cada una de las categorías, como se puede apreciar en la tabla 3-3. En esta tabla las categorías de herramientas y materiales se colocaron juntas en la sección Material con fin de reducir su tamaño. La tabla mostrada a continuación muestra los recursos necesarios para una plataforma.

Tabla 3-3. Designación de Recursos

Tarea	**Recursos**		
	Trabajo	**Material**	**Otros costos**
Limpieza	➢ Supervisor de mantenimiento ➢ Prevencionista de riesgo ➢ 2 Mantenedores	➢ Hidrolavadora Industrial ➢ Escobillón municipal ➢ 90 m3 Agua dulce	➢ 2 ton de Andamios
Inspección visual en búsqueda de corrosión	➢ Supervisor de mantenimiento ➢ 2 Mantenedores	➢ Cámara fotográfica ➢ 2 Libreta de notas ➢ 2 Lápices ➢ 2 Largavista monocular	
Aplicación de anticorrosivo y pintura	➢ Supervisor de mantenimiento ➢ Prevencionista de riesgo ➢ 4 Andamieros pintores	➢ 2 Lijadora-Pulidora Angular ➢ Equipo pintura Airless Eléctrico ➢ 1 Mastic Epoxy Autoimprimante de Altos Sólidos ➢ 2 Esmalte Poliuretano ➢ Huaipe algodón	➢ 2 ton de Andamios
Inspección visual del desplazamiento de los apoyos	➢ Supervisor de mantenimiento ➢ Mantenedor	➢ Cámara fotográfica ➢ 2 Libreta de notas ➢ 2 Lápices ➢ 2 Largavista monocular	
Inspección visual de las placas de unión	➢ Supervisor de mantenimiento ➢ Mantenedor	➢ Cámara fotográfica ➢ 2 Libreta de notas ➢ 2 Lápices	

		➢ 2 Largavista monocular	
Inspección visual del estado de las vigas	➢ Supervisor de mantenimiento ➢ Mantenedor	➢ Cámara fotográfica ➢ 2 Libreta de notas ➢ 2 Lápices ➢ 2 Largavista monocular	
Inspección visual de las columnas	➢ Supervisor de mantenimiento ➢ Mantenedor	➢ Cámara fotográfica ➢ 2 Libreta de notas ➢ 2 Lápices ➢ 2 Largavista monocular	
Inspección visual de los pernos de conexión	➢ Supervisor de mantenimiento ➢ Mantenedor	➢ Cámara fotográfica ➢ 2 Libreta de notas ➢ 2 Lápices ➢ 2 Largavista monocular	
Inspección visual del estado de las uniones	➢ Supervisor de mantenimiento ➢ Mantenedor	➢ Cámara fotográfica ➢ 2 Libreta de notas ➢ 2 Lápices ➢ 2 Largavista monocular	
Inspección visual de la condición de las diagonales	➢ Supervisor de mantenimiento ➢ Mantenedor	➢ Cámara fotográfica ➢ 2 Libreta de notas ➢ 2 Lápices ➢ 2 Largavista monocular	
Inspección visual de estado de la soldadura	➢ Supervisor de mantenimiento ➢ Mantenedor	➢ Cámara fotográfica ➢ 2 Libreta de notas ➢ 2 Lápices ➢ 2 Largavista monocular	
Análisis con tintas penetrantes en la soldadura	➢ Supervisor de mantenimiento ➢ 4 Mantenedores Predictivos ➢ Prevencionista de riesgo	➢ 2 Penetrante Magnaflux ➢ 2 Revelador Magnaflux ➢ 2 Limpiador Magnaflux ➢ 3 Huaipe algodón	➢ 2 ton de Andamios
Análisis del estado de la soldadura mediante radiografía	➢ Supervisor de mantenimiento ➢ 2 Mantenedores Predictivos ➢ Prevencionista de riesgo	➢ Detector de Rayos X industrial	➢ 2 ton de Andamios
Inspección visual de los grating	➢ Supervisor de mantenimiento ➢ Mantenedor	➢ Cámara fotográfica ➢ 2 Libreta de notas ➢ 2 Lápices ➢ 2 Largavista monocular	
Inspección visual de las uniones de los grating	➢ Supervisor de mantenimiento ➢ Mantenedor	➢ Cámara fotográfica ➢ 2 Libreta de notas ➢ 2 Lápices ➢ 2 Largavista monocular	

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

3.2.2. Recursos y Costos

A continuación en la tabla 3-4, se especifican los recursos utilizados, la cantidad total en los 47,5 días (2,4 meses) que duran las actividades o tareas a realizar, los costos totales por cada recurso y además el costo total de la realización de las tareas a la unidad 2.

Tabla 3-4. Costos Totales

Recursos	Cantidad	Costo
Supervisor de mantenimiento	3	$ 5.670.000
Prevencionista de riesgo	2	$ 3.150.000
Mantenedor	3	$ 2.835.000
Mantenedor predictivo	6	$ 7.560.000
Andamieros pintores	4	$ 5.040.000
Hidrolavadora Industrial Monofásica, 7 L/min, 2000 Psi	1	$ 436.000
Escobillón municipal 40 cm	5	$ 70.000
Cámara fotográfica	2	$ 260.000
Libreta de notas	12	$ 36.000
Lápiz	12	$ 6.000
Largavista monocular	2	$ 31.800
Lijadora-Pulidora Angular 7”	2	$ 260.000
Equipo pintura Airless Eléctrico 1,7 HP 2,2 L/min	1	$ 712.434
Detector de Rayos X industrial portátil inalámbrico	1	$ 1.000.000
Agua dulce [m3]	90	$ 76.500
Penetrante Magnaflux 6 m^2 (500ml)	36	$ 720.000
Revelador Magnaflux 6 m^2 (500ml)	36	$ 720.000
Limpiador Magnaflux 6 m^2 (500ml)	36	$ 612.000
Huaipe algodón 1 kg	18	$ 54.000
Mastic Epoxy Autoimprimante de Altos Sólidos 7,5 m^2/L (4 litros)	18	$ 2.610.000
Esmalte Poliuretano 5,3 m^2/L (5 litros)	36	$ 3.600.000
Andamios ton/día	30	$ 6.000.000
	Total CLP	$ 41.459.734
	Total USD	$ 53.837

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

El costo total asciende a una suma de $ 41.459.734, pero se debe considerar que la empresa cuenta con varios de estos insumos, por lo que el valor total de los costos debería descender. Un gran ejemplo son los sueldos de los Supervisores, Prevencionistas y Mantenedores, que al descontarlos del valor total se tiene un total de $ 29.804.734.

3.3. PAUTAS DE MANTENIMIENTO

En esta sección se realizarán cada una de la fichas de mantenimiento correspondiente a cada actividad propuesta. Las fichas de mantenimiento tienen el objetivo de informar e instruir al personal para la realización de cada tarea, ya que en estas están indicados los procedimientos a seguir para su cumplimiento. Además existe un instructivo de seguridad, el cual indica al personal las actividades que debe seguir mientras está realizando el trabajo, actividad o tarea. También posee indicaciones básicas de ubicación y especificaciones de la tarea, las cuales ayudan al personal a estar seguros de lo que se va a realizar.

3.3.1. Ficha de Mantenimiento

En la figura 3-2, se puede apreciar la ficha de mantenimiento número 4, realizada para la tarea de análisis con tintas penetrantes en la soldadura. La ficha de mantenimiento se encuentra divida en tres secciones. La primera sección corresponde a todo lo relacionado con la tarea, desde donde se realizará, hasta que sub-sistemas y componentes se ven comprendidos o afectados, además de la duración estimada de cumplimiento. En la primera sección se encuentra el número de plataforma, el cual debe ser llenado por el personal que realizará la actividad, ya que, las fichas de mantenimiento están hechas para una plataforma.

La segunda sección contempla las instrucciones y procedimientos de seguridad y de la actividad a realizar. Esta sección es de gran importancia, debido a que guía al personal a realizar un adecuado trabajo con las normas de seguridad competentes, siempre teniendo presente el resguardo del personal. Además posee fotografías para un mayor entendimiento.

La siguiente sección indica los recursos utilizados en la actividad, cabe señalar que realmente los valores asignados no corresponden al total de costos mostrados en la sección 3.2.2, ya que, varias de estas actividades se realizan en paralelo con el mismo personal, como se puede apreciar en la carta Gantt ejecutada en la sección 3.1.1. Todas las tareas de inspección se realizan de manera conjunta.

