

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**MONTAJE DE VIROLAS Y DEL SISTEMA DE
ACCIONAMIENTO MECANICO DE UN HORNO
ROTATORIO EN UNA PLANTA CEMENTERA**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO**

HENRY ROBERTO DIONISIO PADILLA

PROMOCIÓN 2009-II

LIMA-PERÚ

2 013

ÍNDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

| | | |
|------|---------------|---|
| 1.1. | ANTECEDENTES | 3 |
| 1.2. | OBJETIVOS | 4 |
| 1.3. | JUSTIFICACIÓN | 4 |
| 1.4. | ALCANCES | 4 |
| 1.5. | LIMITACIONES | 6 |

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DEL HORNO ROTATIVO, EQUIPOS DE MONTAJE Y ELEMENTOS DE MANIOBRA.

| | | |
|--------|---|----|
| 2.1. | DEFINICIÓN | 7 |
| 2.2. | MECANISMOS DE ACCIONAMIENTO | 10 |
| 2.2.1. | <u>Equipos Complementarios Del Horno Rotativo</u> | 10 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.2.2. | <u>Datos Técnicos De La Planta</u> | 10 |
| 2.2.3. | <u>Precalentadores</u> | 11 |
| 2.2.4. | <u>Enfriadores De Aire</u> | 12 |
| 2.2.5. | <u>Horno Rotativo</u> | 13 |
| 2.3. | ENSILADO: ALMACENAMIENTO, ENSACADO Y EXPEDICIÓN DE CEMENTO | |
| 2.3.1. | <u>Almacenamiento, Ensacado y Expedición de Cemento</u> | 17 |
| 2.4. | EQUIPOS DE MONTAJE | |
| 2.4.1. | <u>Grúas Móviles</u> | 18 |
| 2.6. | ELEMENTOS DE MANIOBRA | |
| 2.6.1. | <u>Cables De Acero</u> | 21 |
| 2.6.2. | <u>Eslingas</u> | 23 |
| 2.6.3. | <u>Accesorios de Izaje</u> | 26 |

CAPÍTULO III

PROCEDIMIENTO DE DESMONTAJE MECÁNICO DE HORNO

3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS.

| | | |
|--------|---------------------------------|----|
| 3.1.1. | <u>Sistema De Accionamiento</u> | 30 |
|--------|---------------------------------|----|

| | | |
|--------|--|----|
| 3.1.2. | <u>Sellos De Ingreso Y Salida</u> | 30 |
| 3.1.3. | <u>Tramos De Virolas A Desmontar</u> | 31 |
| 3.2. | RECURSOS | |
| 3.2.1. | <u>Equipos y Herramientas</u> | 37 |
| 3.3. | DESARROLLO | |
| 3.3.1. | <u>Trabajos Previos a la modificación general del Horno</u> | 39 |
| 3.4. | SECUENCIA DE DESMONTAJE DEL HORNO | 44 |
| 3.5. | MODO DE ACEPTACIÓN | 57 |

CAPÍTULO IV

PROCEDIMIENTO DE MONTAJE MECÁNICO DEL HORNO

| | | |
|--------|---|----|
| 4.1. | ANALISIS DEL PROBLEMA DE MONTAJE | 58 |
| 4.2. | RECURSOS | 59 |
| 4.2.1. | <u>Equipos y Herramientas</u> | 59 |
| 4.3. | EJECUCIÓN | 61 |
| 4.3.1. | <u>Trabajos Previos al Montaje</u> | 61 |
| 4.3.2. | <u>Secuencia de Montaje</u> | 65 |

| | |
|--------------------------------|-----------|
| 4.4. MODO DE ACEPTACIÓN | 80 |
|--------------------------------|-----------|

CAPÍTULO V

CONTROL DE CALIDAD MONTAJE.

| | |
|---|------------|
| 5.1. ACCIONAMIENTO PARA GIRO, ALINEAMIENTO Y SOLDEO DE VIROLAS | 81 |
| 5.1.1. <u>Consideraciones Para La Memoria De Cálculo</u> | 82 |
| 5.1.2. <u>Descripción De Actividades</u> | 83 |
| 5.1.3. <u>Datos Del Accionamiento</u> | 84 |
| 5.1.4. <u>Descripción Del Cálculo</u> | 85 |
| 5.1.5. <u>Cálculo De La Potencia Requerida A Partir De La Inercia Referida Al Eje Del Horno</u> | 88 |
| 5.1.6. <u>Cálculo De La Potencia Requerida Teniendo En Cuenta Los Diferentes Elementos Resistentes En Los Apoyos Del Horno</u> | 95 |
| 5.1.7. <u>Evaluación De Un Motoreductor Alimentado Con Un Variador De Velocidad</u> | 102 |
| 5.1.8. <u>Cálculo De Disipación Térmica Del Motor</u> | 106 |
| 5.1.9. <u>Resultados Del Estudio</u> | 107 |

| | |
|--|------------|
| 5.2. INSTRUCTIVO DE CORTE Y BISELADO DE VIROLAS EXISTENTES DEL HORNO. | |
| 5.2.1. <u>Recursos</u> | 108 |
| 5.2.2. <u>Ejecución</u> | 109 |
| | |
| 5.3. PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE VIROLAS DEL HORNO | |
| 5.3.1. <u>Desarrollo</u> | 123 |
| 5.3.2. <u>Recursos</u> | 145 |
| | |
| 5.4. ALINEAMIENTO DE VIROLAS B-C. | |
| 5.4.1. <u>Actividades Desarrolladas</u> | 146 |
| 5.4.2. <u>Alineamiento Y Soldeo De Virolas B-C</u> | 148 |

CAPITULO VI

ESTRUCTURA DE COSTOS

| | |
|---|------------|
| 6.1. COSTOS DE MATERIALES | 179 |
| 6.2. COSTO TRABAJOS POR SUBCONTRATAS | 180 |
| 6.3. COSTO DE MANO DE OBRA | 181 |
| 6.4. COSTO DE EQUIPOS DE MONTAJE | 182 |

| | |
|---------------------|------------|
| CONCLUSIONES | 185 |
| BIBLIOGRAFÍA | 188 |
| PLANOS | 189 |
| ANEXOS | 190 |

PROLOGO

El presente informe este basado montaje y desmontaje de componentes de un Horno Horizontal para la producción de Clinker. El desarrollo del trabajo se ha subdividido en cinco capítulos que se describen brevemente a continuación:

A continuación se muestra de manera general el desarrollo del presente informe en VI capítulos, los cuales son:

En el **Capítulo I** “INTRODUCCION”, se indica cual es el objetivo del informe, especificando que es lo que se desea alcanzar en el informe, el alcance y las limitaciones de las actividades que se desarrollan.

En el **Capítulo II** “DESCRIPCIÓN DEL HORNO ROTATIVO, EQUIPOS DE MONTAJE Y ELEMENTOS DE MANIOBRA”, se hace una descripción de los tipos de horno rotativos, elementos que lo componen y los equipos principales de una planta cementera.

En el **Capítulo III** “PROCEDIMIENTO DE DESMONTAJE MECANICO DE HORNO”, se indica el procedimiento de desmontaje del horno y los elementos a desmontar.

En el **Capítulo IV** “PROCEDIMIENTO DE MONTAJE MECÁNICO DEL HORNO”, se indica el procedimiento la secuencia de procedimiento de montaje de los componentes del horno.

En el **Capítulo V** “CONTROL DE CALIDAD MONTAJE”, se indica el accionamiento de giro del horno para el alineamiento y soldeo de las virolas, el corte y biselado de las virolas y los procedimientos de soldadura de las virolas.

En el **Capítulo VI** “ESTRUCTURA DE COSTOS”, se describe mostramos los costos de los recursos como materiales, mano de obra, desmontaje y montaje del horno.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Debido al crecimiento de la demanda del cemento por la construcción de tantos proyectos y el progreso del país, empresa cementera se vio en la necesidad de implementar su planta.

El proyecto integral comprende la modificación del Horno, para incrementar su actual producción de 3,400 t-clk/día a 7,500 t-clk/día, la parte principal del proyecto, lo conforman la ampliación de capacidad del Horno propiamente dicha y la modificación parcial del horno.

La ampliación se debe a la demanda del mercado, por el aumento de obras civiles y para así apoyar al desarrollo del país.

1.2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este informe es la modificación del sistema de accionamiento, incluyendo el cambio de catalina, instalación de dos piñones con sus respectivos accionamiento, cambio de la llanta N° 1(lado norte) y de su correspondiente sistema de empuje axial y se incluye el cambio de 43.1 m de tubo de horno (10.44 m de acuerdo a lo requerido por FLSmidth), así como para evitar una transición brusca de espesores y finalmente 32.333 m por mantenimiento, debido a desgaste.

Definir los lineamientos y secuencias a seguir en el desmontaje de los diversos elementos, sectores y partes del Horno correspondiente, en el plazo estipulado, a la vez considerando turno día y turno noche.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Debido a la gran demanda de la producción de cemento, la empresa cementera está aumentando su capacidad de producción y como respuesta a esto, el Horno va sufrir unos cambios de componentes debido a desgaste de sus partes y por recomendación de FLSmidth.

1.4. ALCANCES

El presente informe abarca el desmontaje y montaje de elementos mecánicos del Horno.

En la maniobras de desmontaje se incluyen secciones de virolas, retiro de cono, sello de ingreso y salida y el sistema de accionamiento. A continuación se detalla el alcance de desmontaje del Horno:

- Retiro de catalina.
- Retiro de sistema de accionamiento.
- Desmontaje de 7 tramos o virolas del Horno existente con un peso promedio de 45 Ton.
- Desmontaje de 2 tramos o virolas reutilizables del Horno.
- Retiro de sellos de ingreso y salida del Horno.

Para el procedimiento de montaje se aplica las actividades de reemplazo de equipos y elementos del Horno, modificación del sistema de accionamiento, cambio de catalina, cambio de 43.1 m. de virola, reemplazo de cono y sello de ingreso y salida.

Las exclusiones son:

- Demolición y eliminación de refractario.
- Desconexión de sistema eléctrico y retiro de cables y bandejas eléctricas, (por otros).
- Desconexión y retiro de sistema de combustible y lubricación.
- Desmontaje de elementos estructurales-pasarelas.
- Montaje de refractario.

1.5. LIMITACIONES

Por aspecto de confidencialidad en el presente informe de suficiencia se ha cambiado los nombres de los involucrados del proyecto.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DEL HORNO ROTATIVO, EQUIPOS DE MONTAJE Y ELEMENTOS DE MANIOBRA.

2.1 DEFINICIÓN

Consiste en un cilindro de acero, recubierto en su interior por ladrillos refractarios, que se encuentran ligeramente inclinado respecto a la horizontal (menos de 10 grados) y gira lentamente, a velocidades inferiores a 5 r.p.m.

El cilindro cuenta con llantas de acero que se apoyan sobre rodillos.

Estos rodillos soportan el peso del horno y su carga. Absorbiendo dicho peso según dos componentes, la de mayor importancia es perpendicular al eje del horno y la otra, de mucho menor valor, paralela al eje del horno. La componente perpendicular es absorbida en cada llanta mediante dos rodillos, con ejes paralelos al horno, denominados de apoyo. La componente axial es soportada por un rodillo, de eje perpendicular al del horno, denominado de empuje.

La cantidad de llantas y los consiguientes apoyos dependen de la longitud del horno, en general, se puede señalar que las llantas se encuentran

distanciadas entre sí de 25 a 30 metros. El movimiento rotativo del horno es impulsado por uno o dos piñones acoplados a una corona (rígidamente vinculada al cilindro de acero). Generalmente el motor que produce la rotación es eléctrico, del tipo asíncrono o de corriente continua y a través de un reductor de velocidad moviliza al piñón.

El calentamiento del horno se efectúa con gases calientes que se producen por la combustión de un quemador, de gas, fuel-oíl, u otros combustibles. Habitualmente el quemador se ubica en el extremo más bajo. En la punta opuesta del horno se ubica la chimenea por donde se evacuan los gases del mismo.

Esto significa que el extremo inferior del horno, donde se ubica el quemador, es la zona más caliente. Estos gases producidos van recorriendo el horno y entregando su calor, saliendo por el extremo opuesto. El material a procesar es alimentado por el extremo superior del horno (lado de la chimenea), mediante dispositivos apropiados tales como roscas transportadoras, rampas, etc. A consecuencia de la inclinación y rotación del horno, el material se desplaza a lo largo del mismo hasta el extremo inferior (lado del quemador), donde sale a través de la boca de descarga. El material circula a contracorriente con respecto al calor.

Los hornos rotativos son muy importantes para la fabricación del Clinker que es su materia prima para la preparación del cemento que consiste

en la calcinación de la caliza hasta una temperatura de 1400 °C es quemado por un quemador, luego pasa a un enfriador.

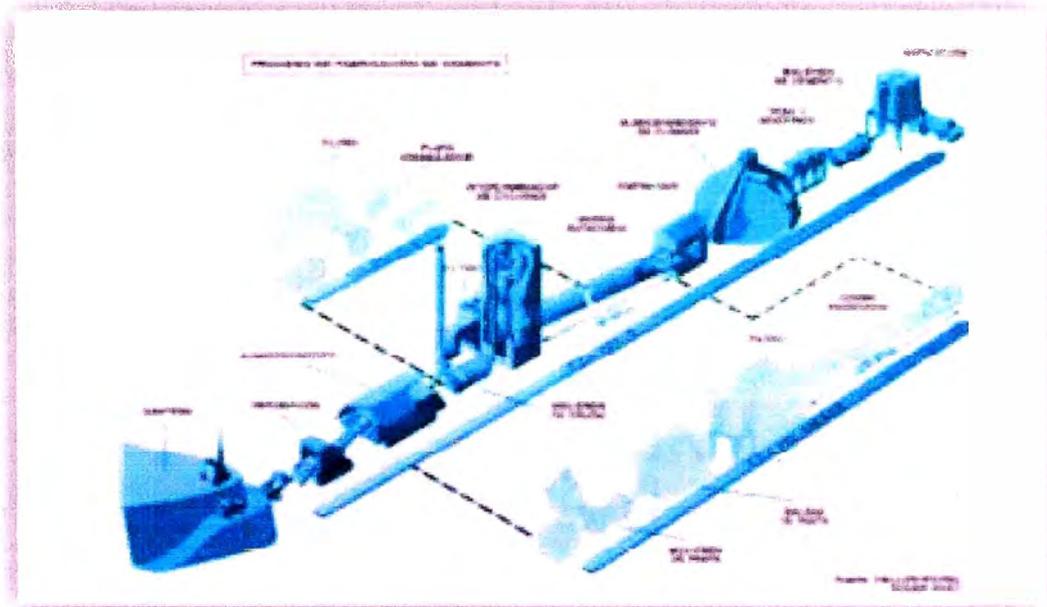


Figura 2.1: Esquema de proceso de fabricación de cemento.

2.2. MECANISMOS DE ACCIONAMIENTO

2.2.1. Equipos Complementarios Del Horno Rotativo

Los modernos hornos rotativos de cemento Portland cuentan con Precalentadores del material entrante, aprovechando los gases calientes que salen del mismo, para efectuar el intercambio de calor con el material que ingresa al horno.

Por otra parte, a la salida del material, pasa a un equipo denominado Enfriador.

2.2.2. Datos Técnicos De La Planta

A continuación se detallan los principales términos de producción y consumo de la planta.

- Capacidad producción de clinker al año = 745.904 Tn
- Capacidad producción de cemento al año = 946.893 Tn
Mercado nacional = 830.622 Tn
Exportación = 116.271 Tn
- Horas de funcionamiento del horno al año = 8030 h/año
- Rendimiento Tn clinker/día = de 3400 Tn clinker/día a 7500 Tn clinker/día
- Tipos de cemento fabricados:
 - CEM II/B-M (V-S-LL) 42,5 R

- CEM I 52,5 R
- CEM II/A-LL 42,5 R
- CEM III/A 42,5 N/SR
- CEM IV/B (V) 32,5 N

2.2.3. Precalentadores

Durante los años 30 se produjo la invención del intercambiador de calor de ciclones o precalentador en suspensión, el cual supuso un gran avance para el proceso de fabricación del cemento, el precalentamiento del crudo se da gracias a la suspensión de este con los gases calientes que salen del horno rotativo.

Existen varios tipos de precalentadores en suspensión, que principalmente poseen entre cuatro y seis etapas de ciclones, que están suspendidos uno sobre otro en torres que van desde los 50 hasta los 150 metros de altura. Los gases que salen del horno rotativo, que se encuentra en la parte inferior del precalentador, atraviesan cada una de las etapas de ciclones en sentido ascendente.

Estos precalentadores se usan para calentar el material que va a entrar al horno rotativo, a efectos de lograr un mayor rendimiento térmico del proceso y economizar combustible.

Existen precalentadores de distintos tipos, pero todos se basan en aprovechar los gases calientes que salen del horno e intercambiar

su calor en forma directa con el material ingresante al horno en grandes torres que cuentan con ductos y ciclones. El material ingresa al horno a una temperatura aproximada de 800°C.

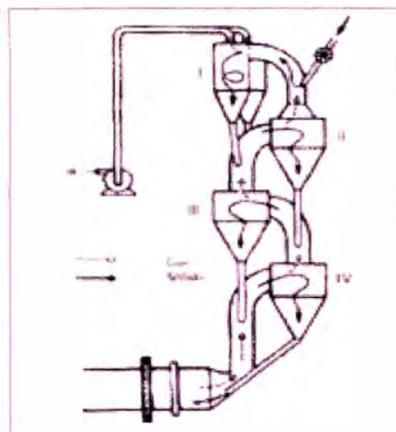


Figura 2.2: Intercambiador de ciclones de cuatro etapas.

2.2.4. Enfriadores De Aire

Los conforman ventiladores que absorben aire desde el exterior que pasa a través del material y lo enfría hasta bajar a una temperatura aproximada 100°C.

A la salida del enfriador pasa a través de un molino de martillos que reduce las partículas grandes de clinker. En la Figura N° 2.3 se esquematiza un enfriador de aire.

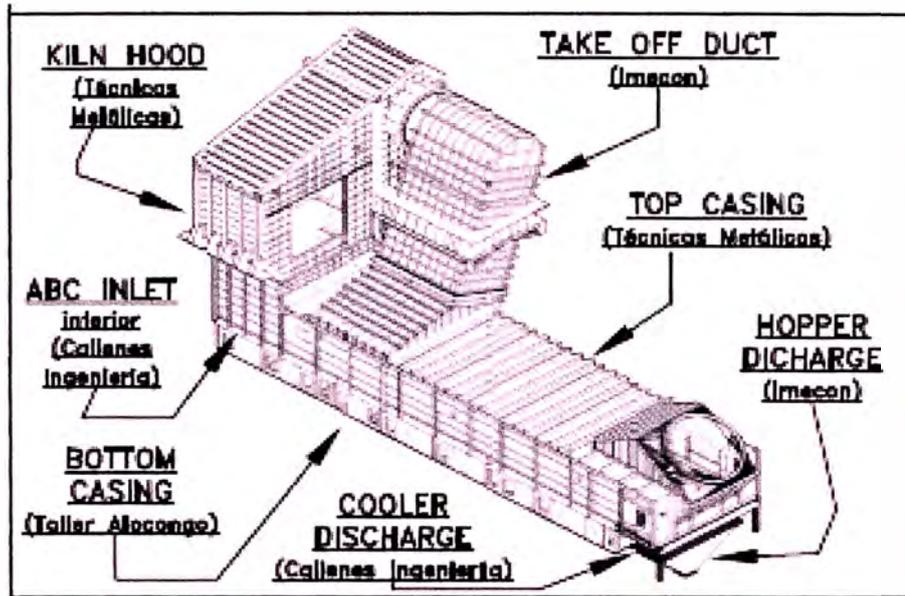


Figura 2.3: Esquema de proceso de fabricación de cemento.

2.2.5. Horno Rotativo

El horno va calentando el material hasta el punto de llegar a alcanzar temperaturas de 1400 o 1500 °C.

El tiempo de cocción también es algo muy importante a tener en cuenta en este proceso, ya que si la cocción es insuficiente, puede quedar cal sin combinar, lo cual puede ser perjudicial para el cemento que se produzca. Dicho tiempo de cocción se gradúa modificando la velocidad de rotación del horno.

El horno utilizado en la planta funciona de forma continua. El combustible que se utiliza principalmente en el quemador es principalmente el coque de petróleo aunque para el encendido de este se utiliza fuelóleo.

El horno rotativo posee una longitud de 55 metros y 4 metros de diámetro. La velocidad máxima de rotación que puede llegar a alcanzar es 3,4 revoluciones por minuto. Está sujetado por tres puntos de apoyo y posee una pendiente de un 3,5 %. Además, es de tipo refractario, es decir, va recubierto en toda su longitud con ladrillos refractarios de diferentes calidades para proteger la chapa de las diferentes cargas térmicas.



Figura 2.4: Esquema de proceso de fabricación de cemento.

2.2.5.1. Tipos De Hornos

Hay los siguientes tipos principales de cilindros para hornos rotatorios.

La ampliación de las zonas tiene por objeto prolongar el tiempo de permanencia, con el correspondiente descenso de velocidad de los gases y así mejorar la transmisión de calor al material. Sin embargo, por esas zonas se producen diferentes tiempos de paso del material a lo largo del horno, que generan desplazamiento irregulares de aquel que influye desfavorablemente, en la explotación del horno. En la transición de las secciones ampliadas a las que no lo han sido se producen retenciones de material, que ocasionan rozamientos y producen polvo. La realización de las piezas de transición es más cara que la de las virolas cilíndricas. El vestido de material refractario de las zonas de transición es complicado, costoso en trabajo humano y exige configuraciones especiales para los ladrillos. Una forma especialmente desfavorable, bastante usual, presenta estrechada la zona de salida del horno. Tal solución conduce únicamente a un enfriamiento parcial del Clinker en el horno y a la rápida inutilización del revestimiento refractario en esa sección.

Tanto la experiencia práctica como las consideraciones teóricas han llevado a la conclusión que la forma más favorable del horno es aquella en que se han suprimido las ampliaciones o los estrechamientos de la sección. Los hornos rotatorios dotados con intercambiadores de calor muestran ya, en todas partes, sección unitaria. La experiencia de malos resultados con hornos de secciones diferentes ha llevado también a la industria del cemento de la Unión Soviética a construir hornos de diámetro único.