Todas las fichas de mantenimiento realizas (en total 15) se encuentran en el anexo C para su visualización.

AES Gener
energía confiable

FICHA DE MANTENIMIENTO

N° 4

UBICACIÓN DE LA ACTIVIDAD			
SISTEMA	Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2	KKS	2840-21-HB
SUB-SISTEMA	Conexión de elementos estructurales		
COMPONENTE	Soldadura de fundaciones	KKS	2840-21-HBA01-EF05
	Soldadura de conexión	KKS	2840-21-HBF01-EF02

ESPECIFICACIONES DE LA TAREA			
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	Análisis con tintas penetrantes en la soldadura		
TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	2	TIEMPO ESTIMADO (HORAS)	16
NÚMERO DE PLATAFORMA			

OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD

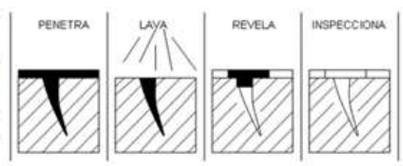
Permite detectar e identificar discontinuidades presentes en la superficie de las soldaduras, con el fin de prevenir futuras grietas

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

1	Utilizar los elementos de protección personal adecuadamente y en todo momento
2	Utilizar arnés de seguridad para evitar caídas
3	Prestar atención al trabajo realizado
4	Usar las herramientas indicadas y cuidar de ellas
5	Transitar con atención
6	No quitar ninguna protección de seguridad o señales de peligro sin autorización
7	Corregir o dar aviso de cualquier condición peligrosa e insegura
8	Mantener el orden y la vigilancia durante el trabajo
9	Seguir las instrucciones indicadas en esta ficha, en caso de duda preguntar al Supervisor a cargo

PROCEDIMIENTOS DE LA ACTIVIDAD

1	Secar la superficie de examinación
2	Remover con una escobilla salpicaduras de soldadura, escoria, óxido, pintura, etc.
3	Realizar la limpieza con el Removedor (Cleaner) y un trapo industrial libre de pelusas
4	La limpieza se realiza abarcando 1 pulgada como mínimo adyacente al pie del cordón de soldadura
5	Verificar que la superficie este completamente seca
6	Aplicar el penetrante directamente al área de interés cubriendola completamente
7	El área de interés corresponde al cordón de soldadura y 1/2 pulgada adyacente al pie de éste
8	Dejar actuar el penetrante por 10 minutos
9	Remover el exceso de penetrante con un trapo seco libre de pelusas
10	Remover las trazas remanentes sobre la superficie con una trapo libre de pelusas, ligeramente humedecido con solvente, evitando la remoción de penetrante en las discontinuidades
11	Verificar que la superficie este completamente seca
12	Tener en cuenta la dirección del viento. Si existen fuertes vientos se debe aislar la zona de aplicación
13	Agitar vigorosamente el removedor antes de su aplicación
14	Aplicar el revelador a una distancia mínima de 30 cm, perpendicular a la superficie la cantidad necesaria para cubrir completamente la superficie.
15	Dejar actual el revelador por 10 minutos como mínimo y realizar la evaluación



RECURSOS

NÓMINA DE TRABAJO

CANTIDAD	PERSONAL	COSTO UNITARIO X HORA	COSTO X HORA DE ACTIVIDAD
1	Supervisor de Mantenimiento	$ 7.500	$ 120.000
1	Prevencionista de Riesgo	$ 6.250	$ 100.000
4	Mantenedores Predictivos	$ 5.000	$ 320.000

MATERIALES

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Penetrante Magnaflux 500ml	$ 20.000	$ 40.000
2	Revelador Magnaflux 500ml	$ 20.000	$ 40.000
2	Limpiador Magnaflux 500ml	$ 17.000	$ 34.000
3	Huaipe algodón 1 kg	$ 3.000	$ 9.000

SERVICIOS

CANTIDAD	TIPO DE SERVICIO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Andamios 1 ton/día	$ 200.000	$ 400.000
		COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	**$ 1.063.000**

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

Figura 3-2. Ficha de Mantenimiento N° 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al encontrarse ubicada la planta en zona costera, se proporciona un ambiente propicio para la aparición de corrosión. El sector de Ventanas está catalogado con una categoría de corrosividad atmosférica muy alta, según el mapa de corrosividad proporcionado por la Universidad Católica de Valparaíso, en donde se ven afectadas desde estructuras de acero, hasta equipos de la planta. Esto quiere decir, que existen pérdidas de material entre los 650 y 1500 gramos. Al ir avanzando en este trabajo de título, se pudieron observar más problemas que afectaban la falta de preocupación por parte de la empresa hacia las estructuras. Es de suponer que una estructura dura muchos años en servicio, de cierta manera esto es correcto, pero es de preocupación cuando las condiciones son desfavorables. La planta en su proceso de producción de energía, genera ceniza, la que queda en el ambiente en forma de polución, este material particulado se posa en las estructuras metálicas, proporcionando una capa que recubre, en algunos casos, toda la viga y parte de los suelos en las plataformas. Esto se vuelve dificultoso cuando el personal debe realizar reparaciones a distintos equipos o componentes. Según norma de la empresa, el personal solo debe utilizar mascarilla de respiración en el área de la cancha de carbón, por lo que, cuando realizan trabajos en las estructuras, solo algunos utilizan. Al pasar a llevar o tocar este material particulado posado, se eleva al ambiente en grandes cantidades afectando la salud del personal. La limpieza y el orden en el lugar de trabajo son realmente importante a la hora de realizar actividades por parte de los trabajadores, ya que previene accidentes desde caídas hasta golpes como consecuencia de un ambiente sucio, suelos resbaladizos y acumulación de material. En este caso también previene enfermedades a largo plazo al personal de la planta, por la inhalación de material particulado. Otro factor que se debe considerar, es que Chile es un país sísmico por excelencia, a pesar que la estructura esté acorde con las normas sísmicas del país, al no realizar inspecciones con regularidad de las condiciones en la que se encuentra la estructura, esta pudiese colapsar en caso de terremoto, por desconocimiento del estado de vigas, columnas, diagonales, conexiones, etc, defectuosas.

En este trabajo de título no pudo ser considerada la unidad 1 de generación, ya que poseía una orden de cierre para el año 2020. Esta unidad poseía varios defectos en su estructura; deterioro completo del material en una porción de sus vigas y una disminución considerable de los espesores (últimas dos fotos del anexo A). La unidad 1 solo lleva en servicio 56 años, dado que su vida útil estimada es de 80 años. Cabe mencionar que la unidad 1 posee los mismos materiales de construcción de la unidad 2. La unidad 1 es el reflejo de las demás estructuras en el futuro, si no se realiza algo al respecto.

Con el fin de dar respuesta a la gran problemática expuesta en los párrafos anteriores, es que se generó este plan de mantenimiento preventivo, con la finalidad de realizar tareas que busquen indicios que permitan identificar posibles fallas antes

de que ocurran, además de tareas preventivas que ayuden al mantenimiento de la estructura, estipulando su duración, frecuencia y asignación de recursos. Teniendo claro los procedimientos a seguir para implementar este plan en la planta. Dando de esta manera cumplimiento al objetivo general del presente trabajo.

Al elaborar la descripción de las estructuras se pudieron establecer los factores que afectaban directa e indirectamente a las estructuras y al personal de la planta, con el fin de dar conocimiento de los problemas ocurridos dentro de la empresa y emplear actividades propicias que ayuden en la disminución de estos factores influyentes. La realización del análisis de espesores en las estructuras, ayudó en la comprensión de que todo material en condiciones adversar (clima costero y contaminación) pierde material a un ritmo determinado. Las estructuras metálicas requieren de atención y de mantenimiento para seguir preservando sus funciones y dando estabilidad y soporte tanto a los equipos como al personal de planta.

La metodología del RCM al ser estructurada, proporciona un análisis detallado y efectivo para la creación de actividades o tareas de mantenimiento que sean necesarias y favorables para preservar las funciones del activo. Además, ayuda al conocimiento y ordenamiento, de cada una de las partes que componen al activo de interés. La codificación proporciona un lenguaje conocido entre el personal de la planta y ayuda a ubicar secciones donde se debe realizar el trabajo, para que este sea claro para todos.