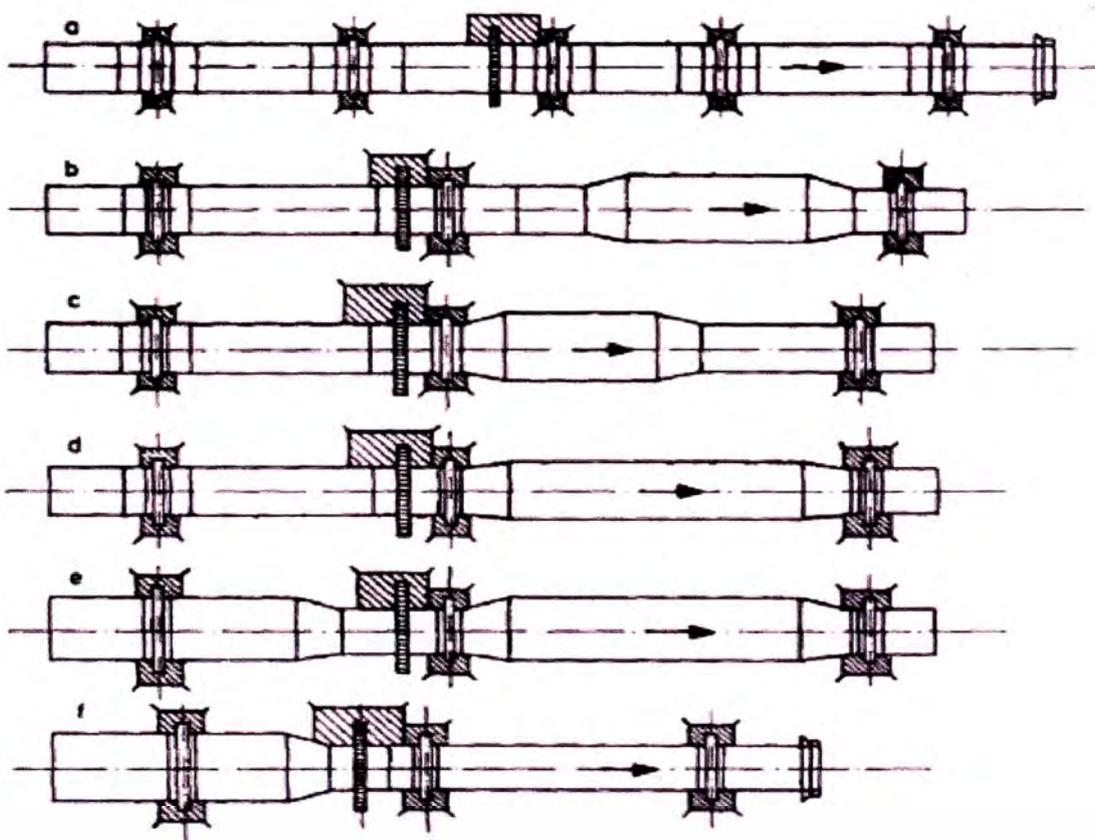


Figura 2.5: Tipos de horno rotatorio.

- a. Horno rotatorio con diámetro unitario.
- b. Horno rotatorio con zona de clinkerización ensanchada.
- c. Horno rotatorio con zona de calcinación ensanchada.
- d. Horno rotatorio con zonas clinkerización y calcinación ensanchadas.
- e. Horno rotatorio con zonas de desecación, calcinación y clinkerización ensanchadas (vía húmeda).
- f. Horno rotatorio desecación o precalentamiento ensanchadas (horno largo vía seca o vía húmeda).

2.3. ENSILADO: ALMACENAMIENTO, ENSACADO Y EXPEDICIÓN DE CEMENTO

2.3.1. Almacenamiento, Ensacado y Expedición de Cemento

El cemento molido, debe ser transportado a los silos de almacenamiento para que pueda ser suministrado a granel o a la zona de ensacado.

La forma de transportar el cemento a los silos se puede hacer tanto mecánicamente como neumáticamente. Normalmente, hacerlo de forma mecánica supondrá un mayor coste de operación que hacerlo de manera neumática. En el caso de la planta en estudio, se realiza mecánicamente; el cemento se lleva por medio de bandas transportadoras que son dirigidas hasta los silos de almacenamiento,

lugar de donde se extrae para ser introducido en sacos o a granel en los camiones que la empresa dispone.

Aunque normalmente se necesitan varios silos para almacenar cada tipo diferente de cemento, los diseños actuales permiten almacenar más de un tipo en cada silo, como en el caso de la planta cementera en estudio, la cual cuenta con once silos de almacenamiento, los cuales pueden almacenar hasta dos tipos de cementos diferentes y una capacidad máxima de 16.000 toneladas.



Figura 2.6: Silos de almacenamiento.

2.4. EQUIPOS DE MONTAJE

2.4.1. Grúas Móviles

Los primeros medios para transportar y elevar cargas fueron las palancas rodillos y planos inclinados. La construcción de grandes

obras con este equipamiento requería un elevado número de personas. Por ejemplo, la pirámide de Cheops fue construida en el siglo XXII a.C. en un tiempo aproximado de veinte años, estando ocupadas de manera continua alrededor de cien mil personas.

Un vehículo, caracterizado por poseer un chasis especialmente resistente, aloja en su parte posterior un aparato constituido básicamente por una pluma, fija o extendible.

En la actualidad existen dos motores independientes, de los cuales el primero acciona el movimiento del vehículo. El segundo motor es el encargado de realizar todos los movimientos de elevación y transporte.

Existe una tendencia a introducir un solo motor que opera tanto en los movimientos de vehículo como en los de grúa. De esta forma se consigue disminuir el ya elevado peso propio del aparato.

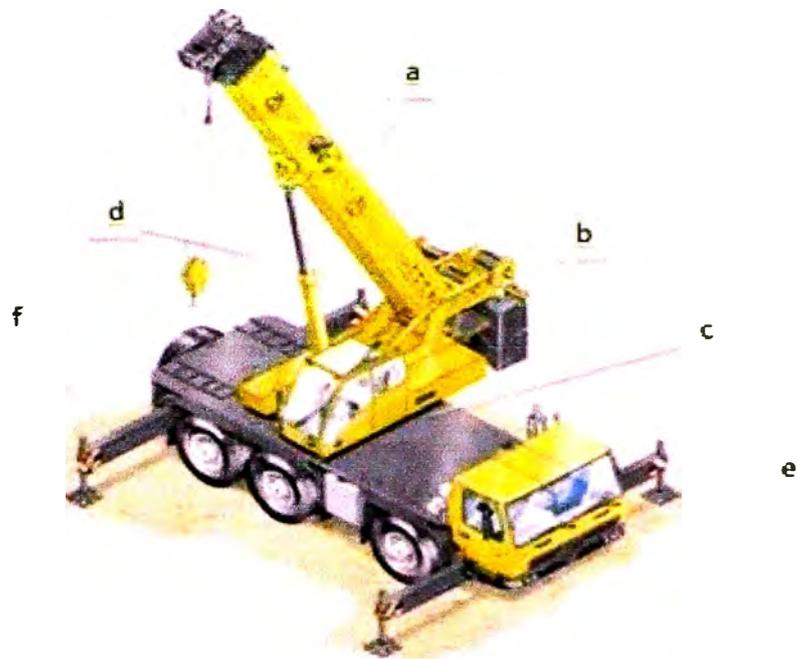


Figura 2.7: Partes de una grúa hidráulica.

- a. Pluma
- b. Contrapeso
- c. Estructura giratoria de base
- d. Cilindro elevación pluma
- e. Estabilizadores anteriores
- f. Estabilizadores posteriores

2.6. ELEMENTOS DE MANIOBRA

2.6.1. Cables De Acero

2.6.1.2. Características Fundamentales

Diámetro; Se considera diámetro de un cable a la circunferencia circunscrita a la sección del mismo, expresado en milímetros (mm).

Cuando un cable nuevo entra en servicio, los esfuerzos que soporta le producen una disminución del diámetro, acompañada de un aumento en su longitud, a causa del asentamiento de los distintos elementos que forman el cable. Esta disminución de diámetro es mayor cuanto mayor es la proporción de fibra textil que lo forma.

Composición; Combinando la disposición de los alambres y los cordones se obtienen cables de composiciones muy diversas. Los fabricados con alambres gruesos resisten bien el desgaste por rozamiento, pero tienen una gran rigidez y son poco resistentes a la flexión. Los cables compuestos por un gran número de alambres finos son muy flexibles, pero poco resistentes al rozamiento y a la corrosión.

Almas o núcleos; El alma del cable es el soporte de tamaño y consistencia apta para ofrecer un apoyo firme a los cordones, de modo que, incluso a la máxima carga no lleguen a entallarse los alambres de cordones entre sí.

Generalmente, el alma de los cables es de fibra textil, pero en determinados casos es más indicado utilizar alma metálica.

Tipos De Cables; Los cables también se pueden clasificar según su estructura y características más destacadas en los siguientes grupos:

- Cables espirales o cordones
- Cables normales
- Cables de igual paso
- Cables de cordones triangulares
- Cables anti giratorios
- Cables guardines
- Cables planos
- Cables semicerrados y cerrados

La implementación del plan de inspección debe tener en cuenta en detalle todos los criterios de una Norma específica cuidadosamente estudiada (p. ej.: ASME B.30, IRAM 3923, ISO 4309, etc.).

2.6.2. Eslingas

Es un tramo relativamente corto de material polyester flexible y resistente, con extremos en forma de ojales, preparados para sujetar cargamento y unirlo con el equipo de izamiento. Se trata de una herramienta útil, para el levantamiento de cargas. Sin embargo, también puede hacer uso de una eslinga para transmitir esfuerzos de tracción y distintos izamiento de cargas.

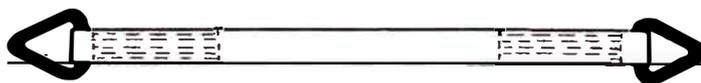
Especialmente útiles resultarán las eslingas construidas en cintas de poliéster de alta tenacidad, clase 7 de 9800 libras por pulgada de ancho y resistencia a la ruptura. Estas eslingas cumplen con las normas internacionales (EN 1492-1). Las capacidades de carga van de 1 a 33,5 toneladas, en eslingas desde 25 mm a 250 mm de ancho.



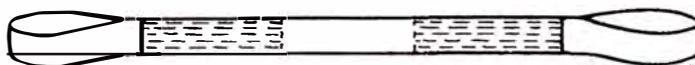
Figura 2.8: Eslinga de Polyester.



TYPE I Sling made with a triangle fitting on one end and a slotted triangle choker fitting on the other end. It can be used in a vertical, basket, or choker hitch.



TYPE II Sling made with a triangle fitting on both ends. It can be used in a vertical or basket hitch only.



TYPE III Sling made with a flat loop eye on each end with loop eye opening on same plane as sling body. This type of sling is sometimes called a flat eye end eye, eye and eye, or double eye sling.



TYPE IV Sling made with both loop eyes formed as in Type III, except that the loop eyes are turned to form a loop eye which is at a right angle to the plane of the sling body. This type of sling is commonly referred to as a twisted eye sling.



TYPE V Endless sling, sometimes referred to as a grommet. It is a continuous loop formed by joining the ends of the fabric together with a splice.



TYPE VI Return eye (reversed eye) sling is formed by using multiple widths of webbing held edge to edge. A wear pad is attached on one or both sides of the sling body and on one or both sides of the loop eyes to form a loop eye at each end which is at a right angle to the plane of the sling body.

Figura 2.9: Diferentes tipos de eslingas.

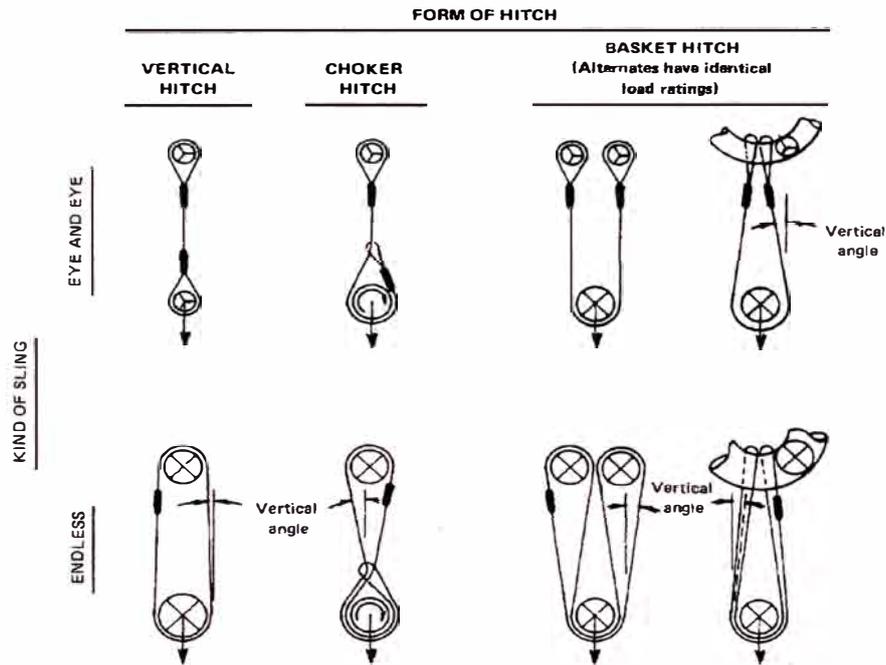


Figura 2.10: Formas de amarre.

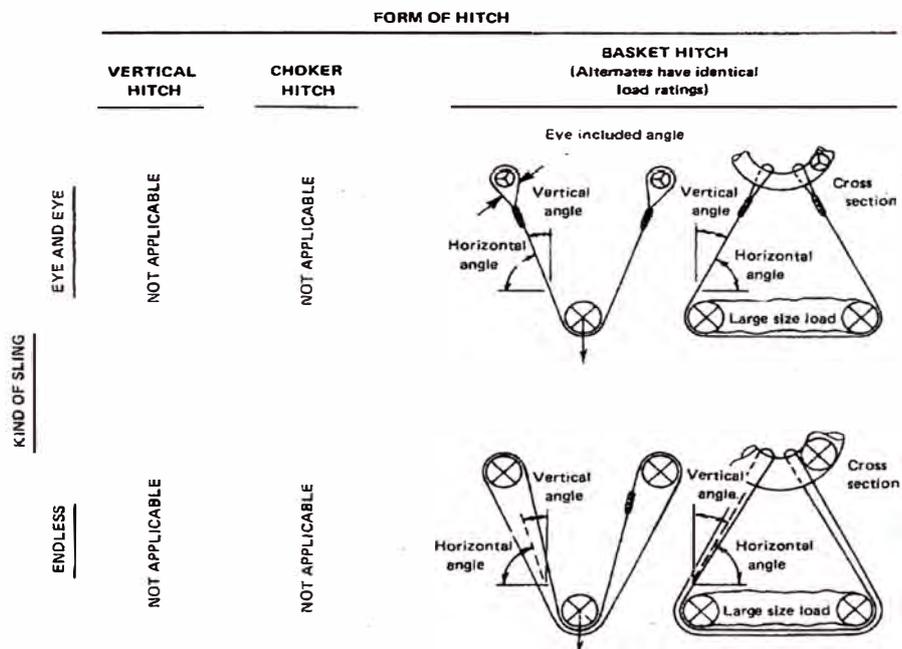


Figura 2.11: Formas de amarre

2.6.3. Accesorios de Izaje

2.6.3.1. Estrobos

Un estrobo es un tramo relativamente corto de un material flexible y resistente (típicamente cable de acero), con sus extremos en forma de “ojales” debidamente preparados para sujetar una carga y vincularla con el equipo de izaje que ha de levantarla, de modo de constituir una versátil herramienta para el levantamiento de cargas.

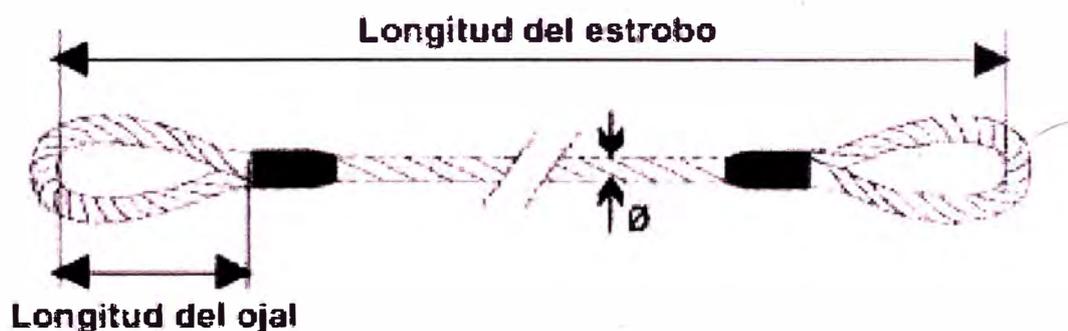


Figura 2.11: Estrobo de acero.

Los ojales pueden estar unidos de otro tipo de accesorios, y combinarse de múltiples formas, generando distintas configuraciones o modelos de estrobos. En un sentido más amplio, los estrobos pueden llevar en sus extremos otras terminaciones distintas del ojal, tales como terminales de vaciado (“sockets”), de prensado, etc. También muchas veces un estrobo se usa para transmitir esfuerzos de tracción distintos del izaje de cargas, por

ejemplo en elementos de máquinas, remolques, etc.

2.6.3.2. Grilletes

Diseño, la capacidad de reserva teórica de los grilletes al carbono y de los grilletes de aleación deberá ser como mínimo de 5 a 1 conocido como el FACTOR DE DISEÑO. La carga de ruptura es la fuerza promedio a la cual el producto se rompe y no soporta la carga, generalmente se calcula multiplicando la carga de trabajo del catálogo por el factor de diseño. La carga límite de trabajo es la masa o fuerza máxima que el producto está autorizado a soportar en usos generales. El factor de diseño generalmente se expresa como una relación de 5 a 1. Es importante también en el diseño de grilletes la elección del acero apropiado para que respalde las propiedades de fatiga.

Forjado en dado cerrado, el rendimiento apropiado de los grilletes de primera calidad depende de buenas técnicas de fabricación que incluyen una forja apropiada y un maquinado preciso. La forja de los grilletes en dado cerrado asegura letras claras, un flujo superior de su estructura molecular y una exactitud consistente en las dimensiones. Un cuerpo forjado en dado cerrado permite una mayor sección transversal que, unido al templado y revenido, aumenta la resistencia y la ductilidad.

El templeado y revenido asegura un rendimiento uniforme y maximiza las propiedades del acero. Esto significa que cada grillete cumpla con la resistencia indicada y tenga las propiedades requeridas de ductilidad, dureza, impacto y fatiga. Los requerimientos de su trabajo exigen esta confiabilidad y consistencia. El proceso de templeado y revenido ofrece un material resistente que reduce el riesgo de una ruptura quebradiza y catastrófica. El cuerpo del grillete se deforma si hay sobrecarga, advirtiéndolo de este modo antes de una ruptura.

Aplicaciones, los grilletes con perno recto se pueden usar en amarres, remolques, suspensiones y levantamiento donde la carga se aplica directamente en línea. Los grilletes con perno roscado se pueden usar en cualquier aplicación donde se use un grillete con perno recto.

Además, los grilletes con perno roscado se pueden usar en situaciones que involucran carga lateral. En las aplicaciones con carga lateral se requieren cargas de trabajo reducidas. Los grilletes con perno y tuerca se pueden usar en cualquier aplicación donde se usen grilletes con perno recto o roscado. Además, se recomiendan en instalaciones permanentes o de largo plazo o donde la carga podría deslizarse en el perno del grillete provocando una rotación del perno.

Tabla 2.2: Tabla de diferentes tipos grilletes.

Grilletes Perno Recto Crosby®

Load Rated

Fatigue Rated



MAXTOUGH®

GRILLETES TIPO ANCLA CON PERNO ROSCADO



G-213 S-213

Los grilletes de tipo ancla con perno rosca se usan para aplicaciones de carga estática y dinámica. Se fabrican en acero al carbono conformado al estándar RR C 271D Tipo IVA, Grado A, Clase 2, excepto por las estipulaciones exigidas del contratista. Para mayores informaciones ver página 361.

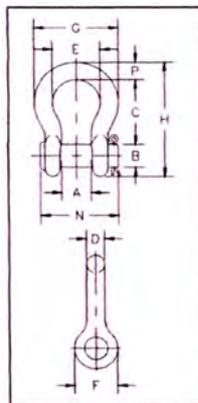
- Capacidad de 1/2 a 55 toneladas métricas
- Forjados, templados y revenidos con pernos de aleación
- Carga límite de trabajo indicada en cada grillete
- Calibreado por inmersión en caliente a de color naranja
- Con factor de seguridad para fatiga
- Los grilletes se pueden suministrar con certificados de prueba de carga, en acero, ABS, DNV, Lloyd, de otras certificaciones. El costo de prueba de carga y la certificación están disponibles al momento de hacer su pedido
- Los grilletes se usan templados y revenidos y cumplen con los requisitos de impacto de DNV de 42 pies a -20°C.
- Busque el permiso bajo Real Pin® en la marca de calidad Crosby®

GRILLETES DE PERNO RECTO Y PASADOR PARA CADENA



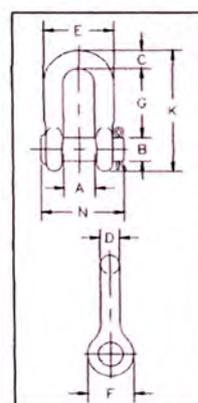
G-215 S-215

Los grilletes de perno recto y pasador para cadena se usan para aplicaciones de carga estática y dinámica. Se fabrican en acero al carbono conformado al estándar RR C 271D Tipo IVA, Grado A, Clase 2, excepto por las estipulaciones exigidas del contratista. Para mayores informaciones ver página 361.