Es de importancia que las actividades de mantenimiento se materialicen para poder realizar su cumplimiento, aquí es donde entran en juego los recursos. La asignación de recursos permite llevar a cabo las actividades seleccionas para la preservación y mantenimiento. Casi todo en el mundo funciona con dinero, es por esto, que es significativo la estimación de los costos necesarios para realizar las actividades propuestas. En el presente trabajo se estimó la cantidad de recursos y costos que contempla la realización o puesta en marcha de este plan de mantenimiento, llevándolo así a la vida real.

En la actualidad, varias empresas desconocen la importancia de mantener un equipo o instalaciones en condiciones favorables, ya sea para el aseguramiento efectivo del trabajo, o para la buena salud de sus trabajadores. A veces unas pocas acciones logran cumplir con el cometido. Es trascendental compartir la información, para romper con creencias o parámetros obsoletos en estos tiempos.

BIBLIOGRAFÍA

1. John Moubray. Reliability-centred Maintenance (RCM), Edición en Español, 2004.

2. Renovetec. Ingeniería del mantenimiento, Volumen 1 y 2, 2010.

3. Vera, R.; Puentes, M.; Araya, R.; Rojas, P.; Carvajal, A. Mapa de Corrosión Atmosférica de Chile, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2012.

4. Lawrence J. Korb; and David L. Corrosion, Volume 13, ASM Handbook, 9th Edition, 1992.

5. Stephen D; Cramer and Bernard S; Covino, Jr. Corrosion: Fundamentals, Testing, and Protection, Volume 13A, ASM Handbook, 2003.

6. Rodrigo Ayala M. Antecedentes Generales de las Unidades, Aes Gener Ventanas, 2014.

7. Berty Luke; Hernán Silva; Mario Villalón; Luis Silva; Pedro Barra; Miguel Díaz; Rodrigo Ayala. Revista Costa – Ventanas, 2015.

8. Posco e&c. Nueva Ventanas Unidad 3 Guía del Estudiante, Aes Gener Ventanas, 2009.

9. Aes Gener. Principios de Generación, Operación Básica de Centrales, 1990.

10. Siemens. KKS Identification System for Power Plants, 4th Edition, 1999.

11. María Emilia Pontón; Andrés Fernando Robalino; Telmo Sánchez Grunahuer; Fabricio Yépez Moya. Guía práctica para el diseño de estructuras de acero, 2016.

12. Alacero. Especificación para Construcciones de Acero, American Institute of Steel Construction, 2016.

13. Posco e&c. Cathodic Protection, Nueva Ventanas 240mw Coal Fired Power Project, Aes Gener Ventanas, 2010.

14. Corporación de Desarrollo Tecnológico. Compendio Técnico de Materiales, Aceros y Metales, Cámara Chilena de la Construcción, 2011.

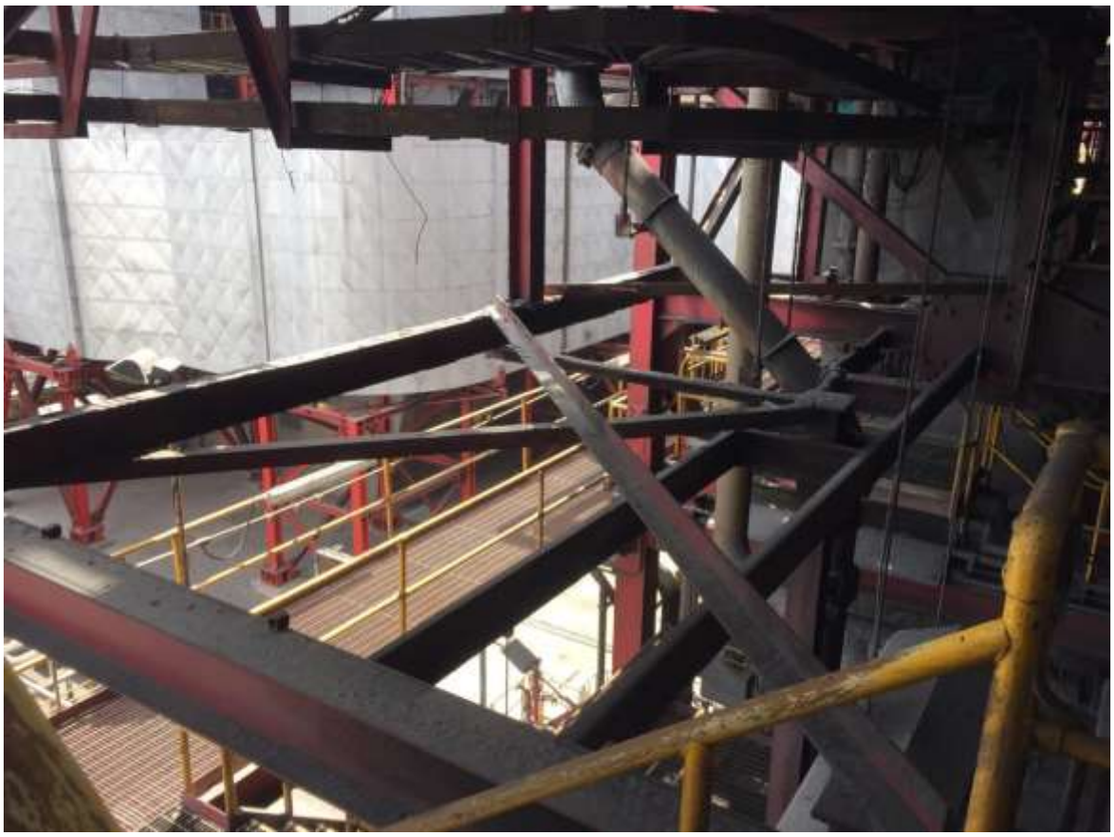
ANEXO A: CONDICIONES COLUMNAS Y VIGAS

Fotografía tomada en AES Gener División Ventanas, 2018

Fotografía tomada en AES Gener División Ventanas, 2018

Fotografía tomada en AES Gener División Ventanas, 2018

Fotografía tomada en AES Gener División Ventanas, 2018



Fotografía tomada en AES Gener División Ventanas, 2018

Fotografía tomada en AES Gener División Ventanas, 2018

Fotografía tomada en AES Gener División Ventanas, 2018

Fotografía tomada en AES Gener División Ventanas, 2018

Fotografía tomada en AES Gener División Ventanas, 2018

Fotografía tomada en AES Gener División Ventanas, 2018

ANEXO B: HOJAS DE DECISIÓN

Sistema: Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2														Auditor:	Fecha	Hoja N° 2
Sub-sistema: Acero Estructural / Conexión de elementos estructurales / Accesibilidad, estabilidad y soporte														Facilitador:	Fecha	de
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acción a falta de			Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
A	1	8	N				S						Tarea a condición	Inspección visual de la condición de las columnas y arriostres o diagonales	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual de los pernos de conexión	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual del estado de las uniones	9 meses	Mantenedor
A	1	9	S	N	N	N	S						Tarea a condición	Inspección visual del estado de las uniones en búsqueda de grietas	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual de la condición de los arriostres o diagonales en búsqueda de grietas o fisuras	9 meses	Mantenedor
														Reforzar mediante soldadura o parches de metal si la diagonal presenta fisuras o grietas	Cuando corresponda	Mantenedor/ Soldador
														Ajustar pernos de conexión si es necesario	Anual	Mantenedor
A	1	10	S	S			S						Tarea a condición	Reparar diagonales mediante parches de metal soldados, según dimensiones de la fractura	Cuando corresponda	Mantenedor/ Soldador
														Inspección visual de la condición de los arriostres o diagonales en búsqueda de grietas o fisuras	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual del estado de las uniones en búsqueda de grietas	9 meses	Mantenedor
														Ajustar pernos de conexión si es necesario	Anual	Mantenedor
A	1	11	N				S						Tarea a condición	Inspección visual del estado de las uniones bases en búsqueda de grietas	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual del estado de los pernos de anclaje	9 meses	Mantenedor
														Cambio del perno de anclaje si es necesario	3 años	Mantenedor
A	1	12	N				S						Tarea a condición	Inspección visual del estado de las uniones bases en búsqueda de grietas	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual del estado de los pernos de anclaje	9 meses	Mantenedor
														Cambio del perno de anclaje si es necesario	3 años	Mantenedor
A	1	13	N				S						Tarea a condición	Inspección visual del estado del hormigón en las bases de las columnas	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual del estado de las uniones bases en búsqueda de grietas	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual del estado de los pernos de anclaje	9 meses	Mantenedor
														Rellenar si existe deterioro de hormigón	10 años	Mantenedor

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en RCM II, 2019

Sistema: Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2														Auditor:	Fecha	Hoja N° 3
Sub-sistema: Acero Estructural / Conexión de elementos estructurales / Accesibilidad, estabilidad y soporte														Facilitador:	Fecha	de
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acción a falta de			Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
A	1	14	N				S						Tarea a condición	Análisis de vibraciones a lo pernos de anclaje, debido a que la estructura posee un cierto grado de vibración, se debe establecer la vibración inherente.	2 años	Mantenedor predictivo
														Inspección visual del estado de las uniones bases en búsqueda de grietas	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual del estado de los pernos de anclaje	9 meses	Mantenedor
														Cambio del perno de anclaje si es necesario	3 años	Mantenedor
A	1	15	S	N	S		N	S					Tarea de reacondicionamiento cíclico	Inspección visual de los pernos de anclaje y conexión en búsqueda de corrosión	Anual	Mantenedor
														Limpieza de pernos de anclaje y conexión	Anual	Mantenedor
														Procedimiento de preparación de superficie y aplicación de anticorrosivo y pintura donde corresponda	Anual	Mantenedor
A	1	16	N				S						Tarea a condición	Inspección visual del estado de los pernos de conexión	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual del estado de las uniones en búsqueda de grietas	9 meses	Mantenedor
														Cambio del perno de conexión si es necesario	3 años	Mantenedor
A	1	17	N				S						Tarea a condición	Inspección visual del estado de las uniones en búsqueda de grietas	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual del estado de los pernos de conexión	9 meses	Mantenedor
														Cambio del perno de conexión si es necesario	3 años	Mantenedor
A	1	18	N				S						Tarea a condición	Inspección visual del estado de placas bases en búsqueda de deformaciones o grietas	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual del estado de los pernos de anclaje	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual de estado de la soldadura	9 meses	Mantenedor
A	1	19	N				S						Tarea a condición	Inspección visual del estado de la soldadura, tanto en la base como en las uniones	9 meses	Mantenedor
														Análisis con tintas penetrantes para determinar fisuras en la soldadura	2 años	Mantenedor predictivo
A	1	20	N				S						Tarea a condición	Análisis del estado de la soldadura mediante radiografía en las bases de las columnas y en sus uniones	2 años	Mantenedor predictivo

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en RCM II, 2019

Sistema: Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2														Auditor:	Fecha	Hoja N° 4
Sub-sistema: Acero Estructural / Conexión de elementos estructurales / Accesibilidad, estabilidad y soporte														Facilitador:	Fecha	de
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acción a falta de			Tipo de tarea	Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
A	1	21	S	N	S		N	S					Tarea de reacondicionamiento cíclico	Inspección visual de la soldadura en búsqueda de corrosión	Anual	Mantenedor
														Limpieza en soldadura	Anual	Mantenedor
														Procedimiento de preparación de superficie y aplicación de anticorrosivo y pintura donde corresponda	Anual	Mantenedor
A	1	22	N				S						Tarea a condición	Inspección visual de los grating con búsqueda de deformaciones	6 meses	Mantenedor
														Cambiar grating deformado	Anual	Mantenedor
A	1	23	S	S			S						Tarea a condición	Inspección visual del estado de los grating	6 meses	Mantenedor
														Cambiar grating si es necesario	Anual	Mantenedor
														Inspección visual de las uniones de los grating	6 meses	Mantenedor
A	1	24	N				S						Tarea a condición	Inspección visual del estado de los grating	6 meses	Mantenedor
														Inspección visual de las uniones de los grating	6 meses	Mantenedor
														Apretar los pernos si existe soltura de los grating	Anual	Mantenedor
A	1	25	S	N	S		N	S					Tarea de reacondicionamiento cíclico	Inspección visual de los grating en búsqueda de corrosión	Anual	Mantenedor
														Limpieza de los grating	Anual	Mantenedor
														Procedimiento de preparación de superficie y aplicación de anticorrosivo y pintura donde corresponda	Anual	Mantenedor
A	1	26	N				S						Tarea a condición	Inspección visual del estado de los grating	6 meses	Mantenedor
														Inspección visual de las uniones de los grating	6 meses	Mantenedor
														Apretar los pernos si existe soltura de los grating	Anual	Mantenedor
A	2	1	S	S			S						Tarea a condición	Inspección visual del estado de las columnas en búsqueda de grietas y fisuras	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual del estado de placas bases en búsqueda de deformaciones o grietas	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual del estado de los pernos de anclaje	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual del estado de la soldadura	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual del estado de las uniones en búsqueda de grietas	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual del estado de los pernos de conexión	9 meses	Mantenedor
A	2	2	S	S			S						Tarea a condición	Inspección visual del estado de las columnas, vigas y diagonales en búsqueda de grietas y fisuras	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual del estado de la soldadura	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual del estado de las uniones en búsqueda de grietas	9 meses	Mantenedor
														Inspección visual del estado de los pernos de conexión	9 meses	Mantenedor

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en RCM II, 2019

ANEXO C: FICHAS DE MANTENIMIENTO

AES Gener	FICHA DE MANTENIMIENTO		N° 1
UBICACIÓN DE LA ACTIVIDAD			
SISTEMA	Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2	KKS	2840-21-HB
SUB-SISTEMA	Acero Estructural		
	Conexión de elementos estructurales		
	Accesibilidad, estabilidad y soporte		
ESPECIFICACIONES DE LA TAREA			
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	Limpieza de la Estructura		
TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	1,5	TIEMPO ESTIMADO (HORAS)	12
NÚMERO DE PLATAFORMA			
OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD			
Reducir el impacto negativo que tiene para la salud de los trabajadores, la exposición a riesgos que pueden derivar en accidentes de trabajo y/o enfermedades profesionales. Además de tener un área de trabajo limpia y ordenada			

	INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD
1	Utilizar los elementos de protección personal adecuadamente y en todo momento
2	Utilizar arnés de seguridad para evitar caídas
3	Prestar atención al trabajo realizado
4	Usar las herramientas indicadas y cuidar de ellas
5	Transitar con atención
6	No quitar ninguna protección de seguridad o señales de peligro sin autorización
7	Corregir o dar aviso de cualquier condición peligrosa e insegura
8	Mantener el orden y la vigilancia durante el trabajo
9	Seguir las instrucciones indicadas en esta ficha, en caso de duda preguntar al Supervisor a cargo

	PROCEDIMIENTOS DE LA ACTIVIDAD
1	Comprobar el estado de la Hidrolavadora Industrial Monofásica
2	Realizar las conexiones de la hidrolavadora con el suministro de agua
3	Realizar el hidrolavado con agua dulce para eliminar contaminantes
4	Utilizar escobillones para retirar el exceso de contaminantes
5	Repetir donde sea necesario

RECURSOS

NÓMINA DE TRABAJO

CANTIDAD	PERSONAL	COSTO UNITARIO X HORA	COSTO X HORA DE ACTIVIDAD
1	Supervisor de Mantenimiento	$ 7.500	$ 90.000
1	Prevencionista de Riesgo	$ 6.250	$ 75.000
2	Mantenedor	$ 3.750	$ 90.000

HERRAMIENTAS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO DE COMPRA	COSTO TOTAL
1	Hidrolavadora Industrial Monofásica 7 L/min 2000 Psi	$ 436.000	$ 436.000
5	Escobillón municipal 40 cm	$ 14.000	$ 70.000

MATERIALES

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
90	Agua dulce [m^3]	$ 850	$ 76.500

SERVICIOS

CANTIDAD	TIPO DE SERVICIO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Andamios 1 ton/día	$ 200.000	$ 400.000
		COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	**$ 1.237.500**

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

AES Gener	FICHA DE MANTENIMIENTO	N° 2

UBICACIÓN DE LA ACTIVIDAD			
SISTEMA	Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2	KKS	2840-21-HB
SUB-SISTEMA	Acero Estructural		
	Conexión de elementos estructurales		
	Accesibilidad, estabilidad y soporte		