G-213 S-213

| Tamaño Nominal (plg) | Carga límite de trabajo (t) * | No.de parte | | Peso c/u (lbs.) | Dimensiones (plg) | | | | | | | | | | | | | Tolerancia +/- | |
|----------------------|-------------------------------|-------------|---------|-----------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-----|-----|--|----------------|--|
| | | G-213 | S-213 | | A | B | C | D | E | F | G | H | N | P | C | A | | | |
| 1/4 | 1/2 | 1018017 | 1018026 | .13 | .47 | .31 | 1.13 | .25 | .78 | .61 | 1.28 | 1.04 | 1.34 | .25 | .06 | .06 | | | |
| 5/16 | 3/4 | 1018035 | 1018044 | .18 | .53 | .38 | 1.22 | .31 | .84 | .75 | 1.47 | 2.09 | 1.59 | .31 | .06 | .06 | | | |
| 3/8 | 1 | 1018053 | 1018062 | .29 | .66 | .44 | 1.44 | .38 | 1.03 | .91 | 1.78 | 2.49 | 1.88 | .38 | .13 | .06 | | | |
| 7/16 | 1-1/2 | 1018071 | 1018080 | .38 | .75 | .50 | 1.69 | .44 | 1.16 | 1.06 | 2.03 | 2.91 | 2.13 | .44 | .13 | .06 | | | |
| 1/2 | 2 | 1018099 | 1018106 | .71 | .81 | .63 | 1.88 | .50 | 1.31 | 1.19 | 2.31 | 3.28 | 2.38 | .50 | .13 | .06 | | | |
| 5/8 | 3-1/4 | 1018115 | 1018124 | 1.50 | 1.06 | .75 | 2.38 | .63 | 1.69 | 1.50 | 2.94 | 4.19 | 2.91 | .69 | .13 | .06 | | | |
| 3/4 | 4-3/4 | 1018133 | 1018142 | 2.32 | 1.25 | .88 | 2.81 | .75 | 2.00 | 1.81 | 3.50 | 4.97 | 3.44 | .81 | .25 | .06 | | | |
| 7/8 | 6-1/2 | 1018151 | 1018160 | 3.49 | 1.44 | 1.00 | 3.31 | .88 | 2.28 | 2.09 | 4.03 | 5.83 | 3.81 | .97 | .25 | .06 | | | |
| 1 | 8-1/2 | 1018179 | 1018188 | 5.00 | 1.69 | 1.13 | 3.75 | 1.00 | 2.89 | 2.38 | 4.69 | 6.66 | 4.53 | 1.06 | .25 | .06 | | | |
| 1-1/8 | 9-1/2 | 1018197 | 1018204 | 6.97 | 1.81 | 1.25 | 4.25 | 1.13 | 2.91 | 2.69 | 5.16 | 7.47 | 5.13 | 1.25 | .25 | .06 | | | |
| 1-1/4 | 12 | 1018213 | 1018222 | 9.75 | 2.03 | 1.38 | 4.69 | 1.29 | 3.25 | 3.00 | 5.75 | 8.25 | 5.50 | 1.38 | .25 | .06 | | | |
| 1-3/8 | 13-1/2 | 1018231 | 1018240 | 13.25 | 2.25 | 1.50 | 5.25 | 1.42 | 3.63 | 3.31 | 6.38 | 9.16 | 6.13 | 1.50 | .25 | .13 | | | |
| 1-1/2 | 17 | 1018259 | 1018268 | 17.25 | 2.38 | 1.63 | 5.75 | 1.54 | 3.88 | 3.63 | 6.88 | 10.00 | 6.50 | 1.62 | .25 | .13 | | | |
| 1-3/4 | 25 | 1018277 | 1018286 | 29.46 | 2.88 | 2.00 | 7.00 | 1.84 | 5.00 | 4.19 | 8.86 | 12.34 | 7.75 | 2.25 | .25 | .13 | | | |
| 2 | 35 | 1018295 | 1018302 | 45.75 | 3.25 | 2.25 | 7.75 | 2.08 | 6.75 | 4.81 | 9.97 | 13.68 | 8.75 | 2.40 | .25 | .13 | | | |



G-215 S-215

| Tamaño Nominal (plg) | Carga límite de trabajo (t) * | No.de parte | | Peso c/u (lbs.) | Dimensiones (plg) | | | | | | | | | | | | | Tolerancia +/- | |
|----------------------|-------------------------------|-------------|---------|-----------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-----|-----|--|--|----------------|--|
| | | G-215 | S-215 | | A | B | C | D | E | F | G | K | N | G | A | | | | |
| 1/4 | 1/2 | 1018810 | 1018829 | .10 | .47 | .31 | .25 | .25 | .97 | .61 | .88 | 1.59 | 1.34 | .06 | .06 | | | | |
| 5/16 | 3/4 | 1018838 | 1018847 | .18 | .53 | .38 | .31 | .31 | 1.16 | .75 | 1.03 | 1.91 | 1.59 | .06 | .06 | | | | |
| 3/8 | 1 | 1018856 | 1018865 | .25 | .66 | .44 | .38 | .38 | 1.41 | .91 | 1.25 | 2.30 | 1.86 | .13 | .06 | | | | |
| 7/16 | 1-1/2 | 1018874 | 1018883 | .40 | .75 | .50 | .44 | .44 | 1.63 | 1.06 | 1.44 | 2.66 | 2.13 | .13 | .06 | | | | |
| 1/2 | 2 | 1018892 | 1018909 | .50 | .81 | .63 | .50 | .50 | 1.81 | 1.19 | 1.63 | 3.03 | 2.38 | .13 | .06 | | | | |
| 5/8 | 3-1/4 | 1018918 | 1018927 | 1.21 | 1.06 | .75 | .62 | .63 | 2.31 | 1.50 | 2.00 | 3.75 | 2.91 | .13 | .06 | | | | |
| 3/4 | 4-3/4 | 1018936 | 1018945 | 2.00 | 1.25 | .88 | .81 | .75 | 2.75 | 1.81 | 2.38 | 4.53 | 3.44 | .25 | .06 | | | | |
| 7/8 | 6-1/2 | 1018954 | 1018963 | 3.28 | 1.44 | 1.00 | .97 | .88 | 3.19 | 2.09 | 2.81 | 5.33 | 3.81 | .25 | .06 | | | | |
| 1 | 8-1/2 | 1016972 | 1018961 | 4.75 | 1.69 | 1.13 | 1.00 | 1.00 | 3.69 | 2.38 | 3.19 | 5.94 | 4.53 | .25 | .06 | | | | |
| 1-1/8 | 9-1/2 | 1016990 | 1019007 | 6.30 | 1.61 | 1.25 | 1.25 | 1.13 | 4.06 | 2.69 | 3.56 | 6.78 | 5.13 | .25 | .06 | | | | |
| 1-1/4 | 12 | 1019016 | 1019025 | 9.00 | 2.03 | 1.38 | 1.38 | 1.25 | 4.53 | 3.00 | 3.94 | 7.50 | 5.50 | .25 | .13 | | | | |
| 1-3/8 | 13-1/2 | 1019034 | 1019043 | 12.00 | 2.25 | 1.50 | 1.50 | 1.38 | 5.00 | 3.31 | 4.38 | 8.28 | 6.13 | .25 | .13 | | | | |
| 1-1/2 | 17 | 1019052 | 1019061 | 16.15 | 2.38 | 1.62 | 1.62 | 1.50 | 5.38 | 3.62 | 4.81 | 9.06 | 6.50 | .25 | .13 | | | | |
| 1-3/4 | 25 | 1019070 | 1019089 | 29.96 | 2.88 | 2.00 | 2.12 | 1.75 | 6.38 | 4.19 | 5.75 | 10.97 | 7.75 | .25 | .13 | | | | |
| 2 | 35 | 1019098 | 1019105 | 43.25 | 3.25 | 2.25 | 2.00 | 2.10 | 7.25 | 4.81 | 6.75 | 12.28 | 8.75 | .25 | .13 | | | | |

* NOTA: La carga probada máxima es 2.0 veces la carga límite de trabajo. La carga de ruptura es 6 veces la carga límite de trabajo. Sobre la reducción de la carga límite de trabajo debida a aplicaciones de carga lateral, ver la página 68.

CAPÍTULO III

PROCEDIMIENTO DE DESMONTAJE MECÁNICO DE HORNO

3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS.

3.1.1. Sistema De Accionamiento

- Desmontaje de sistema de accionamiento del Horno, 75.000 Kg.
- Desmontaje de Catalina, peso 25.000 kg. Por cada pieza.
- Desmontaje de sistema de empuje axial.

3.1.2. Sellos De Ingreso Y Salida

- Retiro de sello de entrada del Horno (Kiln inlet seal).
- Retiro de sello de salida del Horno (Kiln outlet seal).

3.1.3. Tramos De Virolas A Desmontar

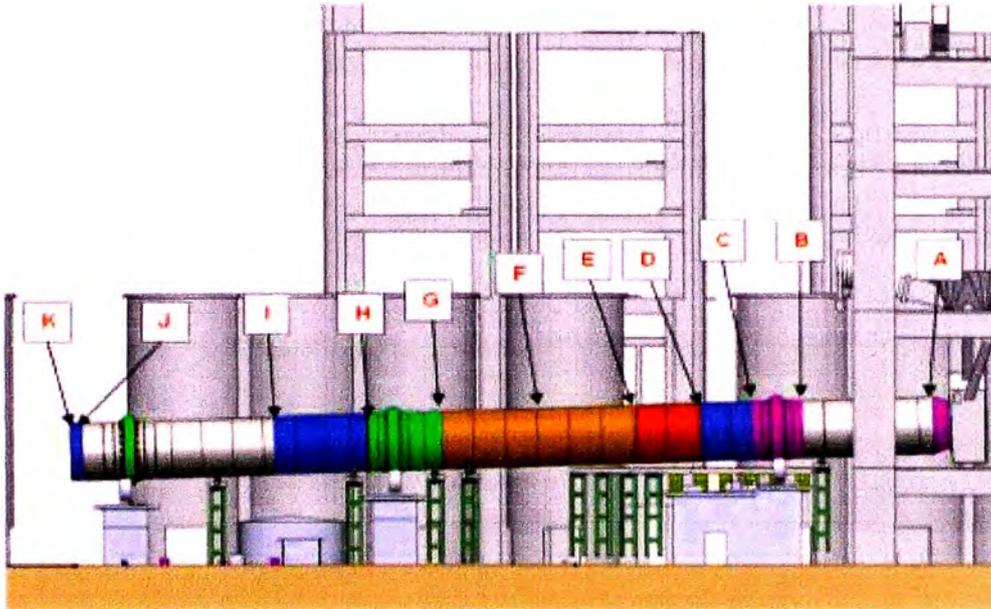


Figura 3.1: Esquema de designación del Horno.

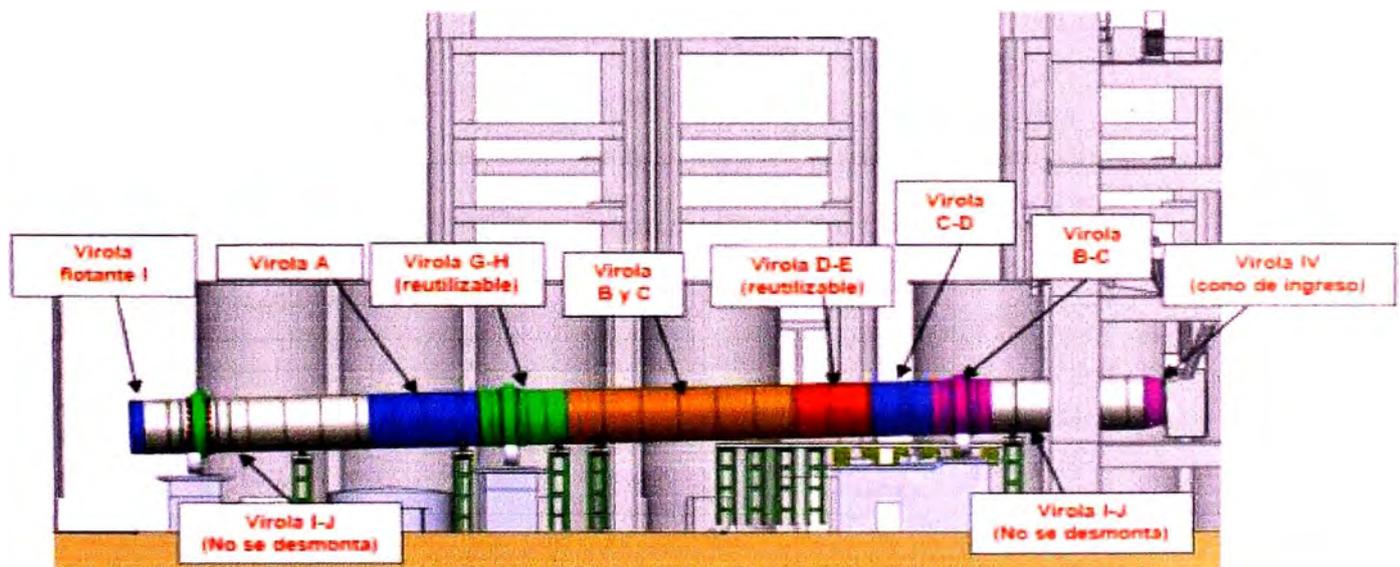


Figura 3.2: Esquema de designaciones por tramos del Horno.

3.1.3.1. Virola Flotante I

Virola existente no reutilizable comprende entre los puntos J – K, tramo de descarga, ver esquema de designaciones del Horno.

Longitud = 1.100m.

Peso de la Virola (sin ladrillo refractario) = 5.526 Kg.

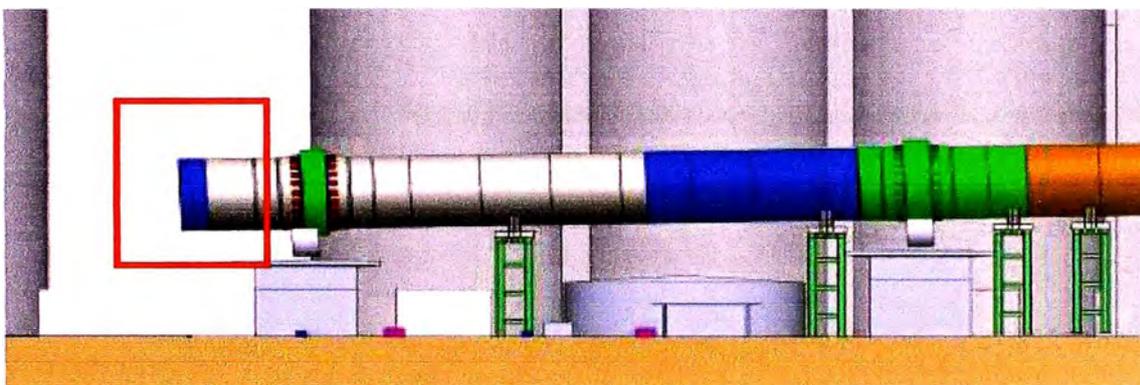


Figura 3.3: Tramo Virola flotante I.

3.1.3.2. Cono de ingreso IV

Virola existente no reutilizable cono de ingreso comprende entre empalme de Kiln riser con punto A, ver esquema de designaciones del Horno.

Longitud = 843 m.

Peso de la Virola (sin ladrillo refractario) =6.500 Kg.

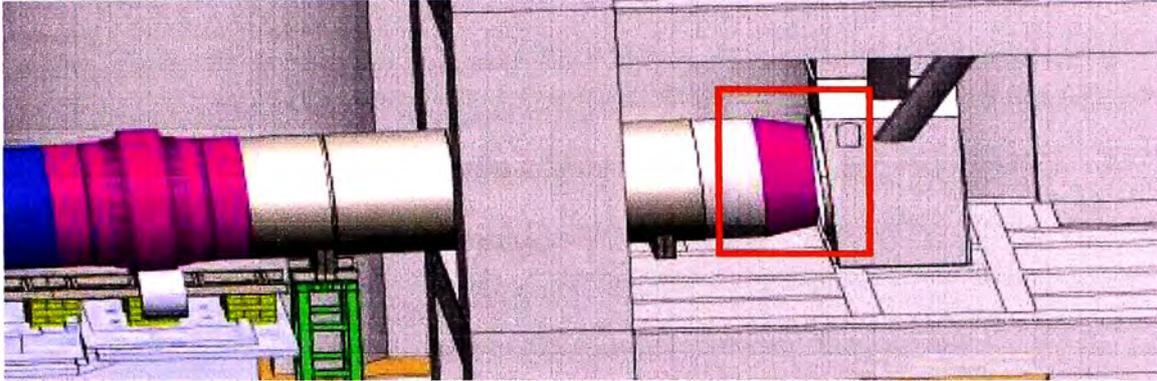


Figura 3.4: Cono de ingreso IV

3.1.3.3. Virola A

Virola existente no reutilizable comprende entre los puntos H – I, ver esquema de designaciones del Horno.

Longitud = 8870 m.

Peso de la Virola (sin ladrillo refractario) = 36.600 Kg.

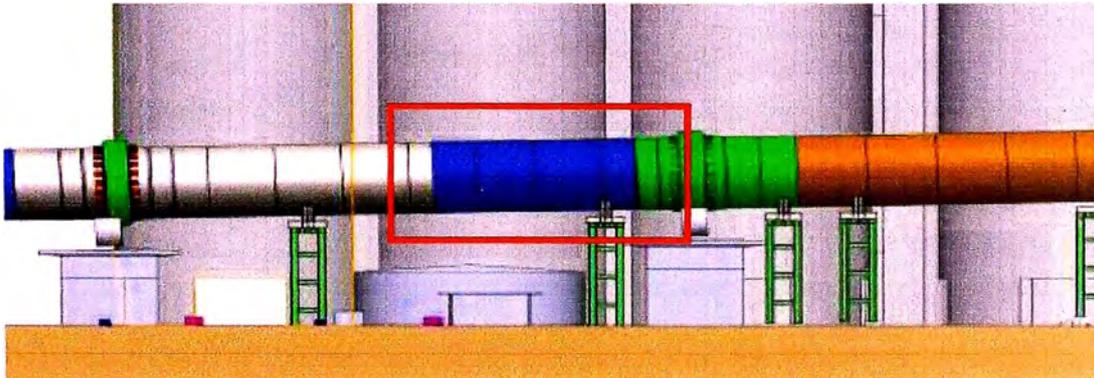


Figura 3.5: Virola A

3.1.3.4. Virola G-H.

Virola existente y reutilizable que comprende entre los puntos de corte G y H incluye la Llanta II reutilizable, ver esquema de designaciones del Horno.

Longitud = 6.970 m.

Peso de Virola (sin ladrillo refractario) = 67.400 Kg.

Peso de la Llanta II = 57.000 Kg.

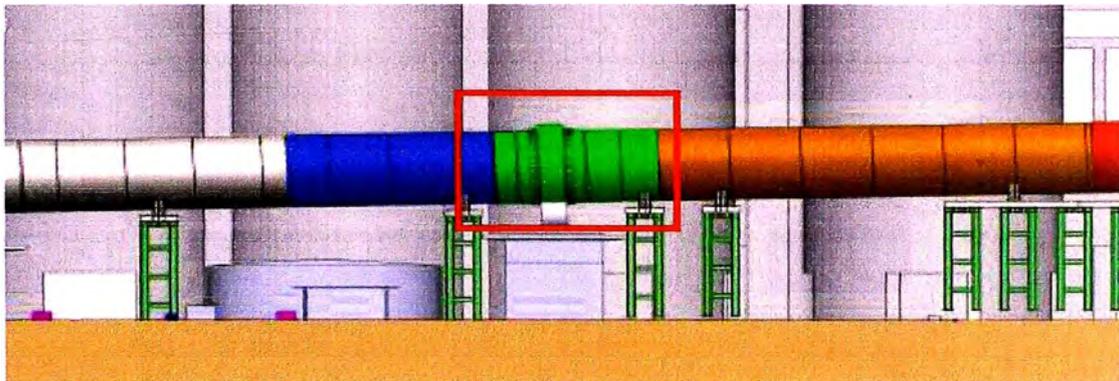


Figura 3.6: Virola G-H

3.1.3.5. Virola B y C

Virola existente no reutilizable comprende entre los puntos de corte E–G, ver esquema de designaciones del Horno.

Longitud = 18.560 m.

Peso de la Virola (sin ladrillo refractario) = 71.600 Kg.

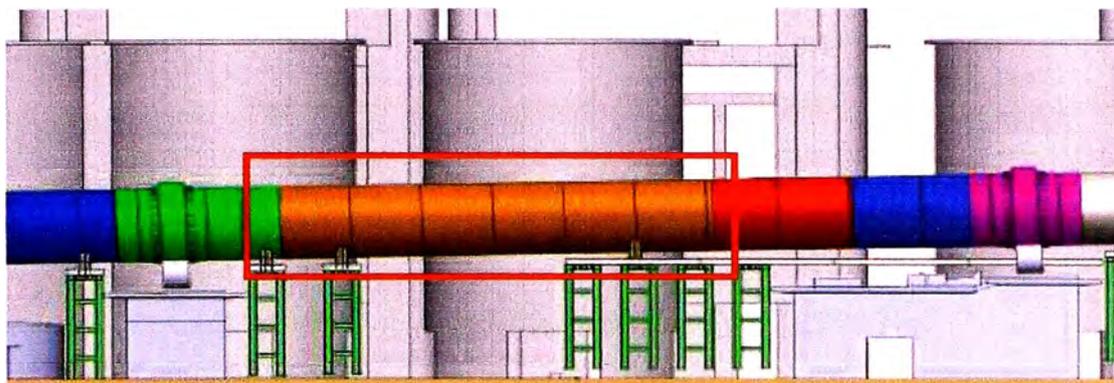


Figura 3.7: Virola B y C

3.1.3.6. Virola D-E

Virola reutilizable que comprende entre los puntos D-E, ver esquema de designaciones del Horno.

Longitud = 6211 mm.

Peso de la Virola (sin ladrillo refractario) = 23.200 Kg.

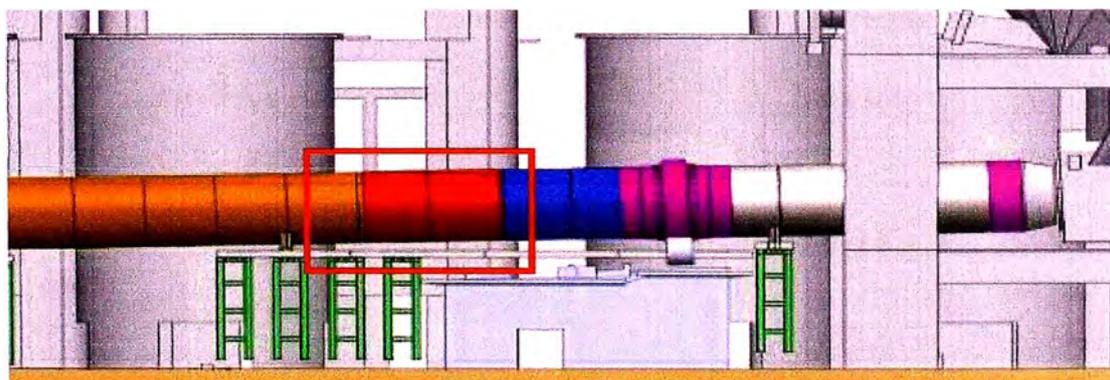


Figura 3.8: Virola D-E

3.1.3.7. Virola C-D

Virola existente no reutilizable comprende entre los puntos C-D, ver esquema de designaciones del Horno.

Longitud = 4800mm.

Peso de la Virola (sin ladrillo refractario) = 24.700 Kg.

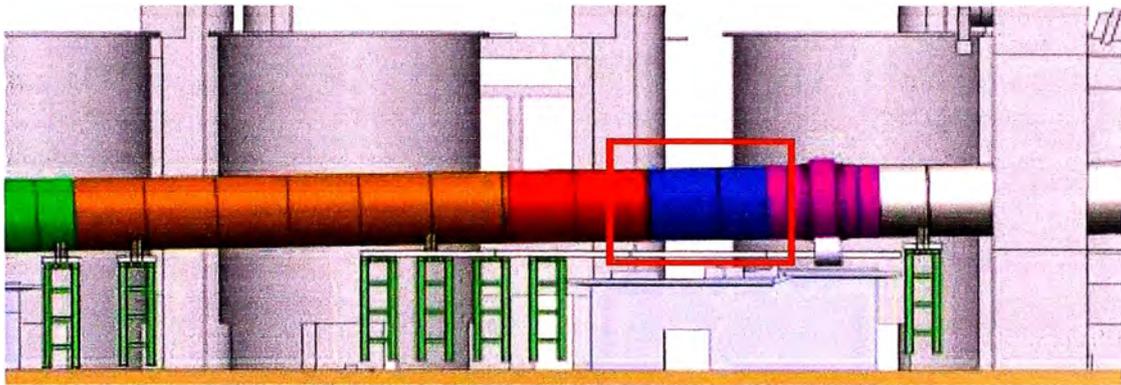


Figura 3.9: Virola D-E

3.1.3.8. Virola B-C

Virola existente no reutilizable comprende entre los puntos de corte B-C, ver esquema de designaciones del Horno.

Longitud = 4800mm.

Peso de la Virola (sin ladrillo refractario) = 88.000 Kg.

Peso de la Llanta 1 = 57.000 Kg.

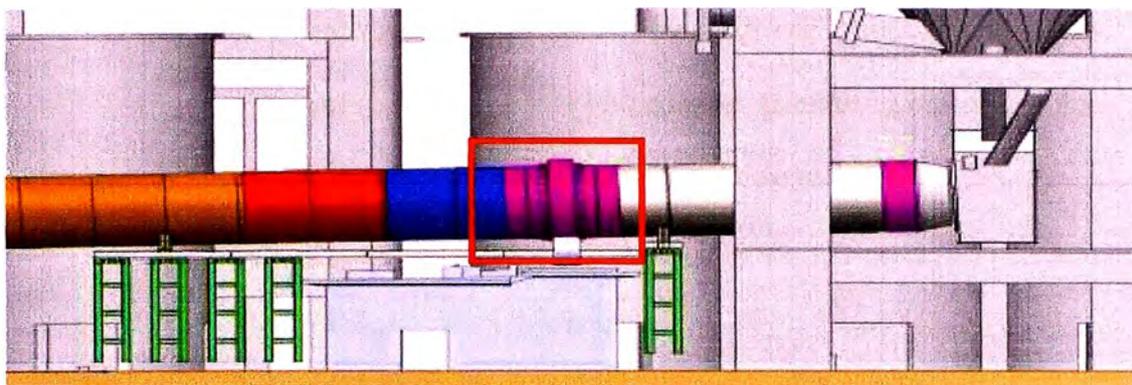


Figura 3.10: Virola B-C

3.2. RECURSOS

3.2.1. Equipos y Herramientas

3.2.1.1. Equipos Mayores

- Grúa 500Ton (Maniobras mayores).
- Grúa 300Ton (Maniobras mayores).
- Grúa 160Ton (Maniobras mayores).
- Camión Grúa de 21Ton.
- Camión cama baja de 60Ton/100Ton
- Camión plataforma 20 Ton.

3.2.1.2. Elementos de maniobra

- Grilletes según planos de estudio de maniobras e izajes.
- Estrobos según planos de estudio de maniobras e izajes.

- Eslingas según planos de estudio de maniobras e izajes.
- Tecle de Cadena según planos de estudio de maniobras.
- Tirfor según planos de estudio de maniobras
- Vientos (Sogas de nylon 5/8”).
- Tablones de madera dura.
- Set Tortugas

3.2.1.3. Equipos Menores

- Equipo de Topografía / Nivel Óptico con micrómetro.
- Equipo de corte por plasma.
- Equipo de soldadura por arco sumergido
- Maletines de Herramientas.
- Esmeriles de 4 ½” y 7”.
- Tecle Ratchet.
- Niveles de precisión.
- Barretas de 1”
- Calibrador de láminas.
- Micrómetros.
- Vernier.
- Tomas Hilti.
- Gatas tipo botella 50-100 Ton.
- Gatas tipo pastilla 50-100Ton.
- Gatas tipo botella 100Ton.

- Gatas tipo pastilla 100Ton.
- Combas.
- Equipos de Oxicorte.
- Máquinas de Soldar (proceso por arco sumergido)
- Toldo de protección.
- Radios Portátiles.
- Andamios.

3.3. DESARROLLO

3.3.1. Trabajos Previos a la modificación general del Horno

- Se realizara la verificación de todos los componentes del Horno.
- Revisión de planos de fabricación, montaje y de marcas en su última revisión.
- Identificación de los elementos y servicios auxiliares a desmontar:
 - Sistema eléctrico.
 - Sistema de combustible.
 - Sistema de lubricación.
 - Elementos estructurales.

- Identificación de apoyos o bloques de concreto en losa existente ubicada a lo largo del Horno, la cual servirá de base para

instalación de soportes estructurales para las maniobras y apoyo de elementos del Horno.

- Diseño y construcción de apoyos o bloques de concreto en losa existente para anclaje y apoyo de soportes estructurales para maniobras.
- Fabricación de elementos de arriostramiento de Virolas (bracings), soportes de Virolas (Saddles) para ser instaladas para el desmontaje de los tramos correspondientes al Horno.
- Levantamiento topográfico en caliente con el Horno en funcionamiento y levantamiento topográfico en frío, actividad que se realizara luego del enfriamiento del Horno previo al desmontaje.
- Se verificara el radio de giro, la pluma de izaje y las partes mecánicas antes de iniciar los trabajos con grúas, desde el punto físico de posicionamiento hacia el punto de izaje de los diferentes elementos.
- Realizar la inspección y Check List de grúas involucradas en las maniobras.

- Realizar inspección y registro de los elementos de maniobras como estrobos, grilletes, eslingas, teclees, tiffors, pastecas y todo elemento cuanto sea necesario para la maniobra que estará a cargo del supervisor de montaje.

- Se ha de elaborar los permisos de seguridad necesarios para el inicio de los trabajos, según el manual de Seguridad e Higiene Ambiental.

- Se procederá a desmontar pasarela estructural inferior existente denominada pasarela A y ubicada entre Base II – Base III. Según Figura 3.11.

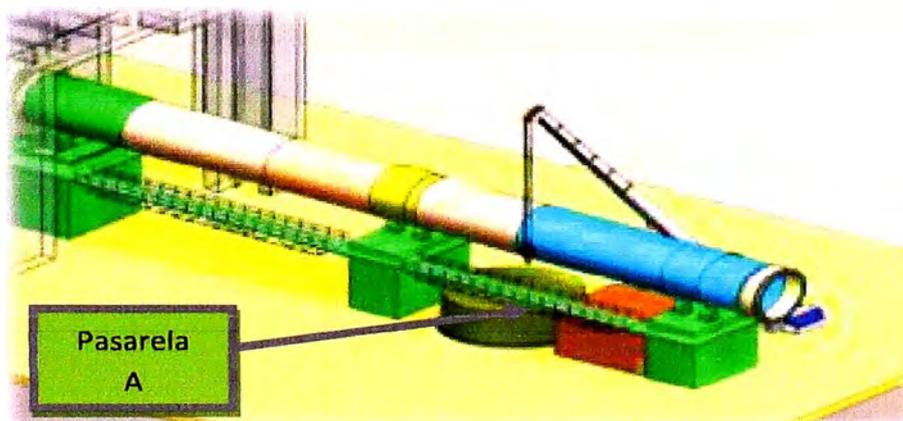


Figura 3.11: Desmontaje de pasarela A.

Se procederá a desmontar pasarela estructural inferior existente denominada pasarela B y ubicada entre Base I – Base II. Según Figura 3.12.

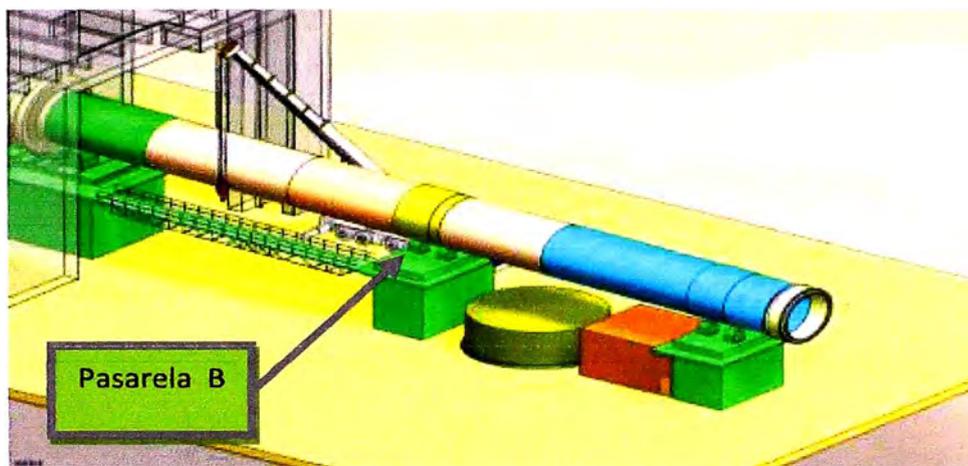


Figura 3.12: Desmontaje de pasarela B.

Se dará inicio al montaje de soportes estructurales provisionales, diseñados para soporte y maniobras de desmontaje de las diversas partes del Horno, según Figura 3.13.

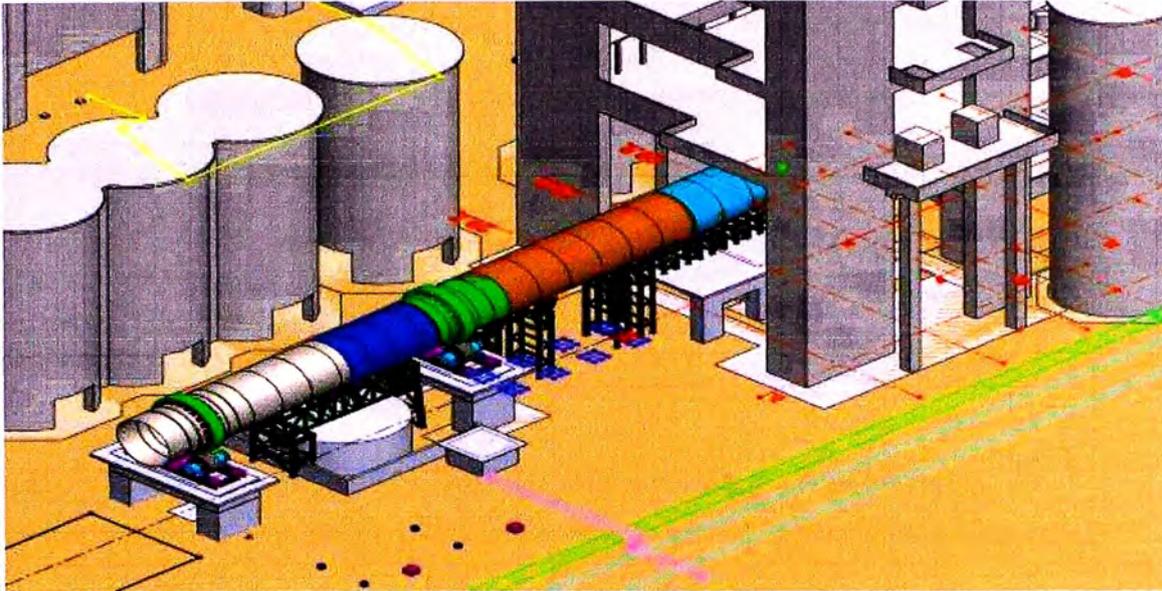


Figura 3.13: Instalación de soportes estructurales-calzatura

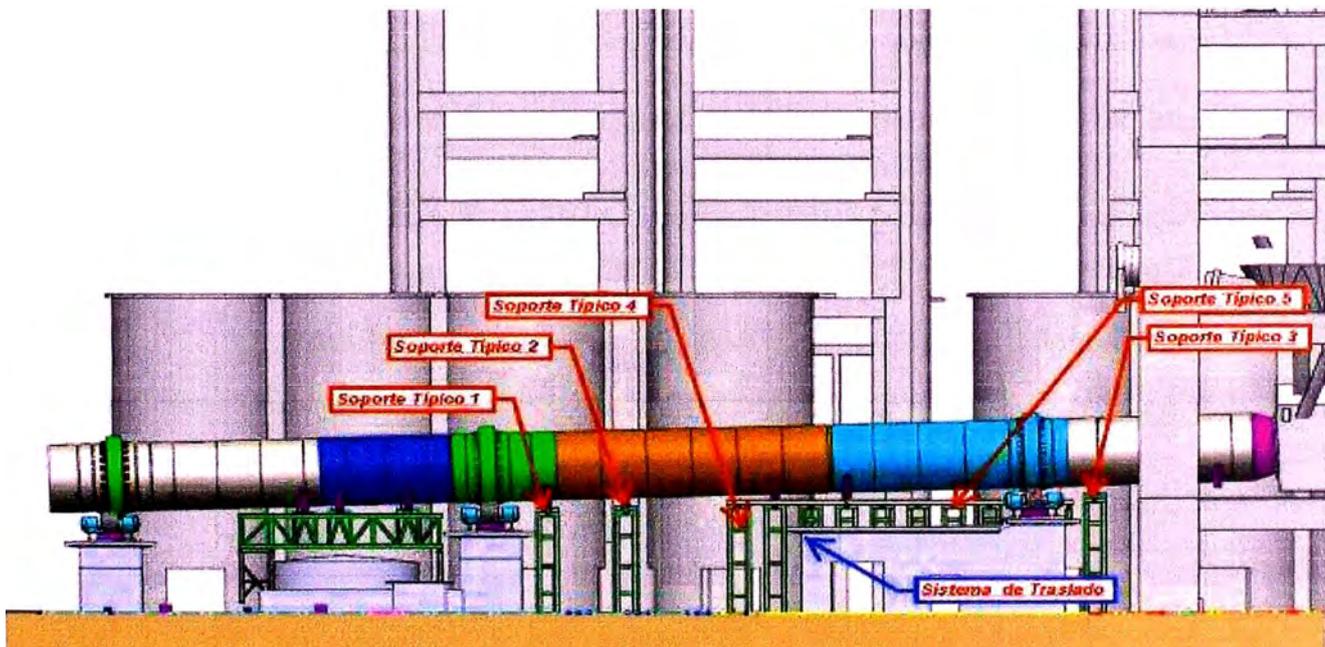


Figura 3.14: Disposición de soportes estructurales-calzatura.

Se instalara arreglos de andamios como accesos y plataformas de trabajo, en soportes estructurales así como en la zona de trabajo de Catalina, sistema de accionamiento, llanta N°1, N°2 y llanta N°3, área de cono, sello de ingreso y sistema de sello de salida.

3.4. SECUENCIA DE DESMONTAJE DEL HORNO

- Una vez concluidos los trabajos previos mencionados, se autorizara la parada del Horno, a cargo de supervisión para proseguir con los trabajos relativos a la modificación del Horno.
- Una vez autorizada la parada del Horno, se realizara el bloqueo y colocación de tarjetas de acuerdo a los procedimientos de seguridad de lock out & tag out de los sistemas y equipos eléctricos, mecánicos, hidráulicos y de instrumentación en sala eléctrica asignada, se hará el bloqueo con candados y tarjetas, en coordinación con el departamento de seguridad y previamente coordinada con la supervisión.
- Se considera como tiempo de enfriamiento del Horno, dos días después de la parada del mismo.
- Desconexión de líneas de agua, aire, combustible, líneas hidráulicas.

- Desmontaje de cableado eléctrico y bandejas eléctricas.
- En el transcurso del enfriamiento de la línea 1 se debe realizar el corte de un anillo de sujeción de la Llanta 1 existente, con el fin de poder trasladar el Horno aguas abajo para efectos de alineamiento de polines y llanta 3 existentes.

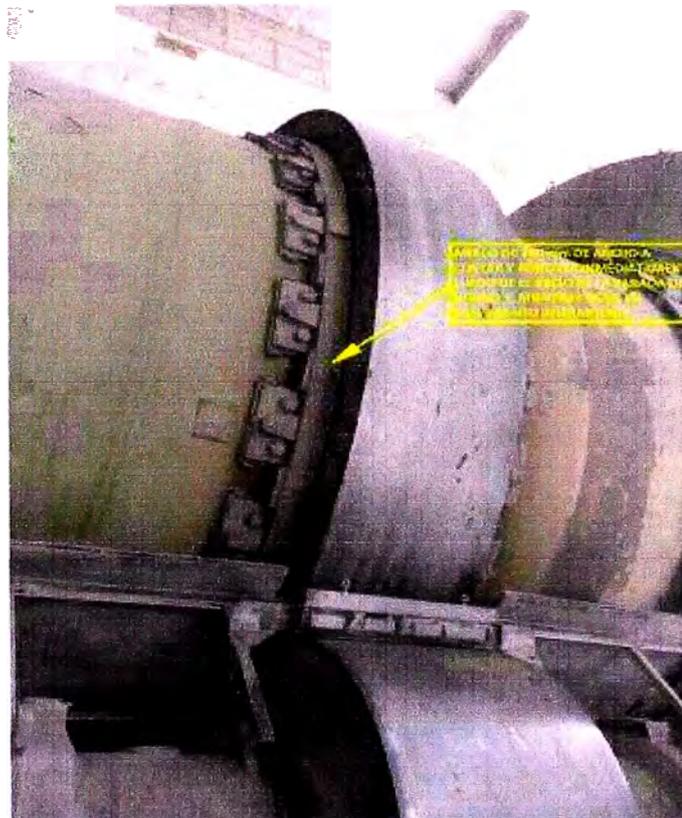


Figura 3.15: Disposición de soportes estructurales-calzatura.

Como primera actividad de desmontaje, se va retirar el cono de ingreso para luego instalar una compuerta metálica que divida el horno del Kiln riser.

Seguidamente se ingresara al interior del Horno para dar inicio al picado, demolición y retiro de refractario total del Horno.

Una vez finalizada la demolición de ladrillo refractario, se procederá al arriostramiento de virolas a desmontar, para lograr piezas compactas para el desmontaje y futuro montaje de los tramos reutilizables del Horno, ver Figura 3.16.



Figura 3.16: Arriostramiento de Virolas

Desmontaje completo del sistema de accionamiento del Horno:

- Chumaceras.
- Piñones
- Acople de membrana
- Transmisión
- Acoplamientos
- Motor.

- Acoplamiento dentado.
- Desembrague
- Palanca de arranque.
- Freno con presión de empuje.
- Acople de freno.
- Motor de arranque
- Enfriador de aceite.

➤ Seguidamente se procederá con el desmontaje de la Catalina existente, la cual se retirara en 2 partes. Para este desmontaje se requiere que la Catalina, en su conjunto haya quedado con los empalmes a 90 y 270 grados respectivamente para realizar el desmontaje lateral de cada pieza con grúa de 160TN y maniobra.

➤ Se posicionara la grúa telescópica de 500TN según plan de maniobra para iniciar el desmontaje, así como la cama baja para el transporte de los tramos de virolas y los diferentes elementos del Horno.

➤ La grúa de 500TN procederá a llevar los diferentes tramos de tubo y demás equipos a desmontar sobre la cama baja para su transporte al área designada, se utilizara una camioneta como escolta por tratarse de carga ancha.

- El desmontaje de las virolas del Horno se iniciara con el desacople del cono y el sello de ingreso que comprende la virola de ingreso IV, por medio de desplazamiento con maniobra hacia posición de izaje de la grúa de 160 ton, dicha grúa estará posicionada a la altura de la Llanta I y Catalina para llevar la carga a posición del camión cama baja.
- Desmontaje de Virola I o “virola flotante” ubicada en la descarga del Horno, corte de la virola en el punto J y desmontaje con grúa de 160TN.



Figura 3.17: Sello y cono de ingreso.



Figura 3.18: Virola Flotante y sello de salida.

Desmontaje de Virola A (8.870m.) en el punto de corte “h – i” para luego proceder al desmontaje con grúa de 500TN y ubicación en camión cama baja, para ser transportarlo almacén. La Virola reutilizable (I, J) quedara en posición inicial apoyada en soportes estructurales provisionales diseñados con el fin de soportar y mantener el tubo en posición estática.