ESPECIFICACIONES DE LA TAREA			
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	Aplicación de anticorrosivo y pintura		
TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	2	TIEMPO ESTIMADO (HORAS)	16
NÚMERO DE PLATAFORMA			

OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD

Prevenir la corrosión del material expuesto, con el fin de mejorar la resistencia, durabilidad y estética de las superficies

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	
1	Utilizar los elementos de protección personal adecuadamente y en todo momento
2	Utilizar arnés de seguridad para evitar caídas
3	Prestar atención al trabajo realizado
4	Usar las herramientas indicadas y cuidar de ellas
5	Transitar con atención
6	No quitar ninguna protección de seguridad o señales de peligro sin autorización
7	Corregir o dar aviso de cualquier condición peligrosa e insegura
8	Mantener el orden y la vigilancia durante el trabajo
9	Seguir las instrucciones indicadas en esta ficha, en caso de duda preguntar al Supervisor a cargo

PROCEDIMIENTOS DE LA ACTIVIDAD	
1	Realizar raspado mecánico eliminando pintura antigua mal adherida y óxidos
2	Limpiar y quitar el polvo la superficie raspada
3	Raspar hasta obtener un claro brillo metálico, según especificación SSPC SP-3 y/o ASTM St-3
4	Aplicar el anticorrosivo utilizando el Airless (pistola de pintura)
5	El espesor total del anticorrosivo debe ser de 150 micrones, en dos capas
6	Dejar secar el anticorrosivo por una hora
7	Aplicar el esmalte utilizando el equipo de pintura
8	El espesor total del esmalte debe ser de 50 micrones, en dos capas
9	Dejar secar el esmalte por una hora

RECURSOS

NÓMINA DE TRABAJO

CANTIDAD	PERSONAL	COSTO UNITARIO X HORA	COSTO X HORA DE ACTIVIDAD
1	Supervisor de Mantenimiento	$ 7.500	$ 120.000
1	Prevencionista de Riesgo	$ 6.250	$ 100.000
4	Andamieros pintores	$ 5.000	$ 320.000

HERRAMIENTAS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO DE COMPRA	COSTO TOTAL
2	Lijadora-Pulidora Angular 7”	$ 130.000	$ 260.000
1	Equipo pintura Airless Eléctrico 1.7 HP 2.2 L/min	$ 712.434	$ 712.434

MATERIALES

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Mastic Epoxy Autoimprimante de Altos Sólidos 7.5 m2/L (4 litros)	$ 145.000	$ 145.000
2	Esmalte Poliuretano 5.3 m2/L (5 litros)	$ 100.000	$ 200.000
1	Huaipe algodón 1 kg	$ 3.000	$ 3.000

SERVICIOS

CANTIDAD	TIPO DE SERVICIO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Andamios 1 ton/día	$ 200.000	$ 400.000
		COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	**$ 2.260.434**

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

FICHA DE MANTENIMIENTO

N° 3

UBICACIÓN DE LA ACTIVIDAD			
SISTEMA	Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2	KKS	2840-21-HB
SUB-SISTEMA	Conexión de elementos estructurales		
COMPONENTE	Soldadura de fundaciones	KKS	2840-21-HBA01-EF05
	Soldadura de conexión	KKS	2840-21-HBF01-EF02

ESPECIFICACIONES DE LA TAREA			
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	Análisis del estado de la soldadura mediante radiografía		
TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	2	TIEMPO ESTIMADO (HORAS)	16
NÚMERO DE PLATAFORMA			

OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD

Realizar ensayo no destructivo (END) de radiografía (o gammagrafía) a las soldaduras en las uniones de los elementos estructurales con el fin de verificar impurezas o posibles grietas

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	
1	Utilizar los elementos de protección personal adecuadamente y en todo momento
2	Utilizar arnés de seguridad para evitar caídas
3	Prestar atención al trabajo realizado
4	Usar las herramientas indicadas y cuidar de ellas
5	Transitar con atención
6	No quitar ninguna protección de seguridad o señales de peligro sin autorización
7	Corregir o dar aviso de cualquier condición peligrosa e insegura
8	Mantener el orden y la vigilancia durante el trabajo
9	Seguir las instrucciones indicadas en esta ficha, en caso de duda preguntar al Supervisor a cargo

PROCEDIMIENTOS DE LA ACTIVIDAD	
1	Colocar el detector en la posición que sea requerido
2	Ajustar las lingas de amarre para mantener al detector en su ubicación
3	Retirarse del lugar al menos 3 metros
4	Realizar por lo menos 5 tomas de radiografia
5	Revisar el estado de las muestras tomadas
6	De ser necesario realizar un nuevo procedimiento

RECURSOS

NÓMINA DE TRABAJO

CANTIDAD	PERSONAL	COSTO UNITARIO X HORA	COSTO X HORA DE ACTIVIDAD
1	Supervisor de Mantenimiento	$ 7.500	$ 120.000
1	Prevencionista de Riesgo	$ 6.250	$ 100.000
4	Mantenedores Predictivos	$ 5.000	$ 320.000

HERRAMIENTAS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO DE COMPRA	COSTO TOTAL
1	Detector de Rayos X industrial portátil inalámbrico	$ 1.000.000	$ 1.000.000

SERVICIOS

CANTIDAD	TIPO DE SERVICIO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Andamios 1 ton/día	$ 200.000	$ 400.000
		COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	**$ 1.940.000**

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

AES Gener	FICHA DE MANTENIMIENTO	N° 5

UBICACIÓN DE LA ACTIVIDAD			
SISTEMA	Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2	KKS	2840-21-HB
SUB-SISTEMA	Acero Estructural		
	Conexión de elementos estructurales		
	Accesibilidad, estabilidad y soporte		

ESPECIFICACIONES DE LA TAREA			
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	Inspección visual en búsqueda de corrosión		
TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	1	TIEMPO ESTIMADO (HORAS)	8
NÚMERO DE PLATAFORMA			

OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD

Realizar inspección visual a la estructura completa en búsqueda de corrosión y dar aviso de posibles sitios afectados

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	
1	Utilizar los elementos de protección personal adecuadamente y en todo momento
2	Prestar atención al trabajo realizado
3	Usar las herramientas indicadas y cuidar de ellas
4	Transitar con atención
5	No quitar ninguna protección de seguridad o señales de peligro sin autorización
6	Corregir o dar aviso de cualquier condición peligrosa e insegura
7	Mantener el orden y la vigilancia durante el trabajo
8	Seguir las instrucciones indicadas en esta ficha, en caso de duda preguntar al Supervisor a cargo

PROCEDIMIENTOS DE LA ACTIVIDAD	
1	Inspeccionar el acero estrultural, las conexiones de los elementos estructurales y los grating presentes tanto en escaleras como de soporte
2	Ocupar el larga vista en lugares poco accesibles
3	Tomar una fotografía del lugar (alrededores) donde se encuentren rastros de corrosión
4	Tomar una fotografía específica de la sección con corrosión
5	Anotar en la libreta el número de la fotografía tomada
6	Tomar apunte de las coordenadas de la fotografía, indicando el número de columna y elevación
7	Anotar el tipo de detalle que se presanta con corrosión

RECURSOS

NÓMINA DE TRABAJO

CANTIDAD	PERSONAL	COSTO UNITARIO X HORA	COSTO X HORA DE ACTIVIDAD
1	Supervisor de Mantenimiento	$ 7.500	$ 60.000
1	Mantenedor	$ 3.750	$ 30.000

HERRAMIENTAS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO DE COMPRA	COSTO TOTAL
1	Cámara fotográfica	$ 130.000	$ 130.000
2	Largavista monocular	$ 15.900	$ 31.800

MATERIALES

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Libreta de notas	$ 3.000	$ 6.000
2	Lápiz	$ 500	$ 1.000
		COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	**$ 258.800**

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

FICHA DE MANTENIMIENTO

N° 6

UBICACIÓN DE LA ACTIVIDAD			
SISTEMA	Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2	KKS	2840-21-HB
SUB-SISTEMA	Conexión de elementos estructurales		
ESPECIFICACIONES DE LA TAREA			
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	Inspección visual del desplazamiento de los apoyos		
TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	1	TIEMPO ESTIMADO (HORAS)	8
NÚMERO DE PLATAFORMA			

OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD

Realizar una inspección visual del estado de los apoyos, con el fin de detectar de manera prematura posibles desplazamientos

	INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD
1	Utilizar los elementos de protección personal adecuadamente y en todo momento
2	Prestar atención al trabajo realizado
3	Usar las herramientas indicadas y cuidar de ellas
4	Transitar con atención
5	No quitar ninguna protección de seguridad o señales de peligro sin autorización
6	Corregir o dar aviso de cualquier condición peligrosa e insegura
7	Mantener el orden y la vigilancia durante el trabajo
8	Seguir las instrucciones indicadas en esta ficha, en caso de duda preguntar al Supervisor a cargo

	PROCEDIMIENTOS DE LA ACTIVIDAD
1	Inspeccionar los apoyos de los elementos estructurales
2	Ocupar el larga vista en lugares poco accesibles
3	Tomar una fotografía del lugar (alrededores) donde se encuentren rastros de deformación u otro problema
4	Tomar una fotografía específica de la sección
5	Anotar en la libreta el número de la fotografía tomada
6	Tomar apunte de las coordenadas de la fotografía, indicando el número de columna, elevación y disposición del apoyo
7	Anotar detalladamente la condición en la que se encuentran los apoyos

RECURSOS

NÓMINA DE TRABAJO

CANTIDAD	PERSONAL	COSTO UNITARIO X HORA	COSTO X HORA DE ACTIVIDAD
1	Supervisor de Mantenimiento	$ 7.500	$ 60.000
1	Mantenedor	$ 3.750	$ 30.000

HERRAMIENTAS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO DE COMPRA	COSTO TOTAL
1	Cámara fotográfica	$ 130.000	$ 130.000
2	Largavista monocular	$ 15.900	$ 31.800

MATERIALES

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Libreta de notas	$ 3.000	$ 6.000
2	Lápiz	$ 500	$ 1.000
		COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	**$ 258.800**

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

FICHA DE MANTENIMIENTO

N° 7

UBICACIÓN DE LA ACTIVIDAD			
SISTEMA	Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2	KKS	2840-21-HB
SUB-SISTEMA	Conexión de elementos estructurales		
COMPONENTE	Placa de refuerzo de conexión	KKS	2840-21-HBF01-EF03

ESPECIFICACIONES DE LA TAREA			
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	Inspección visual de las placas de unión		
TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	1	TIEMPO ESTIMADO (HORAS)	8
NÚMERO DE PLATAFORMA			

OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD

Realizar la inspección visual del estado de las placas de refuerzo de conexión, para poder detectar posibles grietas, fisuras, desformaciones y/o detalles que afectan su funcionalidad

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	
1	Utilizar los elementos de protección personal adecuadamente y en todo momento
2	Prestar atención al trabajo realizado
3	Usar las herramientas indicadas y cuidar de ellas
4	Transitar con atención
5	No quitar ninguna protección de seguridad o señales de peligro sin autorización
6	Corregir o dar aviso de cualquier condición peligrosa e insegura
7	Mantener el orden y la vigilancia durante el trabajo
8	Seguir las instrucciones indicadas en esta ficha, en caso de duda preguntar al Supervisor a cargo

PROCEDIMIENTOS DE LA ACTIVIDAD	
1	Inspecciones placas de refuerzo de conexiones
2	Ocupar el larga vista en lugares poco accesibles
3	Tomar una fotografía del lugar (alrededores) donde se encuentren rastros de grietas, fisuras, desformaciones y/o detalles
4	Tomar una fotografía específica de la sección considerada
5	Anotar en la libreta el número de la fotografía tomada
6	Tomar apunte de las coordenadas de la fotografía, indicando el número de columna, elevación y disposición de la placa
7	Anotar detalladamente la condición en la que se encuentran las placas de refuerzo

RECURSOS

NÓMINA DE TRABAJO

CANTIDAD	PERSONAL	COSTO UNITARIO X HORA	COSTO X HORA DE ACTIVIDAD
1	Supervisor de Mantenimiento	$ 7.500	$ 60.000
1	Mantenedor	$ 3.750	$ 30.000

HERRAMIENTAS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO DE COMPRA	COSTO TOTAL
1	Cámara fotográfica	$ 130.000	$ 130.000
2	Largavista monocular	$ 15.900	$ 31.800

MATERIALES

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Libreta de notas	$ 3.000	$ 6.000
2	Lápiz	$ 500	$ 1.000
		COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	**$ 258.800**

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

AES Gener	FICHA DE MANTENIMIENTO		N° 8
UBICACIÓN DE LA ACTIVIDAD			
SISTEMA	Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2	KKS	2840-21-HB
SUB-SISTEMA	Conexión de elementos estructurales		
COMPONENTE	Viga vertical de acero	KKS	2840-21-HB01-EF04
	Viga horizontal de acero	KKS	2840-21-HB01-EF05
ESPECIFICACIONES DE LA TAREA			
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	Inspección visual del estado de las vigas		
TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	1	TIEMPO ESTIMADO (HORAS)	8
NÚMERO DE PLATAFORMA			
OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD			
Inspeccionar visualmente el estado de las vigas verticales y horizontales, con el fin de encontrar detalles, discontinuidades, fisuras y/o defomaciones			

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	
1	Utilizar los elementos de protección personal adecuadamente y en todo momento
2	Prestar atención al trabajo realizado
3	Usar las herramientas indicadas y cuidar de ellas
4	Transitar con atención
5	No quitar ninguna protección de seguridad o señales de peligro sin autorización
6	Corregir o dar aviso de cualquier condición peligrosa e insegura
7	Mantener el orden y la vigilancia durante el trabajo
8	Seguir las instrucciones indicadas en esta ficha, en caso de duda preguntar al Supervisor a cargo

PROCEDIMIENTOS DE LA ACTIVIDAD	
1	Inspeccionar las vigas verticales y horizontales de la estructura
2	Ocupar el larga vista en lugares poco accesibles
3	Tomar una fotografía del lugar (alrededores) donde se encuentren rastros de problemas
4	Tomar una fotografía específica de la sección con detalles, discontinuidades, fisuras y/o defomaciones
5	Anotar en la libreta el número de la fotografía tomada
6	Tomar apunte de las coordenadas de la fotografía, indicando el número de columna, elevación y tipo de viga
7	Anotar el tipo de detalle que se presanta la viga

RECURSOS			
NÓMINA DE TRABAJO			
CANTIDAD	PERSONAL	COSTO UNITARIO X HORA	COSTO X HORA DE ACTIVIDAD
1	Supervisor de Mantenimiento	$ 7.500	$ 60.000
1	Mantenedor	$ 3.750	$ 30.000
HERRAMIENTAS			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO DE COMPRA	COSTO TOTAL
1	Cámara fotográfica	$ 130.000	$ 130.000
2	Largavista monocular	$ 15.900	$ 31.800
MATERIALES			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Libreta de notas	$ 3.000	$ 6.000
2	Lápiz	$ 500	$ 1.000
		COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	**$ 258.800**

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

FICHA DE MANTENIMIENTO

N° 9

UBICACIÓN DE LA ACTIVIDAD			
SISTEMA	Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2	KKS	2840-21-HB
SUB-SISTEMA	Acero Estructural		
COMPONENTE	Columna de acero de fundaciones	KKS	2840-21-HBA01-EF01
	Columna de acero de soporte	KKS	2840-21-HB01-EF01

ESPECIFICACIONES DE LA TAREA			
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	Inspección visual de las columnas		
TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	1	TIEMPO ESTIMADO (HORAS)	8
NÚMERO DE PLATAFORMA			

OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD

Realizar la inspección visual del estado de las columnas, con el fin de encontrar detalles, discontinuidades, fisuras y/o defomaciones

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	
1	Utilizar los elementos de protección personal adecuadamente y en todo momento
2	Prestar atención al trabajo realizado
3	Usar las herramientas indicadas y cuidar de ellas
4	Transitar con atención
5	No quitar ninguna protección de seguridad o señales de peligro sin autorización
6	Corregir o dar aviso de cualquier condición peligrosa e insegura
7	Mantener el orden y la vigilancia durante el trabajo
8	Seguir las instrucciones indicadas en esta ficha, en caso de duda preguntar al Supervisor a cargo