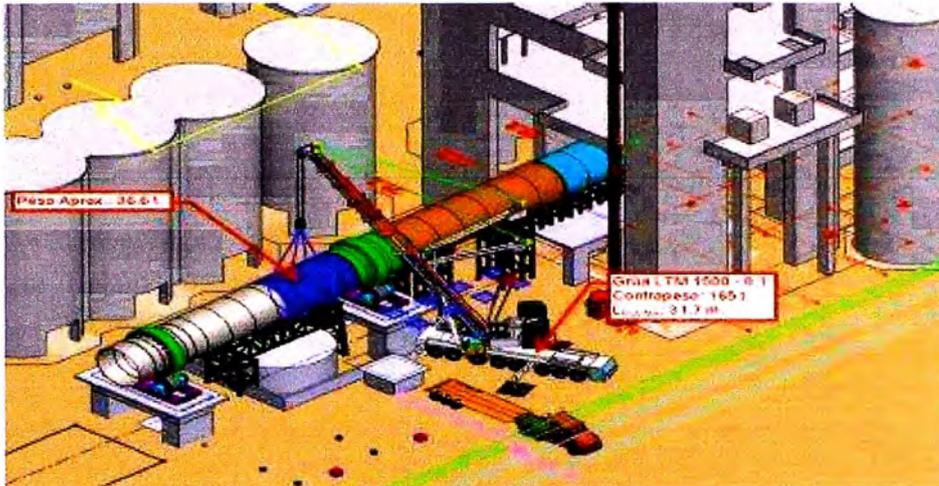


Figura 3.19: Desmontaje de Virola A.

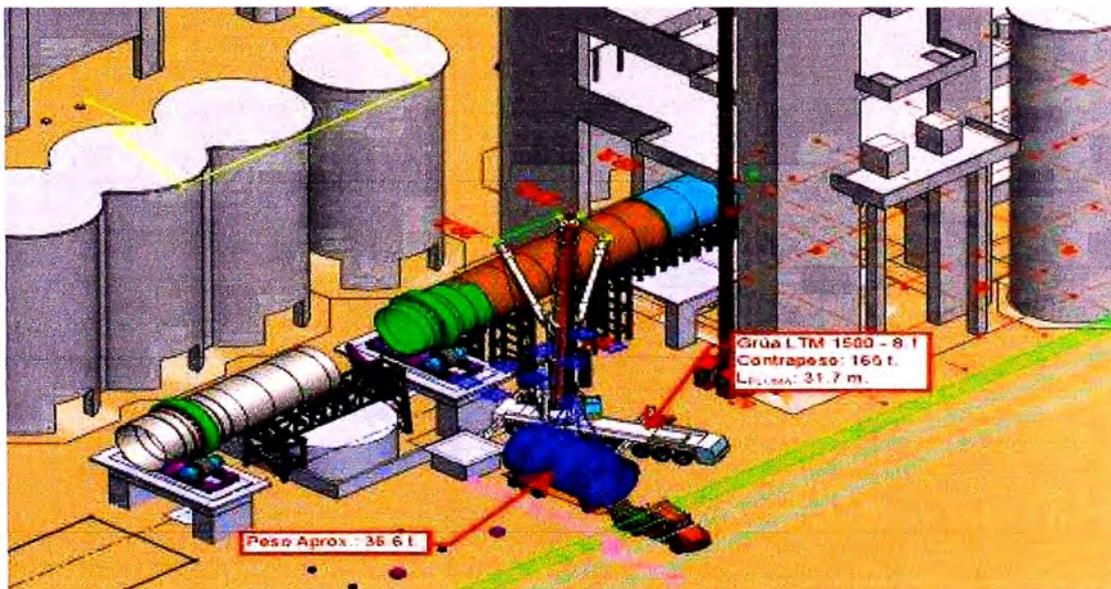


Figura 3.20: Traslado de Virola A

Corte de Virola reutilizable G – H en el punto de corte “g”, con un peso de 124.4TN. El cual incluye la Llanta II en su desmontaje. Este tramo se ubicara sobre una cama de madera a un costado del Horno para realizar el trabajo de corte, maquinado y biselado de los extremos en sitio.

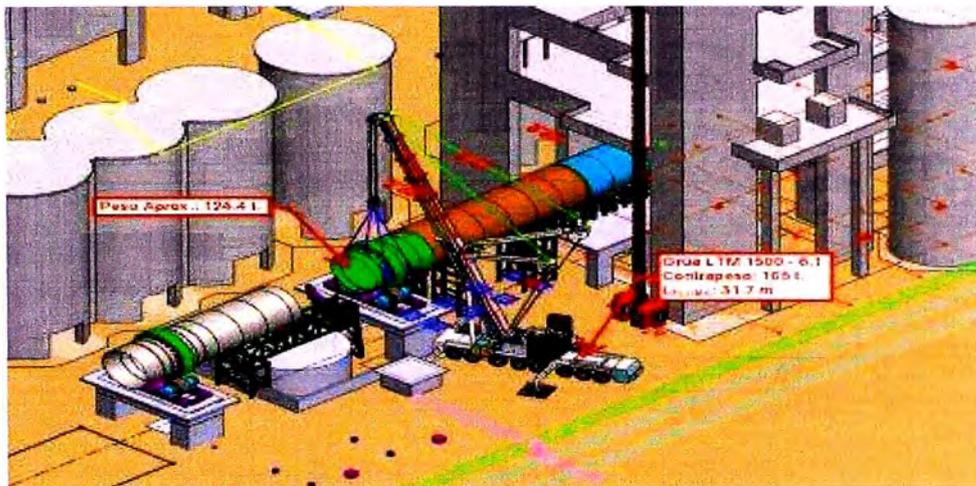


Figura 3.21: Desmontaje de virola G-H.

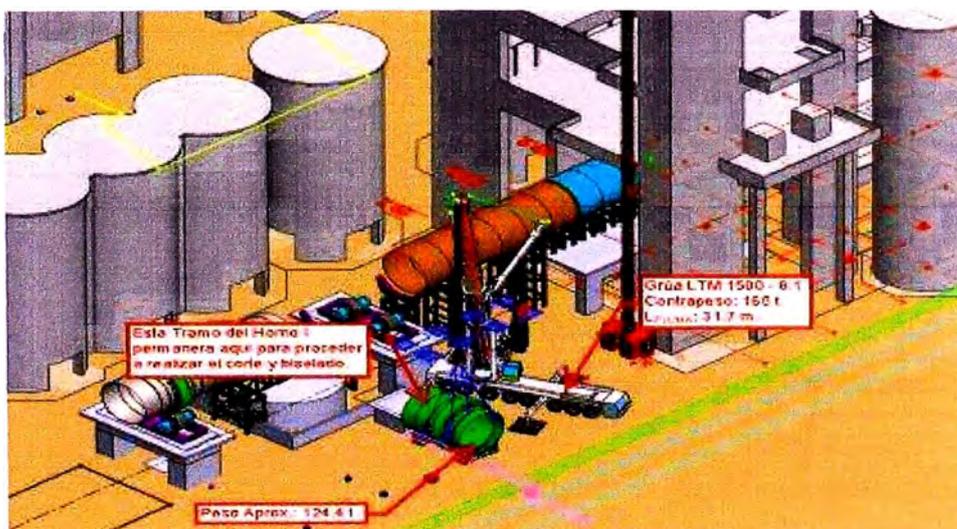


Figura 3.22: Posicionamiento de virola G-H

Corte de Virola B y C (18.560m) en el punto de corte “e” para luego proceder al desmontaje completo de ambos tramos con grúa de 500TN, ubicarlo en sitio y realizar un corte en piso para efectos de transporte a almacén designado.

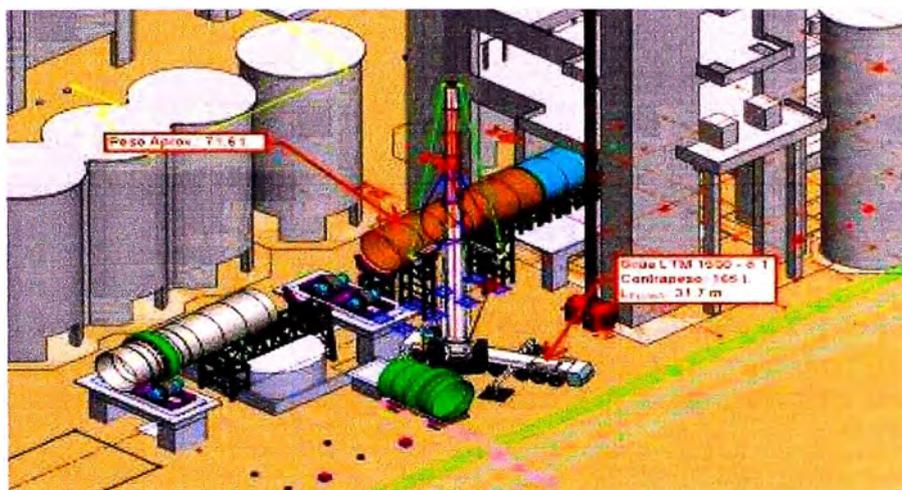


Figura 3.23: Desmontaje de Virola B y C

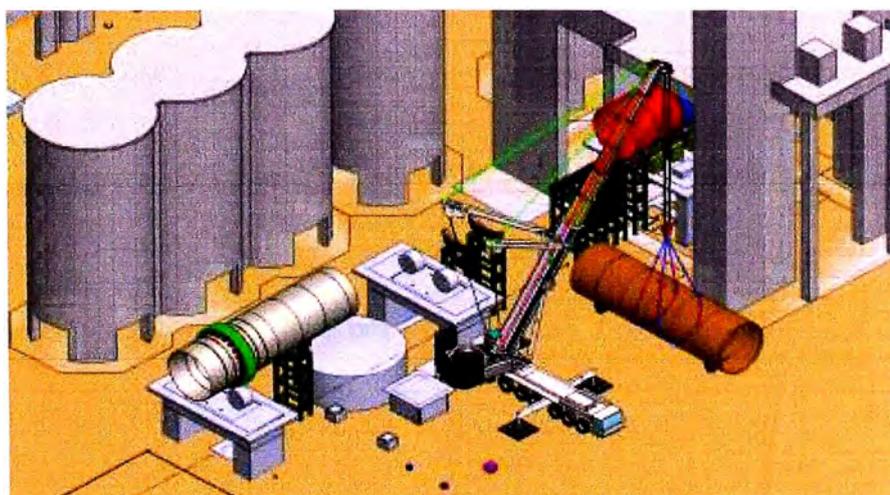


Figura 3.24: Posicionamiento de virola B y C

A partir del siguiente tramo de tubo el 1er nivel del edificio del nuevo Intercambiador interfiere con la maniobra de desmontaje de elementos por medio de grúa telescópica, por lo que se procederá con la maniobra de desplazamiento por calzatura de estructuras diseñadas para desplazar la carga horizontalmente por un sistema de vigas – riel.

Maniobra de traslado de tramo B-E el cual incluye la Llanta 1 existente, el corte se genera en el punto “b” y por medio de maniobra de desplazamiento de un sistema vigas - riel se transporta la carga pasando los polines existente hasta llegar a una ubicación donde se pueda seccionar el tramo para desmontar por medio de grúa telescópica de 500TN.

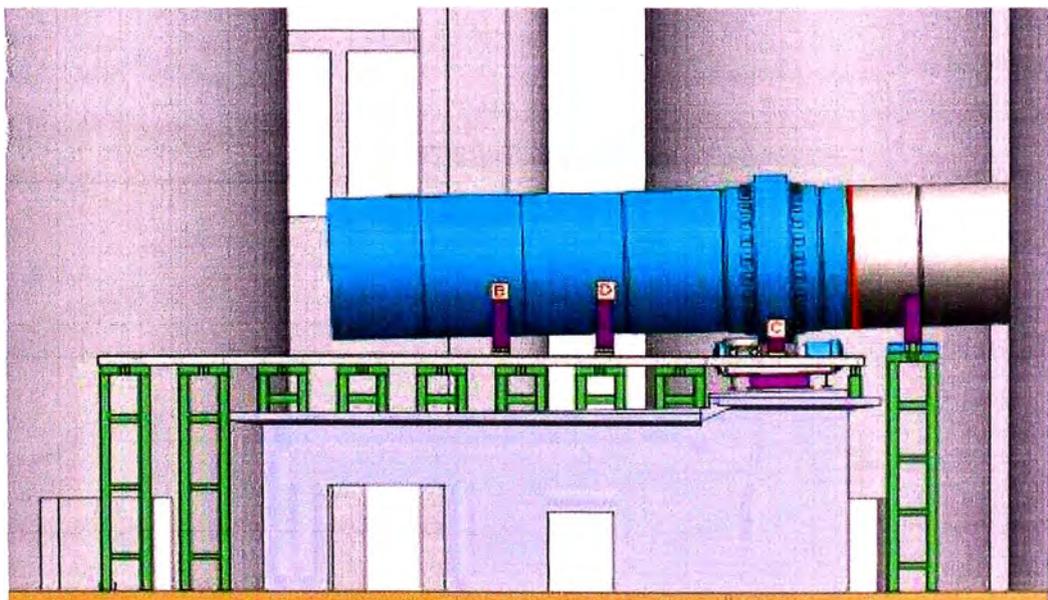


Figura 3.25: Maniobra de traslado de tramo B-E.

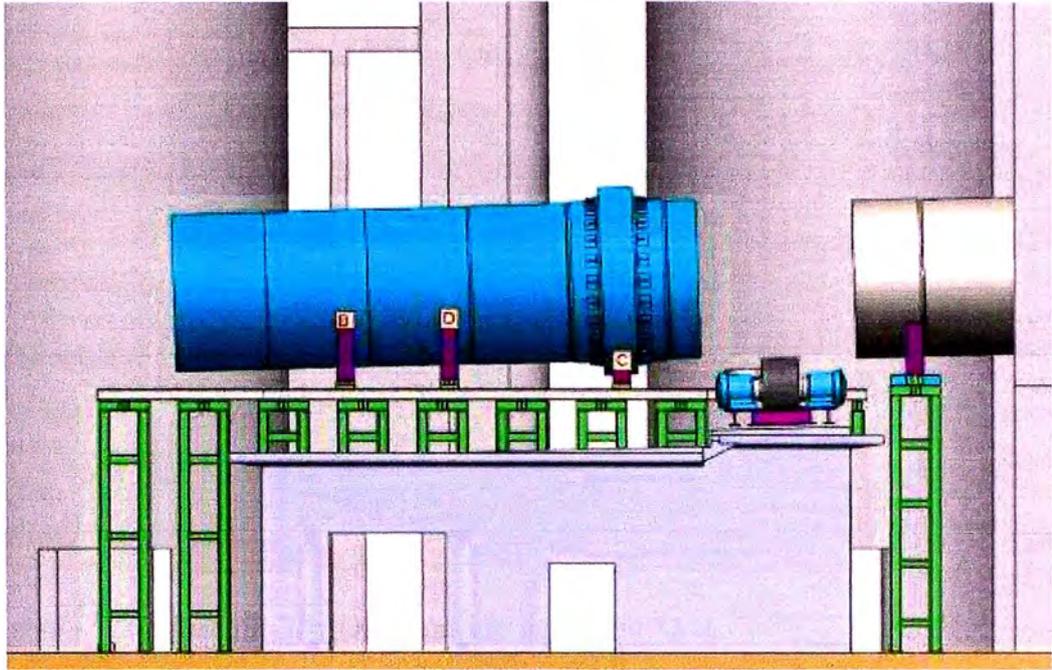


Figura 3.26: Maniobra de traslado de tramo B-E.

Corte en punto D y desmontaje de tramo D-E reutilizable con grúa de 500 ton.

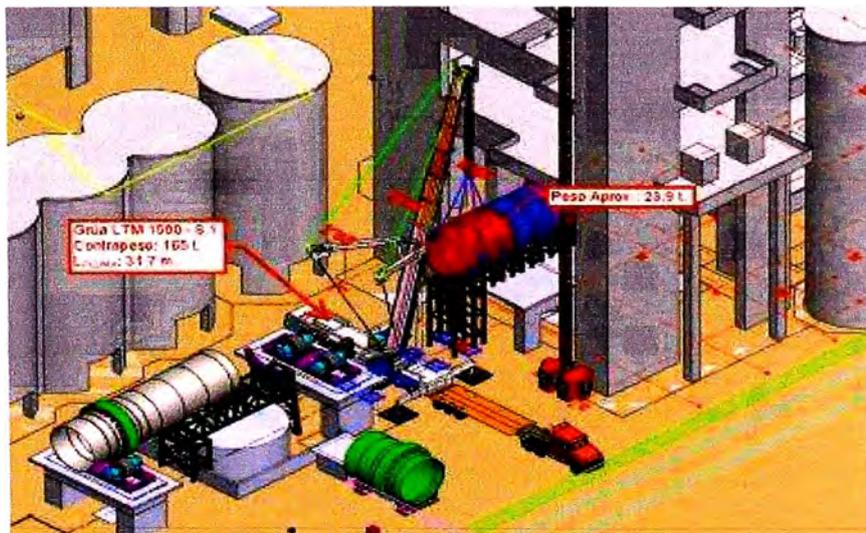


Figura 3.27: Maniobra de traslado de tramo D-E.

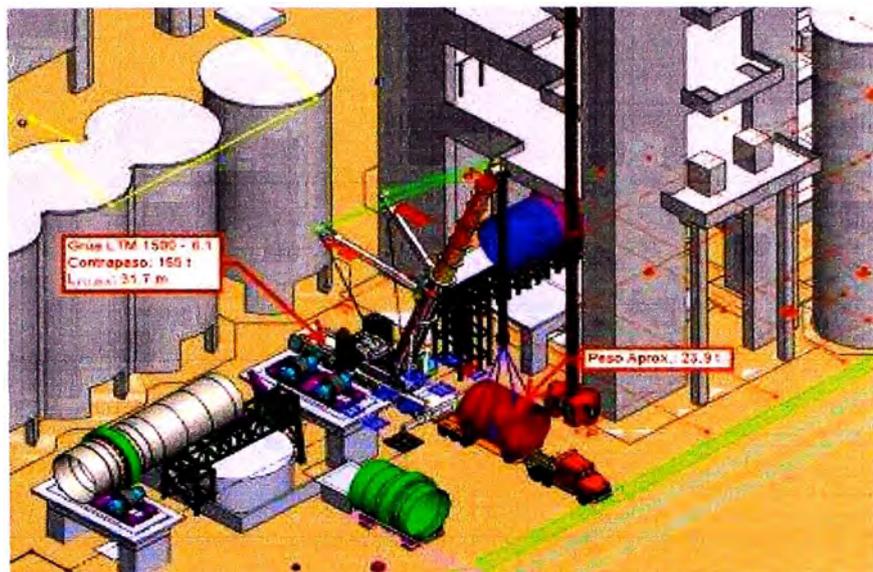


Figura 3.28: Desmontaje de tramo D-E.

Corte en punto C y desmontaje de tramo C-D con grúa de 500 ton.

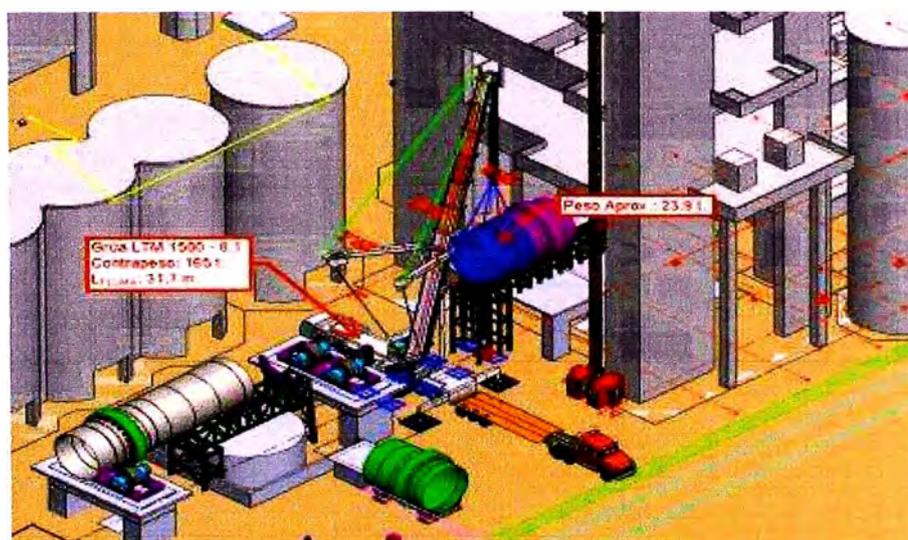


Figura 3.29: Maniobra de traslado de tramo C-D.

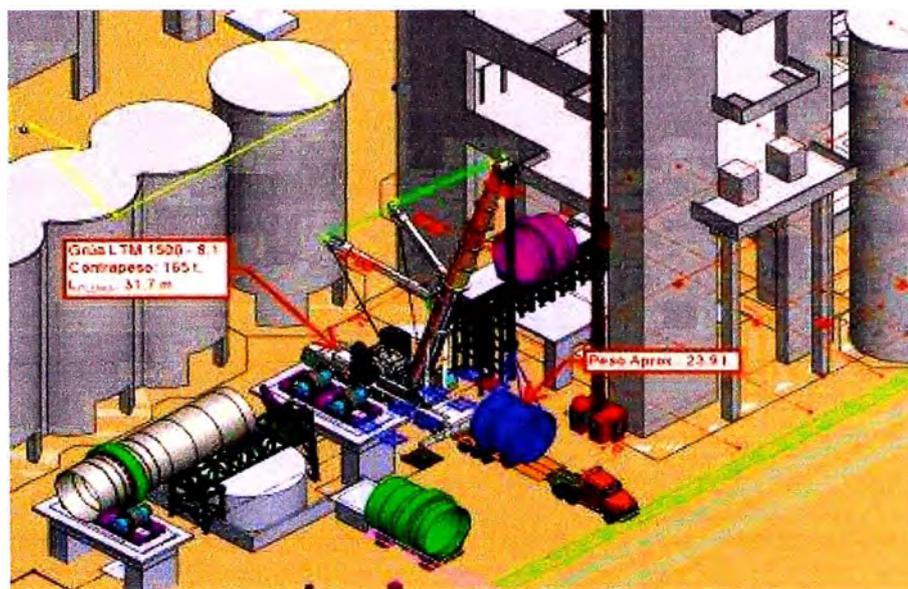


Figura 3.30: Maniobra de traslado de tramo C-D

Corte en punto B y desmontaje de tramo B-C con grúa de 500 ton.

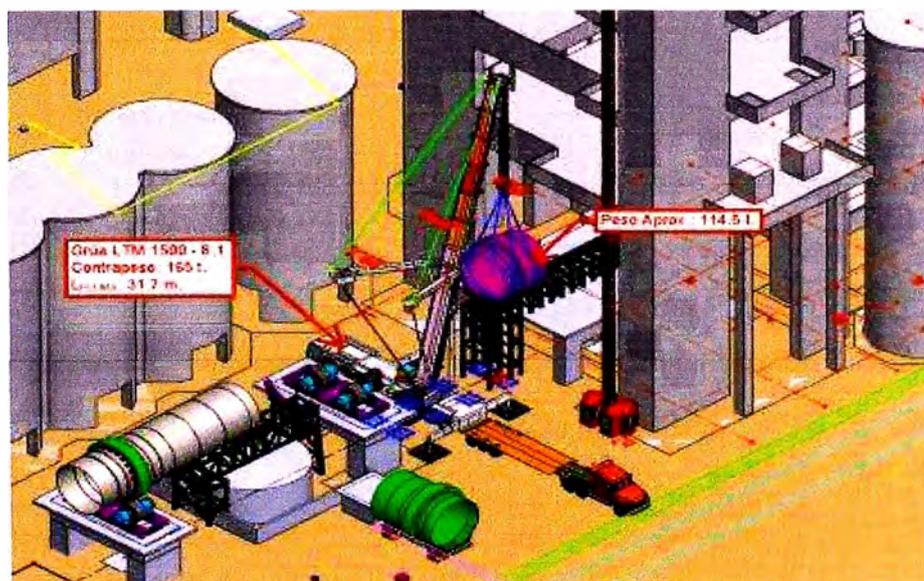


Figura 3.31: Maniobra de traslado de tramo B-C.

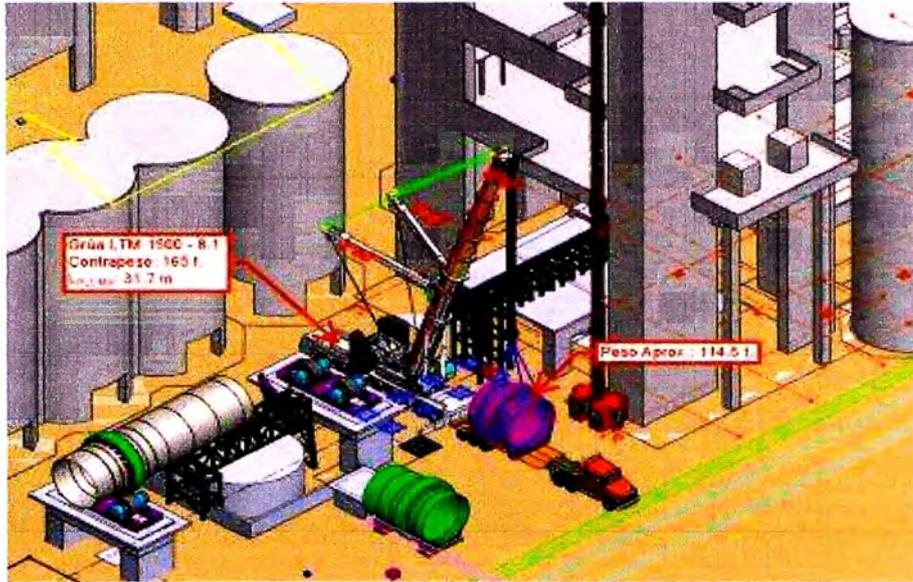


Figura 3.32: Maniobra de traslado de tramo B-C.

3.5. MODO DE ACEPTACIÓN

Se acepta el procedimiento cuando se han cumplido las pautas contenidas en su desarrollo.

En ese sentido, en el Horno y sistemas de accionamiento se verificará su verticalidad, horizontalidad y alineamiento, debiendo estar estas mediciones dentro de las tolerancias señaladas en los planos o especificaciones técnicas del equipo, emitiéndose los protocolos y registros correspondientes en cada etapa del proceso.

CAPÍTULO IV

PROCEDIMIENTO DE MONTAJE MECÁNICO DEL HORNO

4.1. ANALISIS DEL PROBLEMA DE MONTAJE

Definir los lineamientos y secuencias a seguir durante el remplazo y montaje de los diversos elementos y partes del Horno.

Este procedimiento se aplica a las actividades de remplazo de equipos y elementos del Horno, modificación del sistema de accionamiento, cambio de catalina, cambio de 44 m de tubo, remplazo de cono y sello de ingreso y salida.

4.2. RECURSOS

4.2.1. Equipos y Herramientas

4.2.1.1. Equipos Mayores

- Grúa 500ton (Maniobras mayores).
- Grúa 300ton (Maniobras mayores).
- Grúa 160ton (Maniobras mayores).
- Grúa de 100ton.
- Camión Grúa de 21ton.
- Camión Grúa de 15 ton.
- Camión cama baja de 70ton/100ton.
- Camión plataforma 20 Ton.
- Montacargas.

4.2.1.2. Elementos de maniobra

- Grilletes según planos de estudio de maniobras e izajes.
- Estrobos según planos de estudio de maniobras e izajes.
- Eslingas según planos de estudio de maniobras e izajes.
- Tecle de Cadena según planos de estudio de maniobras.
- Tirfor según planos de estudio de maniobras
- Vientos (Sogas de nylon 5/8”).
- Set Tortugas

4.2.1.3. Equipos Menores

- Equipo de Topografía / Nivel Óptico con micrómetro.
- Equipo de soldadura por arco sumergido
- Maletines de Herramientas.
- Esmeriles de 4 ½" y 7".
- Tecele Ratchet.
- Niveles de precisión.
- Barretas de 1"
- Calibrador de láminas.
- Micrómetros.
- Vernier
- Tornas Hilti.
- Gatas tipo botella 50-100 Ton.
- Gatas tipo pastilla 50-100Ton.
- Combas
- Equipos de Oxicorte.
- Máquinas de Soldar SMAW.
- Máquinas de Soldar SAW.
- Toldo de protección.
- Radios Portátiles.
- Andamios.
- Regla de precisión.
- Cuerda de piano.

- Termómetro de contacto
- Termómetro infrarrojo.
- Hornos para Electrodo.
- Hornos para Fundente.

4.3. EJECUCIÓN

Los trabajos de ejecución se realizarán de acuerdo a la secuencia mencionada, asimismo como referencia, la secuencia especificada en los manuales FLS.

4.3.1. Trabajos Previos al Montaje

Revisión de planos de fabricación, montaje y de marcas en su última revisión. Compatibilización de instalaciones existentes, con equipamiento nuevo. Revisión de planos eléctricos, civiles y mecánicos.

Se realizará la verificación de todos los componentes nuevos y reutilizables a reemplazar en Horno.

Control dimensional y revisión mecánica de virolas que incluye: control de diámetros, longitudes, ovalidad y redondez siendo posible la corrección de deformaciones mediante el uso de gatas y utillaje para maniobrar. Asimismo verificación de sistemas de

accionamiento, catalina, piñones, llanta N°1 con sistema de empuje axial.

Verificar que los elementos a instalar, así como las virolas reutilizables se encuentren arriostrados y con los elementos de izaje necesarios.

Verificar que la disposición y ubicación de soportes temporales sea la adecuada para montaje.

Preparación de biseles en virolas que serán recuperadas, antes de instalar elementos de amarre, bordes J, I, H, G, E, D, B y A.

Fabricación e instalación de erection irons con sus respectivos pernos de amarre o Erection volts, los cuales se instalaran en el interior de las virolas que lo requieran para actividad de empalme, alineamiento y soldeo de virolas.

Instalación de llanta 1 en virola III FLS actividad que implicara la presencia de un vendor de FLS para aprobación del trabajo.

Pre ensamble de Catalina uniendo las dos secciones e instalación de las paletas (spring plates), sillars de montaje y drive bars.

Levantamiento topográfico, trazado de ejes y niveles de las bases donde se instalaran los equipos.

Para el montaje del Horno, se utilizaran grúas de 160 Ton y 500 Ton, posicionadas en forma adecuada y segura en el punto de maniobra, de acuerdo al rigging plan y permisos de izaje.

Se verificara el radio de giro, la pluma de izaje y las partes mecánicas antes de iniciar los trabajos con grúas, desde el punto físico de posicionamiento hacia el punto de izaje de los diferentes elementos.

Realizar la inspección y Check List de grúas involucradas en las maniobras.

Realizar inspección y registro de los elementos de maniobras como estobos, grilletes, eslingas, tecles, Tirfors, pastecas y todo elemento cuanto sea necesario para la maniobra.

Se ha de elaborar los permisos de seguridad necesarios para el inicio del montaje e instalación de nuevos componentes del Horno.

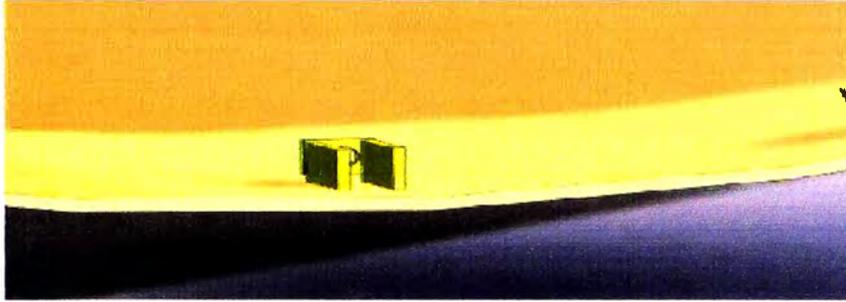


Figura 4.1: Erection irons

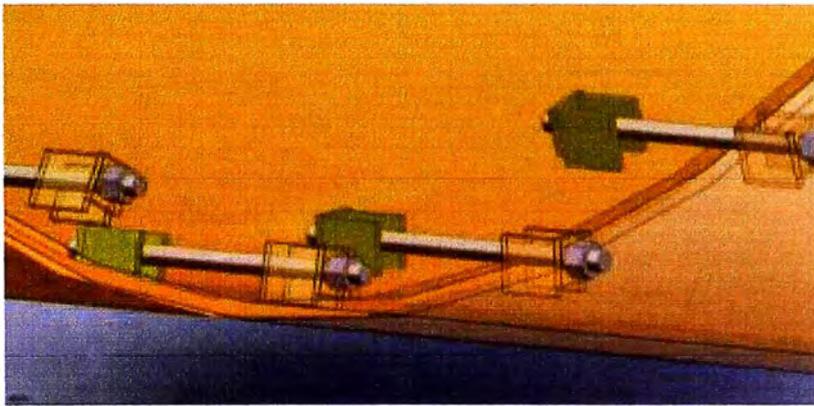


Figura 4.2: Unión de violas (Erection Irons, Erection volts)

4.3.2. Secuencia de Montaje

4.3.2.1. Tabla de pesos

La siguiente tabla muestra dimensiones y peso aproximado de virolas para el montaje.

Tabla 4.1: Tabla de Pesos de las Virolas para el montaje.

| Ítem | Descripción | Marca | Peso (kg.) |
|------|---|--------------|---------------|
| 1 | Virola tramo I Ø 5200x4345 | FLSMIDTH | 29495 |
| 2 | Virola tramo II Ø 5200x2400 | FLSMIDTH | 16380 |
| 3 | Virola tramo III ø5200x7200 + llanta I | FLSMIDTH | 139854 |
| 4 | Virola tramo IV Ø 5200x 843 | FLSMIDTH | 6600 |
| 5 | Virola tramo A Ø5200x9011 | CORMEI | 36459 |
| 6 | Virola tramo B Ø5200x10863 | CORMEI | 48103 |
| 7 | Virola tramo C Ø5200x10806 | CORMEI | 43076 |
| 8 | Sello de salida | FLSMIDTH | 6950 |
| 9 | Sello de ingreso | FLSMIDTH | 8200 |
| 10 | Tramo G-H Ø5200x4950 + Llanta II | Reutilizable | 103749 |
| 15 | Tramo D-E Ø5200x5048 | Reutilizable | 19536 |

4.3.2.2. Montaje del Horno

Para el montaje del Horno se utilizara la grúa de 500 Ton., la unión de virolas se hará utilizando los erection iron y espárragos que serán instalados previos al inicio de montaje.

El montaje de elementos nuevos y reutilizables del Horno se iniciaran con el montaje de tramo III FLS incluido Llanta 1 sobre la calzatura de traslado para luego desplazar la carga una distancia aproximada de 9 metros hacia el ingreso del Horno.

Seguidamente se realiza el transporte y posterior maniobra de izaje del tramo II FLS apoyando la carga sobre la calzatura de traslado para luego desplazar la virola aproximándola al tramo III, finalmente se unen ambos tramos por medio de los pernos de sujeción (erection bolts, erection irons).

De la misma forma se instala y traslada el tramo reutilizable D-E logrando empalmar los 3 tramos (tramo III, tramo II y tramo D-E).

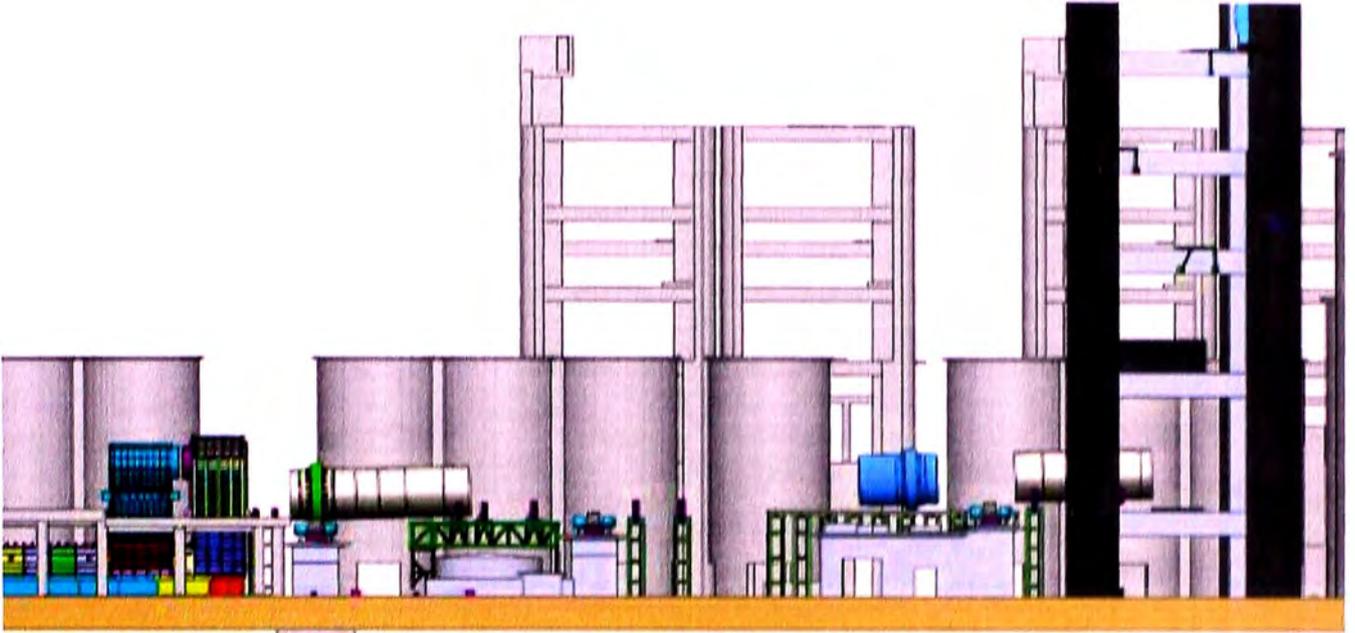


Figura 4.3: Virola III FLS con llanta I, en primera posición.

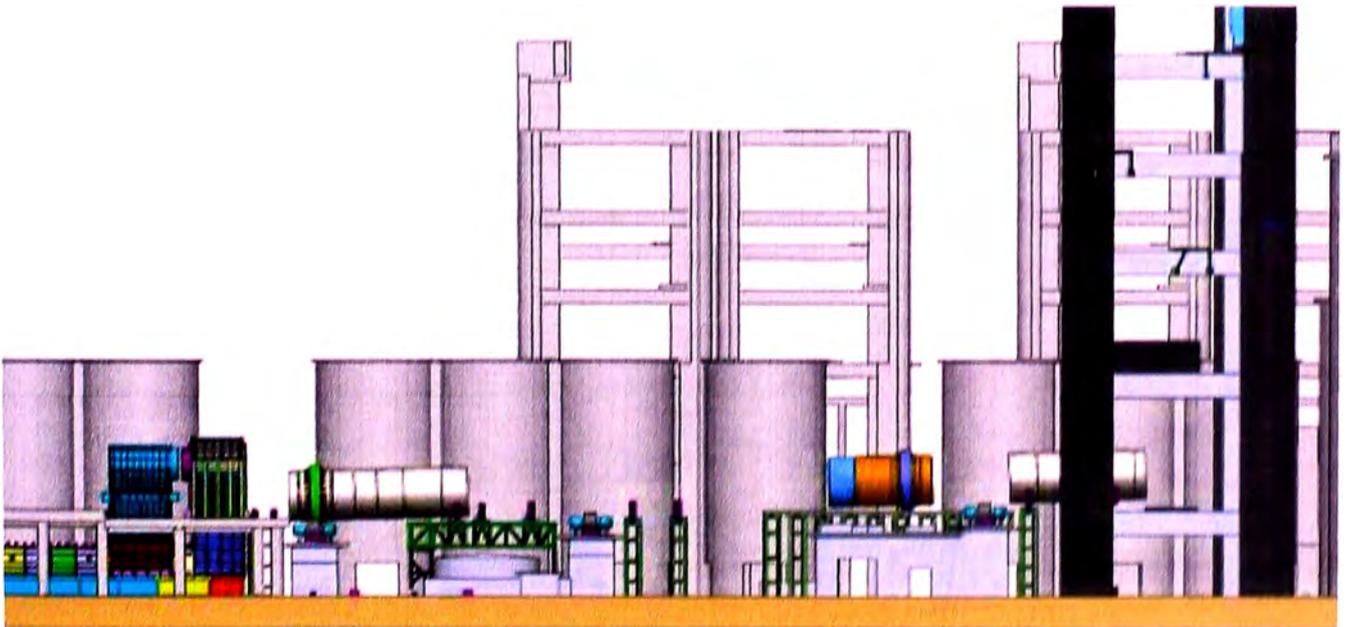


Figura 4.4: Virola II FLS aproximada con virola III FLS

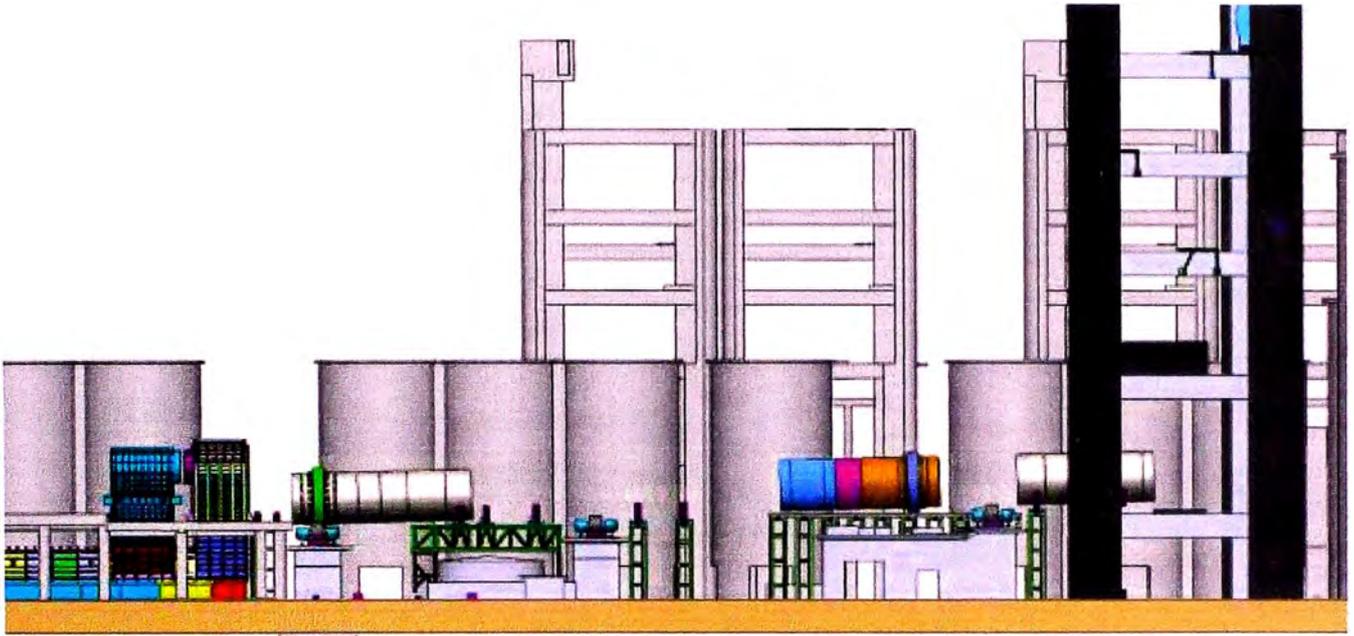


Figura 4.5: Tramo D-E Reutilizable junto con Virola II y III FLS.

Utilizando la grúa de 160 ton y por medio de maniobra se instalara el cono de ingreso o tramo IV FLS en su ubicación final entre Kiln riser y virola A-B.