PROCEDIMIENTOS DE LA ACTIVIDAD	
1	Inspeccionar cada una de las columnas
2	Ocupar el larga vista en lugares poco accesibles
3	Tomar una fotografía del lugar (alrededores) donde se encuentren detalles, discontinuidades, fisuras y/o defomaciones
4	Tomar una fotografía específica de la sección que presenta problema
5	Anotar en la libreta el número de la fotografía tomada
6	Tomar apunte de las coordenadas de la fotografía, indicando el número de columna y elevación
7	Anotar el tipo de detalle que presanta la columna

RECURSOS

NÓMINA DE TRABAJO

CANTIDAD	PERSONAL	COSTO UNITARIO X HORA	COSTO X HORA DE ACTIVIDAD
1	Supervisor de Mantenimiento	$ 7.500	$ 60.000
1	Mantenedor	$ 3.750	$ 30.000

HERRAMIENTAS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO DE COMPRA	COSTO TOTAL
1	Cámara fotográfica	$ 130.000	$ 130.000
2	Largavista monocular	$ 15.900	$ 31.800

MATERIALES

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Libreta de notas	$ 3.000	$ 6.000
2	Lápiz	$ 500	$ 1.000
		COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	**$ 258.800**

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

AES Gener	FICHA DE MANTENIMIENTO		N° 10
UBICACIÓN DE LA ACTIVIDAD			
SISTEMA	Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2	KKS	2840-21-HB
SUB-SISTEMA	Conexión de elementos estructurales		
COMPONENTE	Perno de conexión	KKS	2840-21-HBF01-EF01
ESPECIFICACIONES DE LA TAREA			
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	Inspección visual de los pernos de conexión		
TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	1	TIEMPO ESTIMADO (HORAS)	8
NÚMERO DE PLATAFORMA			

OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD

Realizar una inspección visual del estado de los pernos de conexión de los elementos estructurales, con fin de encontrar fisuras o detalles

	INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD
1	Utilizar los elementos de protección personal adecuadamente y en todo momento
2	Prestar atención al trabajo realizado
3	Usar las herramientas indicadas y cuidar de ellas
4	Transitar con atención
5	No quitar ninguna protección de seguridad o señales de peligro sin autorización
6	Corregir o dar aviso de cualquier condición peligrosa e insegura
7	Mantener el orden y la vigilancia durante el trabajo
8	Seguir las instrucciones indicadas en esta ficha, en caso de duda preguntar al Supervisor a cargo

	PROCEDIMIENTOS DE LA ACTIVIDAD
1	Inspeccionar los pernos de conexión
2	Ocupar el larga vista en lugares poco accesibles
3	Tomar una fotografía del lugar (alrededores) donde se encuentren rastros de fisuras o detalles del perno
4	Tomar una fotografía específica de la sección encontrada
5	Anotar en la libreta el número de la fotografía tomada
6	Tomar apunte de las coordenadas de la fotografía, indicando el número de columna y elevación
7	Anotar detalladamente la condición en la que se encuentra el perno

RECURSOS

NÓMINA DE TRABAJO

CANTIDAD	PERSONAL	COSTO UNITARIO X HORA	COSTO X HORA DE ACTIVIDAD
1	Supervisor de Mantenimiento	$ 7.500	$ 60.000
1	Mantenedor	$ 3.750	$ 30.000

HERRAMIENTAS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO DE COMPRA	COSTO TOTAL
1	Cámara fotográfica	$ 130.000	$ 130.000
2	Largavista monocular	$ 15.900	$ 31.800

MATERIALES

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Libreta de notas	$ 3.000	$ 6.000
2	Lápiz	$ 500	$ 1.000
		COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	**$ 258.800**

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

AES Gener

FICHA DE MANTENIMIENTO

N° 11

UBICACIÓN DE LA ACTIVIDAD			
SISTEMA	Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2	KKS	2840-21-HB
SUB-SISTEMA	Conexión de elementos estructurales		
COMPONENTE	Placa base de fundaciones	KKS	2840-21-HBA01-EF03
	Perno de anclaje de fundaciones	KKS	2840-21-HBA01-EF02

ESPECIFICACIONES DE LA TAREA			
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	Inspección visual del estado de las uniones		
TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	1	TIEMPO ESTIMADO (HORAS)	8
NÚMERO DE PLATAFORMA			

OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD

Inspeccionar visualmente el estado de las uniones, referido a las placas bases y a los pernos de anclajes de las fundaciones de las columnas, con el fin de encontrar detalles, deformaciones y/o fisuras

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	
1	Utilizar los elementos de protección personal adecuadamente y en todo momento
2	Prestar atención al trabajo realizado
3	Usar las herramientas indicadas y cuidar de ellas
4	Transitar con atención
5	No quitar ninguna protección de seguridad o señales de peligro sin autorización
6	Corregir o dar aviso de cualquier condición peligrosa e insegura
7	Mantener el orden y la vigilancia durante el trabajo
8	Seguir las instrucciones indicadas en esta ficha, en caso de duda preguntar al Supervisor a cargo

PROCEDIMIENTOS DE LA ACTIVIDAD	
1	Inspeccionar las placas bases y los personas de anclaje de las columnas
2	Ocupar el larga vista en lugares poco accesibles
3	Tomar una fotografía del lugar (alrededores) donde se encuentren rastros de detalles, deformaciones y/o fisuras
4	Tomar una fotografía específica de la sección con detalles, deformaciones y/o fisuras
5	Anotar en la libreta el número de la fotografía tomada
6	Tomar apunte de las coordenadas de la fotografía, indicando el número de columna
7	Anotar el tipo de detalle que se presanta con algún detalles, deformación y/o fisura

RECURSOS

NÓMINA DE TRABAJO

CANTIDAD	PERSONAL	COSTO UNITARIO X HORA	COSTO X HORA DE ACTIVIDAD
1	Supervisor de Mantenimiento	$ 7.500	$ 60.000
1	Mantenedor	$ 3.750	$ 30.000

HERRAMIENTAS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO DE COMPRA	COSTO TOTAL
1	Cámara fotográfica	$ 130.000	$ 130.000
2	Largavista monocular	$ 15.900	$ 31.800

MATERIALES

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Libreta de notas	$ 3.000	$ 6.000
2	Lápiz	$ 500	$ 1.000
		COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	**$ 258.800**

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

FICHA DE MANTENIMIENTO

N° 12

UBICACIÓN DE LA ACTIVIDAD			
SISTEMA	Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2	KKS	2840-21-HB
SUB-SISTEMA	Acero Estructural		
COMPONENTE	Viga diagonal de acero posición vertical	KKS	2840-21-HB01-EF02
	Viga diagonal de acero posición horizontal	KKS	2840-21-HB01-EF03

ESPECIFICACIONES DE LA TAREA			
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	Inspección visual de la condición de las diagonales		
TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	1	TIEMPO ESTIMADO (HORAS)	8
NÚMERO DE PLATAFORMA			

OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD

Inspeccionar las vigas diagonales tanto verticales como horizontales con el fin de encontrar algún defecto, deformaciones, fisuras, entre otras.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	
1	Utilizar los elementos de protección personal adecuadamente y en todo momento
2	Prestar atención al trabajo realizado
3	Usar las herramientas indicadas y cuidar de ellas
4	Transitar con atención
5	No quitar ninguna protección de seguridad o señales de peligro sin autorización
6	Corregir o dar aviso de cualquier condición peligrosa e insegura
7	Mantener el orden y la vigilancia durante el trabajo
8	Seguir las instrucciones indicadas en esta ficha, en caso de duda preguntar al Supervisor a cargo

PROCEDIMIENTOS DE LA ACTIVIDAD	
1	Inspeccionar las vigas diagonales
2	Ocupar el larga vista en lugares poco accesibles
3	Tomar una fotografía del lugar (alrededores) donde se encuentren rastros de defectos en la viga diagonal
4	Tomar una fotografía específica de la sección que se encuentra con alguna fisura o deformación
5	Anotar en la libreta el número de la fotografía tomada
6	Tomar apunte de las coordenadas de la fotografía, indicando el número de columna, elevación y tipo de diagonal
7	Anotar el tipo de detalle que se presanta con defectos

RECURSOS

NÓMINA DE TRABAJO

CANTIDAD	PERSONAL	COSTO UNITARIO X HORA	COSTO X HORA DE ACTIVIDAD
1	Supervisor de Mantenimiento	$ 7.500	$ 60.000
1	Mantenedor	$ 3.750	$ 30.000