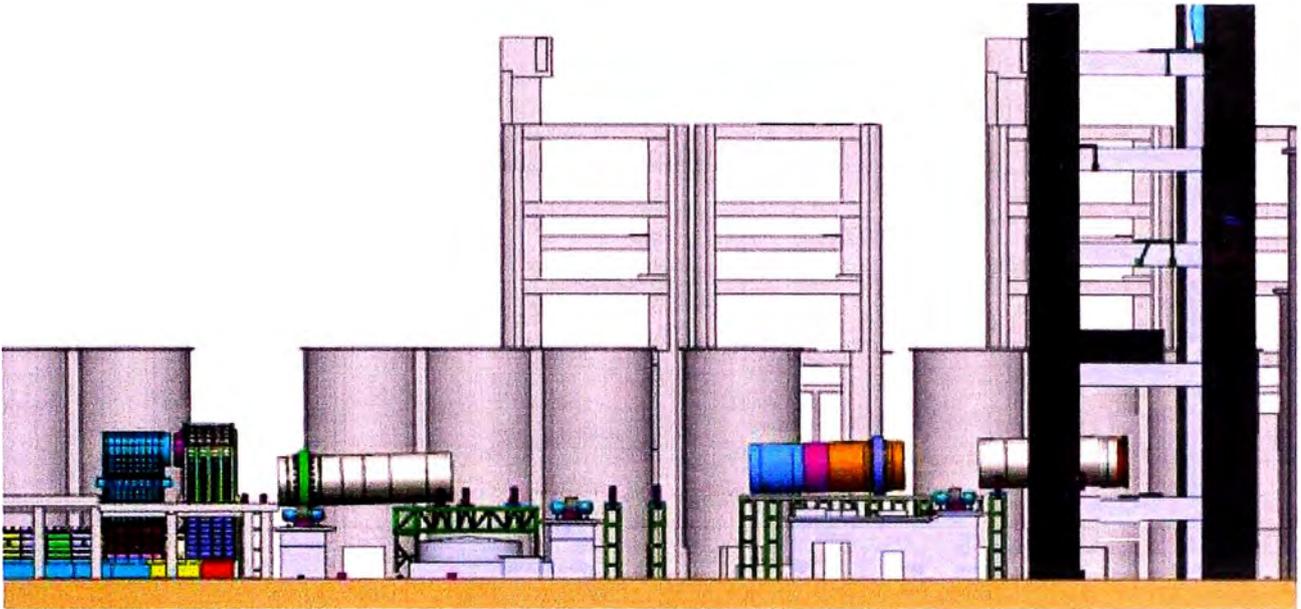


Figura 4.6: Virola IV FLS-Cono de ingreso montado en sitio

Una vez que se encuentra en conjunto el tramo B-E se desplaza el tramo por medio de maniobra de traslado utilizando gatas hidráulicas, Rollers y cunas o saddles hasta el punto B posición final. Posición que empalma con la virola reutilizable A-B.

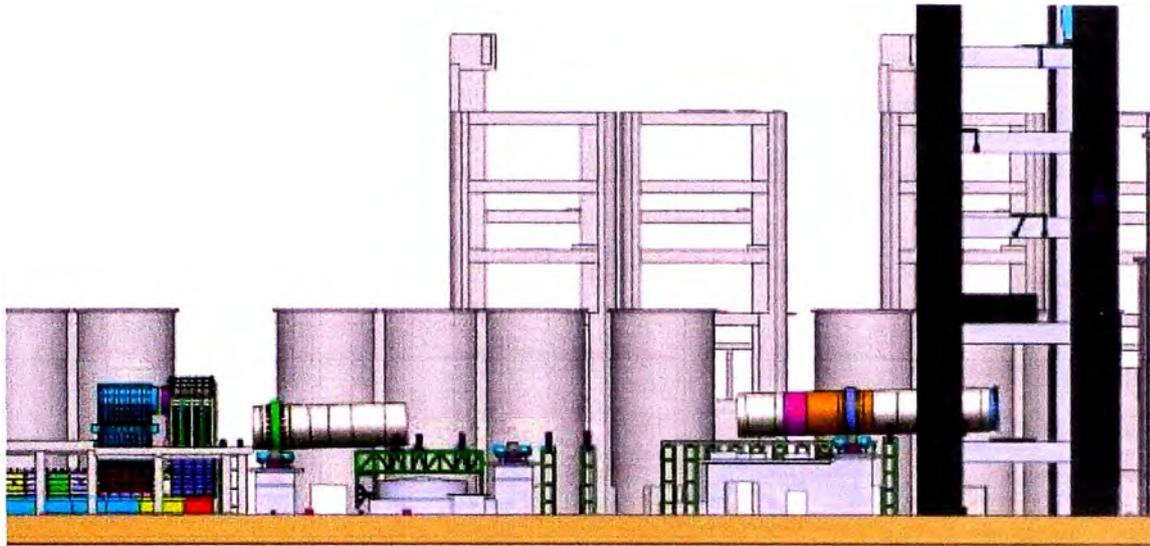


Figura 4.7: Tramo B-E en posición final

Seguidamente se procede al traslado de Virolas B-C (Previamente alineadas y soldadas) para maniobra de izaje en conjunto con grúa de 500TN sobre estructura soporte y realizar el empalme con punto E.

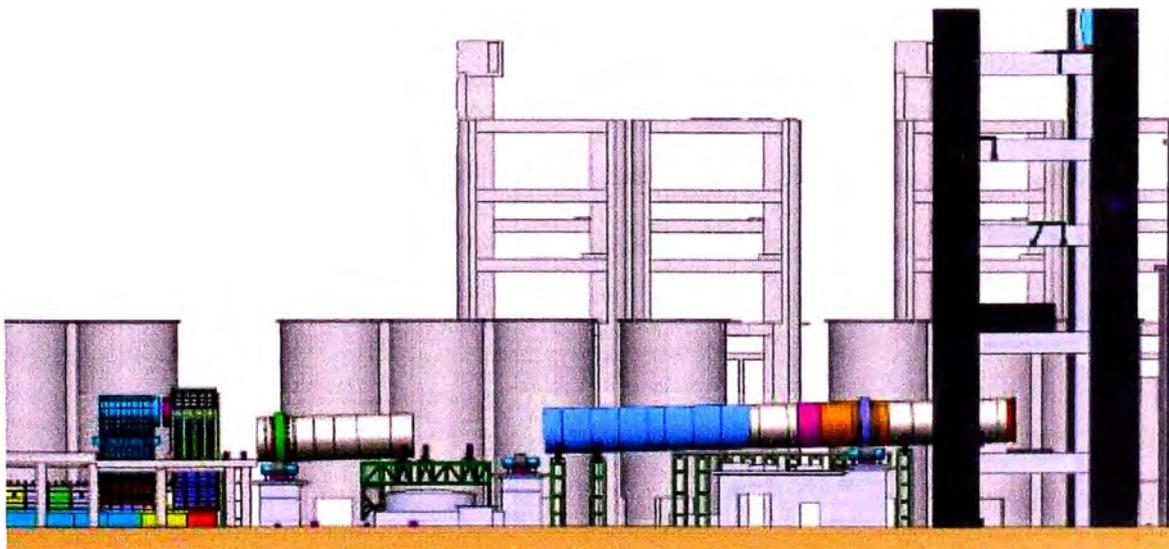


Figura 4.8: Virola B y C montadas en sitio.

Luego se procede al montaje de la virola G-H (reutilizable).

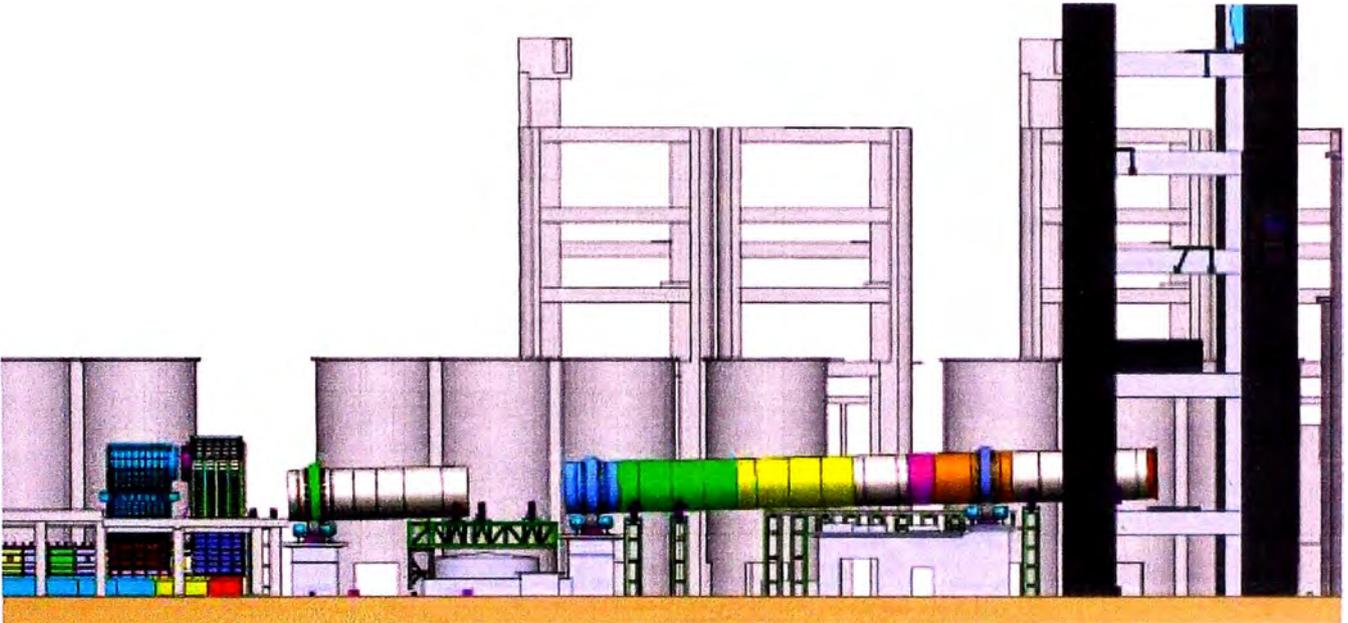


Figura 4.9: Virola G-H (Reutilizable), montadas en sitio.

Previamente al montaje de la virola A, será necesario realizar una maniobra en tándem, utilizando las grúas de 500 y 300 Ton. para así poder desplazar el tramo reutilizable I-J, axialmente aguas abajo.

Seguidamente se realiza el montaje del tramo A y una maniobra en tándem de desplazamiento axial del tramo I-J, desplazándolo aguas arriba.

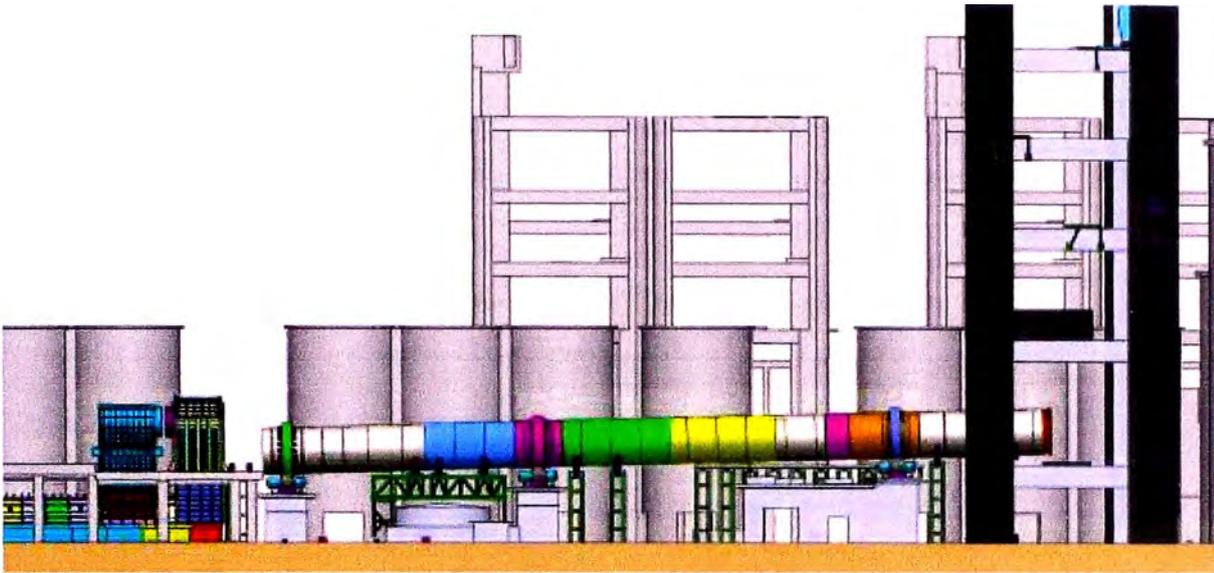


Figura 4.10: Virola A, montada en sitio.

Finalmente se hace el transporte y montaje de la virola I FLS.

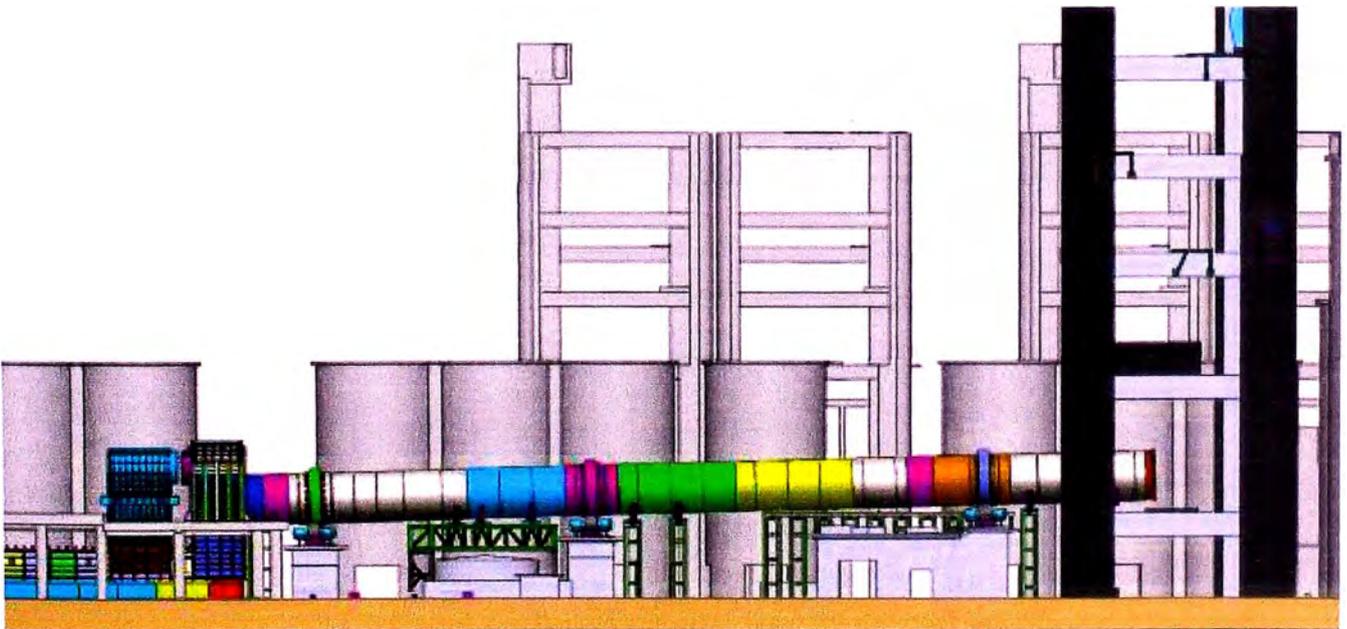


Figura 4.11: Virola flotante I, montadas en sitio.

Instaladas todas las virolas en su totalidad se procederá a realizar el control de concentricidad de las virolas así como su nivelación de acuerdo a planos de montaje.

Finalizado el alineamiento de los tramos del Horno se procede a emitir los protocolos mecánicos, topográficos y Check List de montaje mecánico de acuerdo al manual de FLSmidth.

Para la instalación del sello de ingreso y salida del Horno deberán estar instalados y alineados al Horno el Kiln Hood y Kiln Riser.

Los sellos se instalaran luego de haber liberado el alineamiento y soldeo del horno.

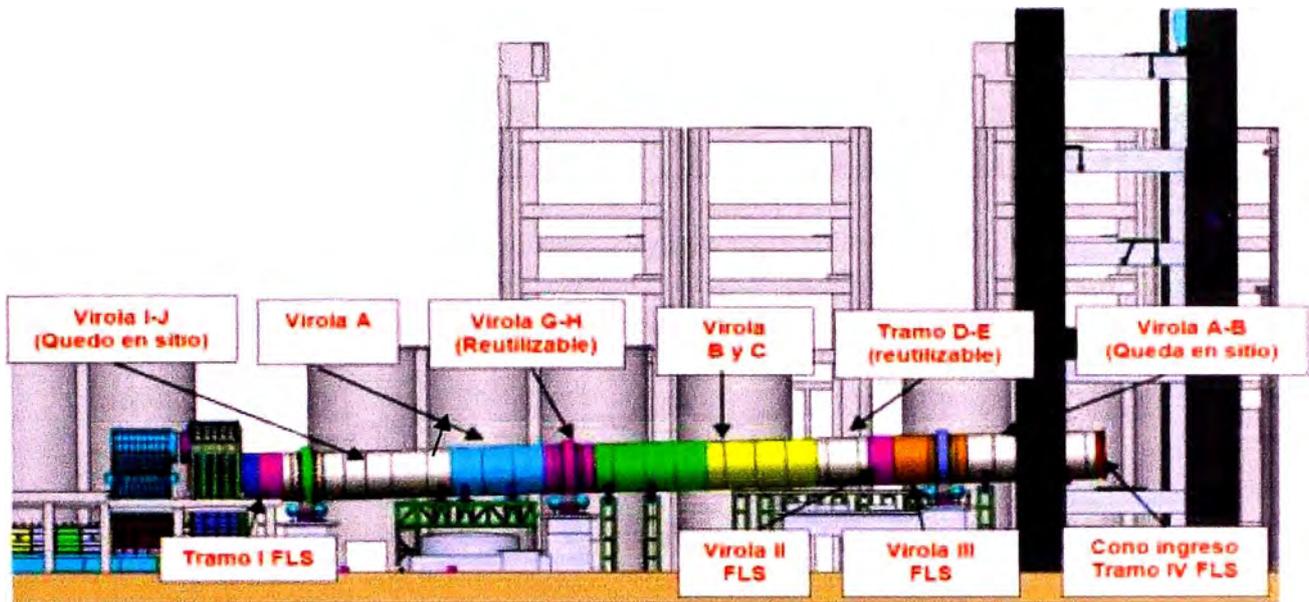


Figura 4.12: Disposición final del horno.

4.3.2.3. Montaje del sistema Motriz

Para el montaje del sistema motriz se utilizara grúa de 160 ton.

Previamente al montaje e instalación del sistema motriz se desmontara los soportes temporales – calzatura.

Para lograr el giro del horno para la etapa de alineamiento y soldeo se empleara un accionamiento auxiliar.

Se emplearan bastidores provisionales para el moto reductor logrando un pre alineamiento de Catalina, piñón, acoplamiento de membrana, motor reductor y motor.

Luego de finalizado y aprobado el alineamiento y soldeo del Horno se procederá al alineamiento final del sistema de accionamiento iniciando por las 3 llantas, Catalina, piñón, motor reductor y motor principal y motor auxiliar.

Colocación de lanas de nivelación para frame de Moto reductor y Piñón.

Montaje de bases de Moto reductor (Frame) y Piñón.

Control topográfico, nivelación del frame.

Montaje de Moto reductor y Piñón.

Retiro de bastidor provisional del moto reductor y grouteo de cajuelas y base del equipo.

4.3.2.4. Montaje de Catalina

Para el montaje de la Catalina se realizarán las siguientes actividades previas:

Limpieza manual y verificación de posibles defectos y daños en los dientes y partes maquinadas.

Pre ensamble y unión de ambas partes para verificación y control dimensional, en presencia de un representante de FLS.

Instalación de paletas (spring plates) y sillas para alineamiento. En presencia de un representante de FLS.

La verificación del alineamiento axial y radial de la catalina se realizara en el turno nocturno.

Se realizara un alineamiento preliminar de catalina y piñón para dar inicio al giro del horno para el proceso de alineamiento y soldeo.

La Catalina se instala luego de haber desmontado la calzatura provisional para montaje de los tramos del Horno. Para este fin se utilizaran dos grúas de 160 Ton.

Se instala la primera mitad de Catalina utilizando 2 grúas y maniobra para lograr ubicarla en la parte inferior del tubo del Horno, para fijarla se utilizan 3 sillas (suministro FLS) las cuales sirven también para alineamiento axial y radial de la Catalina.

Seguidamente instalamos la otra mitad de la Catalina utilizando Grúa de 160 Ton.

Previo a la unión de ambos segmentos las superficies de unión deberán estar limpias, secas y libres de grasa.

La unión de ambos segmentos se realizara por medio de pernos tipo Jack bolt y superbolt.

Seguidamente se procede al alineamiento final de la Catalina esta actividad luego de haber sido aprobado el alineamiento y soldeo del Horno.

Se realiza el soldeo de los spring plates o paletas de la Catalina, durante esta operación se debe proteger la catalina para evitar residuos.

Finalmente se instala la guarda de seguridad previo retiro de las sillas de alineamiento radial provisionales.

4.3.2.5. Montaje De Sistema De Empuje Axial

Previo al montaje se deberá instalar el pistón de accionamiento. En presencia de un representante de FLSmidth.

Para la satisfactoria operación del sistema de empuje axial es prerequisite que los Rollers existentes estén correctamente ajustados y alineados.

La llanta deberá estar alineada antes de instalar el sistema de empuje axial.

Previo a la maniobra de montaje se deberán retirar las calzaduras provisionales del lado norte.

El equipo se instalara luego de haber montado el tramo B-E que incluye la Llanta 1.

La instalación se realizara utilizando una grúa de 160 Ton., para dejarlo ubicado a la altura del sistema de accionamiento, se trasladara e instalara en su posición final por medio de maniobras y grúa.

La unidad hidráulica se instalara en la parte inferior de la base existente.

4.3.2.6. Alineamiento De Llanta 1

Durante el montaje de la llanta 1 en virola III FLS se realizó un pre alineamiento de la llanta.

Durante las actividades de alineamiento del sistema de accionamiento se realizara el alineamiento final de la Llanta con respecto a los rollers existentes.

Adicionalmente se deberán alinear llantas II y III con respecto a los rollers existentes. Esto se lograra realizando el proceso de corte y biselado según planos. Asimismo realizando un replanteo topográfico de corte en frio.

Una vez aprobado el alineamiento axial y radial de la llanta 1 se procede a retirar los empujadores provisionales instalados para el pre alineamiento de la llanta 1.

Finalmente se procede a la instalación y soldeo de los stop blocks.

4.3.2.7. Soldeo del Horno

Concluidos los trabajos de control de las virolas se procederá al soldeo de las mismas, paso previo es la sincronización y verificación de la velocidad de soldeo con la del sistema de rotación de las virolas donde utilizaremos un accionamiento auxiliar para accionar y girar el horno a la velocidad requerida para el proceso SAW.