HERRAMIENTAS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO DE COMPRA	COSTO TOTAL
1	Cámara fotográfica	$ 130.000	$ 130.000
2	Largavista monocular	$ 15.900	$ 31.800

MATERIALES

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Libreta de notas	$ 3.000	$ 6.000
2	Lápiz	$ 500	$ 1.000
		COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	**$ 258.800**

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

FICHA DE MANTENIMIENTO

N° 13

UBICACIÓN DE LA ACTIVIDAD			
SISTEMA	Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2	KKS	2840-21-HB
SUB-SISTEMA	Conexión de elementos estructurales		
COMPONENTE	Soldadura de fundaciones	KKS	2840-21-HBA01-EF05
	Soldadura de conexión	KKS	2840-21-HBF01-EF02

ESPECIFICACIONES DE LA TAREA			
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	Inspección visual del estado de la soldadura		
TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	1	TIEMPO ESTIMADO (HORAS)	8
NÚMERO DE PLATAFORMA			

OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD

Inspeccionar el estado de la soldadura tanto en las bases de las columnas como en las conexiones de los elementos estructurales, con el fin de detectar imperfecciones que requieran reparaciones

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	
1	Utilizar los elementos de protección personal adecuadamente y en todo momento
2	Prestar atención al trabajo realizado
3	Usar las herramientas indicadas y cuidar de ellas
4	Transitar con atención
5	No quitar ninguna protección de seguridad o señales de peligro sin autorización
6	Corregir o dar aviso de cualquier condición peligrosa e insegura
7	Mantener el orden y la vigilancia durante el trabajo
8	Seguir las instrucciones indicadas en esta ficha, en caso de duda preguntar al Supervisor a cargo

PROCEDIMIENTOS DE LA ACTIVIDAD	
1	Inspeccionar la soldadura tanto de las fundaciones como de las conexiones de elementos estructurales
2	Ocupar el larga vista en lugares poco accesibles
3	Tomar una fotografía del lugar (alrededores) donde se encuentren rastros de imperfecciones en la soldadura
4	Tomar una fotografía específica de la sección con problemas
5	Anotar en la libreta el número de la fotografía tomada
6	Tomar apunte de las coordenadas de la fotografía, indicando el número de columna, la elevación y posición de la soldadura
7	Anotar el tipo de detalle que presanta la(s) imperfeciones

RECURSOS

NÓMINA DE TRABAJO

CANTIDAD	PERSONAL	COSTO UNITARIO X HORA	COSTO X HORA DE ACTIVIDAD
1	Supervisor de Mantenimiento	$ 7.500	$ 60.000
1	Mantenedor	$ 3.750	$ 30.000

HERRAMIENTAS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO DE COMPRA	COSTO TOTAL
1	Cámara fotográfica	$ 130.000	$ 130.000
2	Largavista monocular	$ 15.900	$ 31.800

MATERIALES

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Libreta de notas	$ 3.000	$ 6.000
2	Lápiz	$ 500	$ 1.000
		COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	**$ 258.800**

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

AES Gener

FICHA DE MANTENIMIENTO

N° 14

UBICACIÓN DE LA ACTIVIDAD			
SISTEMA	Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2	KKS	2840-21-HB
SUB-SISTEMA	Accesibilidad, estabilidad y soporte		
COMPONENTE	Grating de soporte en plataformas	KKS	2840-21-HBD01-EF01
	Grating de soporte en escaleras	KKS	2840-21-HBD01-EF02

ESPECIFICACIONES DE LA TAREA			
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	Inspección visual de los grating		
TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	1	TIEMPO ESTIMADO (HORAS)	8
NÚMERO DE PLATAFORMA			

OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD

Realizar inspección visual a los grating con el fin de buscar cualquier indicio de defectos, deformaciones y ausencias del material, tanto en las escaleras como en las plataformas

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	
1	Utilizar los elementos de protección personal adecuadamente y en todo momento
2	Prestar atención al trabajo realizado
3	Usar las herramientas indicadas y cuidar de ellas
4	Transitar con atención
5	No quitar ninguna protección de seguridad o señales de peligro sin autorización
6	Corregir o dar aviso de cualquier condición peligrosa e insegura
7	Mantener el orden y la vigilancia durante el trabajo
8	Seguir las instrucciones indicadas en esta ficha, en caso de duda preguntar al Supervisor a cargo

PROCEDIMIENTOS DE LA ACTIVIDAD	
1	Inspeccionar los grating presentes tanto en escaleras como en plataformas
2	Ocupar el larga vista en lugares poco accesibles
3	Tomar una fotografía del lugar (alrededores) donde se encuentren rastros de defectos, deformaciones y/o ausencias del material
4	Tomar una fotografía específica de la sección con defectos, deformaciones y/o ausencias del material
5	Anotar en la libreta el número de la fotografía tomada
6	Tomar apunte de las coordenadas de la fotografía, indicando el número de columna y elevación
7	Anotar el tipo de detalle que se presanta el grating

RECURSOS

NÓMINA DE TRABAJO

CANTIDAD	PERSONAL	COSTO UNITARIO X HORA	COSTO X HORA DE ACTIVIDAD
1	Supervisor de Mantenimiento	$ 7.500	$ 60.000
1	Mantenedor	$ 3.750	$ 30.000

HERRAMIENTAS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO DE COMPRA	COSTO TOTAL
1	Cámara fotográfica	$ 130.000	$ 130.000
2	Largavista monocular	$ 15.900	$ 31.800

MATERIALES

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Libreta de notas	$ 3.000	$ 6.000
2	Lápiz	$ 500	$ 1.000
		COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	**$ 258.800**

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019

AES Gener	FICHA DE MANTENIMIENTO		N° 15
UBICACIÓN DE LA ACTIVIDAD			
SISTEMA	Estructura de Soporte Sistema de Generación de Vapor Unidad 2	KKS	2840-21-HB
SUB-SISTEMA	Accesibilidad, estabilidad y soporte		
COMPONENTE	Grating de soporte en plataformas	KKS	2840-21-HBD01-EF01
	Grating de soporte en escaleras	KKS	2840-21-HBD01-EF02
ESPECIFICACIONES DE LA TAREA			
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	Inspección visual de las uniones de los grating		
TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)	1	TIEMPO ESTIMADO (HORAS)	8
NÚMERO DE PLATAFORMA			
OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD			
Inspeccionar las uniones de los grating con el fin de detectar defectos o detalles que requieran mantención			

	INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD
1	Utilizar los elementos de protección personal adecuadamente y en todo momento
2	Prestar atención al trabajo realizado
3	Usar las herramientas indicadas y cuidar de ellas
4	Transitar con atención
5	No quitar ninguna protección de seguridad o señales de peligro sin autorización
6	Corregir o dar aviso de cualquier condición peligrosa e insegura
7	Mantener el orden y la vigilancia durante el trabajo
8	Seguir las instrucciones indicadas en esta ficha, en caso de duda preguntar al Supervisor a cargo

	PROCEDIMIENTOS DE LA ACTIVIDAD
1	Inspeccionar las uniones de los grating presentes tanto en escaleras como en las plataformas
2	Ocupar el larga vista en lugares poco accesibles
3	Tomar una fotografía del lugar (alrededores) donde se encuentren detalles en las uniones y requieran de mantención
4	Tomar una fotografía específica de la sección con detalles
5	Anotar en la libreta el número de la fotografía tomada
6	Tomar apunte de las coordenadas de la fotografía, indicando el número de columna y elevación
7	Anotar el tipo de detalle que se presanta en las uniones

RECURSOS

NÓMINA DE TRABAJO

CANTIDAD	PERSONAL	COSTO UNITARIO X HORA	COSTO X HORA DE ACTIVIDAD
1	Supervisor de Mantenimiento	$ 7.500	$ 60.000
1	Mantenedor	$ 3.750	$ 30.000

HERRAMIENTAS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO DE COMPRA	COSTO TOTAL
1	Cámara fotográfica	$ 130.000	$ 130.000
2	Largavista monocular	$ 15.900	$ 31.800

MATERIALES

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Libreta de notas	$ 3.000	$ 6.000
2	Lápiz	$ 500	$ 1.000
		COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD	**$ 258.800**

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en USM, 2019