Como consideración a tomar es la lubricación de la Catalina y piñones durante el giro a bajas velocidades.

La soldadura se efectuara en base a lo indicado en los procedimientos, tomando en consideración que los pases externos serán realizados con el proceso de arco sumergido (SAW) y para la parte interna serán efectuados con electrodo manual (SMAW).

Finalizada la etapa de soldeo de las juntas en su totalidad se realizara una nueva verificación y ajuste de la concentricidad de las virolas.

4.4. MODO DE ACEPTACIÓN

Se acepta el procedimiento cuando se han cumplido las pautas contenidas en su desarrollo.

En ese sentido, el Horno y los sistemas de accionamiento se verificará su verticalidad, horizontalidad y alineamiento, debiendo estar estas mediciones dentro de las tolerancias señaladas en los planos o especificaciones técnicas del equipo, emitiéndose los protocolos y registros correspondientes en cada etapa del proceso.

CAPÍTULO V

CONTROL DE CALIDAD MONTAJE.

5.1. ACCIONAMIENTO PARA GIRO, ALINEAMIENTO Y SOLDEO DE VIROLAS

A continuación, se procederá con el giro del Horno para realizar el soldeo por Arco Sumergido (SAW) entre virolas, considerando que para poder realizar este tipo de soldadura se requiere que la velocidad de giro sea de 14 pulg./min, como se indica en el Manual de Montaje del Horno Rotatorio para Soldadura Automática de FLSmith.

Para poder accionar el sistema a esa velocidad, se acoplará a un motoreductor a la entrada de la segunda caja de reducción. Este motoreductor será alimentado y controlado por un Variador de Velocidad.

En esta memoria de cálculo se va obtener una metodología de sustento, a través de los cálculos de torque – velocidad, de la utilización de un variador de velocidad y un moto reductor para accionar auxiliariamente el horno rotativo, es decir, hacer un análisis para determinar la potencia y torque requerido en el eje del reductor auxiliar para poder accionar el horno.

5.1.1. Consideraciones Para La Memoria De Cálculo.

- Se considera el horno vacío, sin material de producción ni ladrillos refractarios, es decir sólo se considera el cascarón vacío, las llantas y los arriostres interiores como carga muerta.
- Se toma como referencia el manual FLSmidth, de donde obtenemos las referencias de velocidad de giro de las virolas para soldeo (250 - 420mm/min) y el rango de potencia de los motores para giro lento para soldeo (2 - 3.5kW).
- La velocidad requerida para el soldeo será de 14 pulg. /min en la circunferencia de las virolas.
- Se considera una eficiencia de 90% en los rodamientos y engranajes.

5.1.2. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

- Se debe calcular las RPM, así como la potencia requerida para accionar el horno a una velocidad de 14 pulg./min. Con estos datos se podrá seleccionar el motor.

- Se propone accionar al reductor auxiliar con un moto reductor, se usará un variador de velocidad para poder asignarle las RPM's y potencia calculadas, configurando el equipo podemos controlar el moto reductor y así poder obtener la velocidad requerida.

- Al reducir la velocidad y la potencia, también disminuye la disipación de calor en el moto reductor, por ello también se requiere un cálculo de ventilación forzada para poder seleccionar un ventilador y así disipar el calor generado por el sistema.

La memoria de cálculo incluye lo siguiente:

- Cálculo de las RPM y la potencia requerida.
- Evaluación del moto reductor con el variador de velocidad y determinar si es apropiado para el uso requerido.
- Cálculo de ventilación forzada.

5.1.3. Datos Del Accionamiento

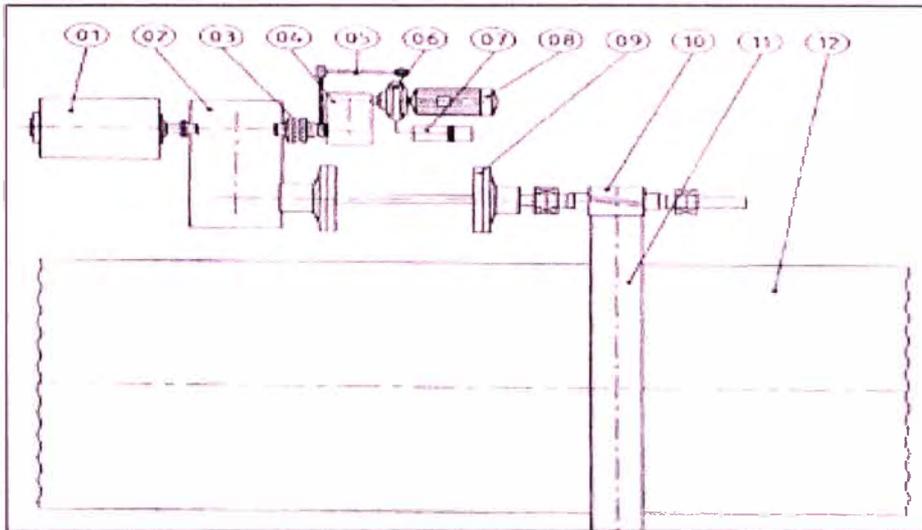


Figura 5.1: Se muestra un diagrama del sistema de accionamiento.

Tabla 5.1.: Se muestra las partes y datos a tomar en cuenta.

| | |
|----|---|
| 01 | Motor principal 630Kw 3/60/440V, 1765RPM |
| 02 | Reductor principal H3SH21 810kW, $n_1=22.368$ (Primera etapa de reducción) |
| 03 | Acoplamiento de bloqueo marcha atrás |
| 04 | Reductor para giro lento H3SH7 36kW, $n_1=62.87$ (Segunda etapa de reducción) |
| 05 | Manija de maniobra para bloqueo marcha atrás |
| 06 | Freno de zapatas |
| 07 | Dispositivo levanta frenos |
| 08 | Motor auxiliar, giro lento 31kW 3/60/440V, 1765RPM, tipo Jaula Ardilla |
| 09 | Acoplamiento de membrana |
| 10 | Piñón del horno $D_p = 617.4$ mm, $Z_p = 19$ dientes |
| 11 | Corona dentada. $D_p = 7798.48$ mm, $Z_p = 240$ dientes |
| 12 | Cuerpo o carcasa del horno |

5.1.4. Descripción Del Cálculo

5.1.4.1. Datos De Placa De Elementos De Accionamiento Del Horno

i. Primera etapa de reducción.

Tabla 5.2.

| GEAR UNIT H3SE21 | | |
|-------------------------|--------|-----|
| Parámetro | VALOR | |
| Potencia | 810 | KW |
| Velocidad entrada | 900 | RPM |
| Velocidad salida | 40.24 | RPM |
| Relacion de transmision | 22.368 | n1 |

ii. Segunda etapa de reducción.

Tabla 5.3.

| GEAR UNIT H3SH7 | | |
|-------------------------|----------|-----|
| Parámetro | VALOR | |
| Potencia | 36 | KW |
| Velocidad entrada | 1800 | RPM |
| Velocidad salida | 28.63 | RPM |
| Relacion de transmision | 62.87111 | n2 |

iii. Sistema de transmisión catalina y piñón.

Tabla 5.4.

| CATALINA Y PIÑÓN | | |
|-----------------------------|---------|----------|
| Parámetro | VALOR | |
| Diámetro interno de virola | 5200 | mm |
| Corona. Z_p | 240 | Dientes |
| Corona. D_p | 7798.48 | mm |
| Piñón. Z_p | 19 | Dientes |
| Piñón. D_p | 617.4 | mm |
| Velocidad de giro requerida | 14 | Pulg/min |

5.1.4.2. Determinación De La Velocidad De Giro Del Motoreductor

La velocidad de giro requerida para el soldeo por arco sumergido de las virolas debe ser de 14Pulg./min, este valor está dentro del rango recomendado por FLS (250 - 420mm/min).

$$n_{\text{virola}} = 14''/\text{min} = 355.6 \text{ mm/min} = 0.022 \text{ RPM}$$

Multiplicando por la relación de dientes entre el piñón (19) y la catalina (240) obtenemos la velocidad en el eje del piñón:

$$n_{\text{eje piñón}} = 0.022 \text{ RPM} \times 240/19 = 0.273 \text{ RPM}$$

Multiplicando por la relación de transmisión del reductor principal, obtenemos la velocidad en el eje de acople entre el reductor principal y el reductor auxiliar.

$$n_{\text{eje A}} = 0.273 \text{ RPM} \times 22.368 = 6.115 \text{ RPM}$$

Multiplicando por la relación de transmisión del reductor auxiliar obtenemos la velocidad en el eje del moto reductor:

$$n_{\text{motor}} = 6.115 \text{ RPM} \times 62.871 = 384.456 \text{ RPM}$$

Por lo tanto el moto reductor debe girar a: **384.456 RPM**

5.1.4.3. Determinación De La Potencia Requerida Para El Giro Del Horno

Se tienen dos alternativas de calcular la potencia requerida para el giro del horno. La primera se basa en la inercia propia del horno, la segunda teniendo en cuenta los diferentes elementos resistentes en los apoyos del horno. Como se podrá observar más adelante, ambos resultados se asemejan y se encuentran próximos a lo estimado por FLS.

5.1.5. Cálculo de la potencia requerida a partir de la inercia referida al eje del horno

Para este caso se determina la masa total del horno a partir de su volumen por tramos (se considera que todo es acero $\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$) y se calcula la inercia referida al eje del horno.

5.1.5.1. Cálculo De La Masa

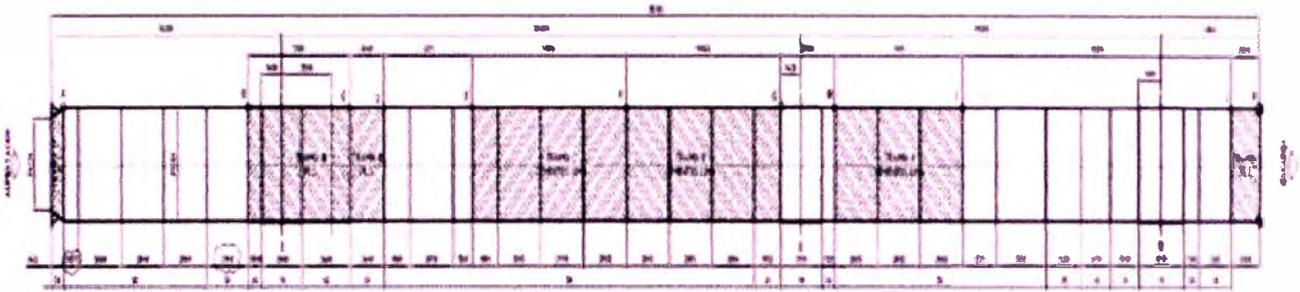


Figura 5.2: Se muestra un diagrama del Horno Horizontal.

Para el cálculo de la masa se determina el volumen por cada sección de espesor:

$$\text{Vol}_{[m^3]} = (D + e) * \pi * e * L$$

Dónde:

D: Diámetro interior del horno (5200mm).

e: Espesor de la virola o tramo.

L: Longitud del tramo.

Tabla 5.5.: Cálculo del volumen por cada sección de espesor.

| Long. | Espesor | Volumen por Sección |
|--------------|----------------|-----------------------------|
| mm | mm | m³ |
| 1193 | 30 | 0.5880 |
| 9707 | 32 | 5.1057 |
| 2900 | 50 | 2.3915 |
| 1000 | 65 | 1.0751 |
| 2800 | 90 | 4.1880 |
| 3400 | 65 | 3.6554 |
| 2400 | 50 | 1.9792 |
| 25915 | 30 | 12.7739 |
| 1852 | 50 | 1.5273 |
| 2950 | 90 | 4.4124 |
| 950 | 50 | 0.7834 |
| 14861 | 32 | 7.8166 |
| 2520 | 30 | 1.2421 |
| 2070 | 40 | 1.3630 |
| 2016 | 50 | 1.6625 |
| 3200 | 90 | 4.7863 |
| 1100 | 50 | 0.9071 |
| 2098 | 40 | 1.3815 |
| 2000 | 40 | 1.3170 |
| | | 58.956 m³ |

Por lo tanto la masa de las virolas del horno será:

$$m \text{ [kg]} = \text{Vol}_{\text{[m}^3\text{]}} * \delta_{\text{[kg/m}^3\text{]}} = 58.956 * 7850 = 462\ 805.862 \text{ kg}$$

Considerando el peso de los arriostres (2%) y el peso de las tres llantas (68Tn c/u):

$$m_{\text{horno}} = 1.02 * 462\ 805.862 + 68000 * 3 = 676\ 061.98 \text{ kg}$$

Por lo tanto la masa del horno es de **676 061.98 kg**

5.1.5.2. Cálculo De La Inercia Referida Al Eje Del Horno.

Considerando un radio de giro de 2600mm:

$$I_{\text{horno}} = m_{\text{horno}} * R^2 = 676\ 061.98 * 2.6^2$$

$$I_{\text{horno}} = 4\ 570\ 178.98 \text{ kg.m}^2 = 108\ 451\ 992.49 \text{ lb. pie}^2$$

5.1.5.3. Cálculo Del Torque Requerido En La Catalina Del Horno

Utilizamos la siguiente ecuación:

$$T_{\text{catalina}} = \frac{I_{\text{horno}} * V_{\text{catalina}}}{308 * t_{[\text{seg}]}}$$

Dónde:

T_{catalina} : Torque requerido en la catalina lb.pie.

I_{catalina} : Inercia del horno respecto a su eje en
lb.pie²

V_{catalina} : Velocidad de la catalina en RPM

t : Tiempo de aceleración en seg.

El parámetro “t” significará el tiempo que tome en llevar el giro del horno de 0 a 0,022RPM. Por ello, este parámetro no se calcula, pues depende de la aceleración que deseamos obtener. Por lo tanto “t” se configurará directamente en el variador. Dado que la velocidad final de la virola será de 0.022RPM consideramos que 0.1 segundos de aceleración es aceptable.

Debemos tener en cuenta que, de acuerdo a la ecuación anterior, mientras mayor sea el tiempo de aceleración, menor será el torque requerido y por ende, menor la potencia requerida del accionamiento.

Reemplazando los valores se tiene:

$$T_{catalina} = \frac{108451992.49 * 0.022}{308 * 0.1} = 76207.376 \text{ lb.pie}$$

$$T_{catalina} = 76\ 207.376 \text{ lb.pie} = 103\ 323.337 \text{ N.m}$$

5.1.5.4. Cálculo De La Potencia Requerida En La Catalina Del Horno.

$$Pot_{catalina} = \frac{T_{catalina} * V_{catalina}}{5250}$$

$$Pot_{catalina} = \frac{103\ 323.337 * 0.022}{5250} = 0.314 \text{ HP}$$

Tomando un factor de seguridad de 2.5:

$$Pot_{catalina} = 0.314 \text{ HP} * 2.5 = 0.785 \text{ HP} = 0.586 \text{ kW}$$

5.1.5.5. Cálculo de la potencia en el eje del moto reductor.

Para la transferencia de potencia en las transmisiones se está considerando una eficiencia de los engranajes y rodamientos de 90%, por lo tanto:

Potencia en el eje del piñón:

$$Pot_{piñon} = \frac{Pot_{catalina}}{0.90 \cdot 0.90} = \frac{0.586}{0.90 \cdot 0.90} = 0.723 kW$$

Potencia referida al eje de reductores:

$$Pot_{ejeA} = \frac{Pot_{piñon}}{0.90 \cdot 0.90} = \frac{0.723}{0.90 \cdot 0.90} = 0.804 kW$$

Potencia en el eje del moto reductor:

$$Pot_{motor} = \frac{Pot_{ejeA}}{0.90 \cdot 0.90} = \frac{0.804}{0.90 \cdot 0.90} = 0.893 kW$$

Por lo tanto la potencia efectiva del moto reductor debe ser:

$$0.893 kW \cong 1 kW$$

5.1.6. Cálculo De La Potencia Requerida Teniendo En Cuenta Los Diferentes Elementos Resistentes En Los Apoyos Del Horno

Para este caso se han calculado las reacciones en los soportes del horno.

5.1.6.1. Cálculo De Las Reacciones En Los Apoyos.

Para el cálculo de reacciones se utilizó el Software SAP2000 para determinar las reacciones en los apoyos.

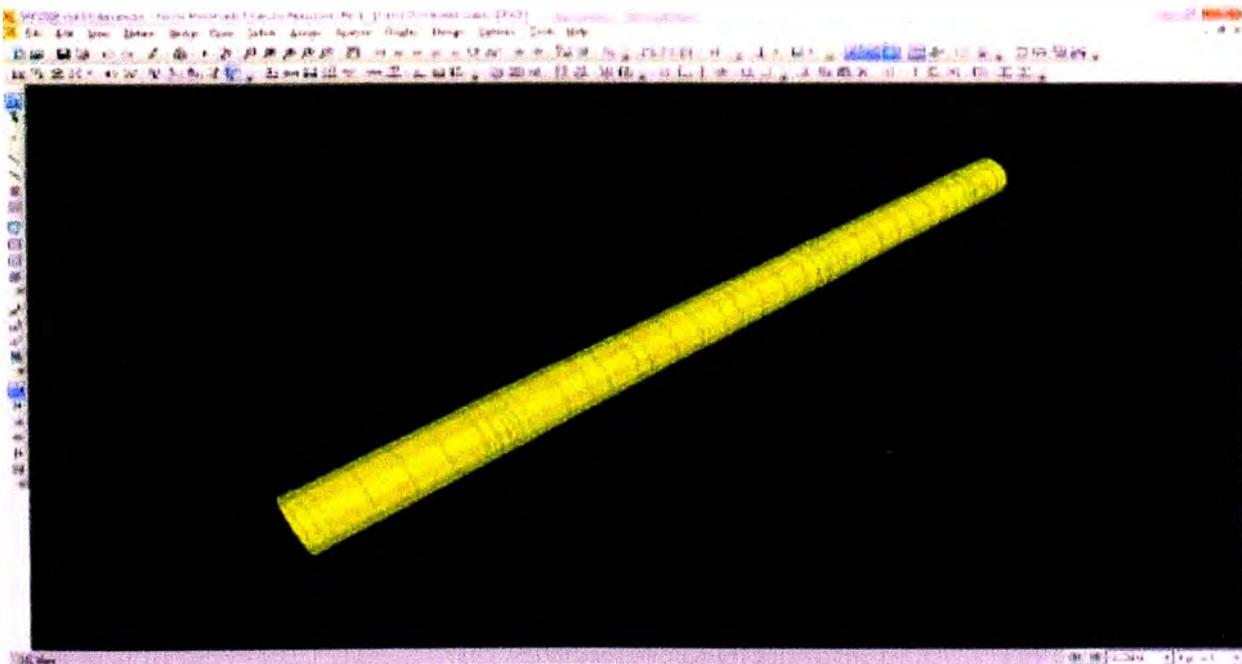


Figura 5.3: Calculo de las reacciones con el software.

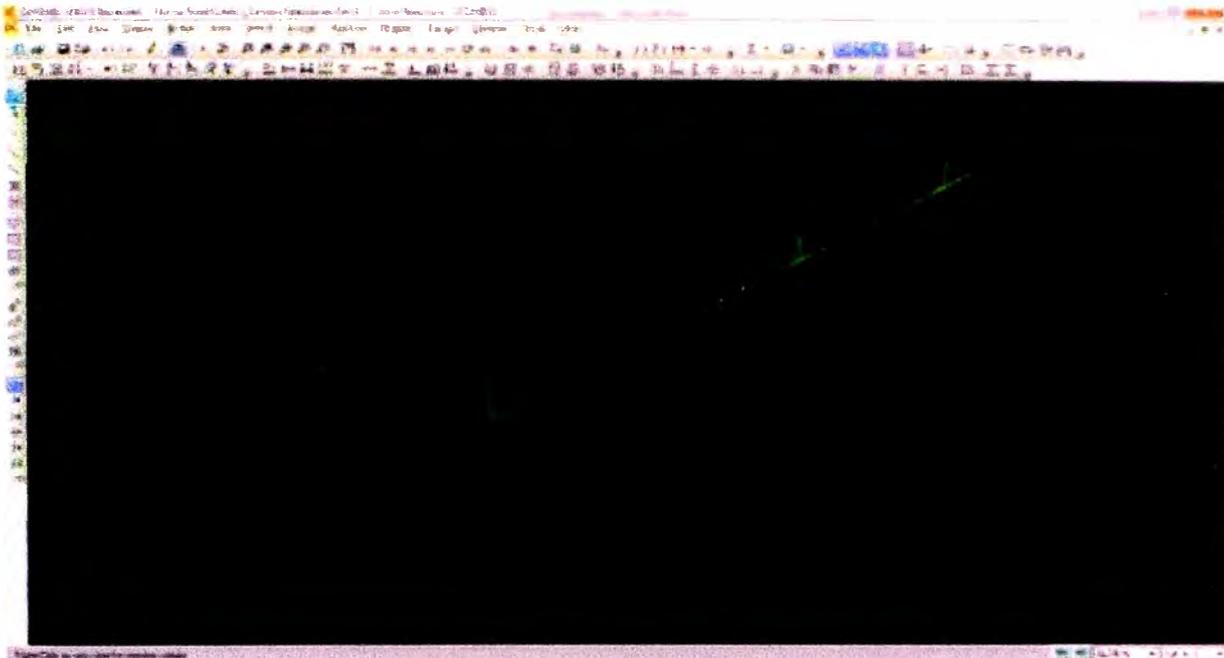


Figura 5.4: Calculo de las reacciones con el software.

Tabla 5.6.: Puntos de Reacción.

| TABLE: Joint Reactions | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|------------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| Joint | OutputCase | Case Type | F1 | F2 | F3 | M1 | M2 | M3 |
| Text | Text | Text | kgf | kgf | kgf | Kgf-m | Kgf-m | Kgf-m |
| 10 | COMB1 | Combination | 0 | 0 | 265921.64 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | COMB1 | Combination | 0 | 0 | 236069.21 | 0 | 0 | 0 |
| 40 | COMB1 | Combination | 0 | 0 | 178548.65 | 0 | 0 | 0 |

Por lo tanto las reacciones en los apoyos son:

$$W_A = 265\,921.64 \text{ kg} = 585\,027.608 \text{ lb}$$

$$W_B = 236\,069.21 \text{ kg} = 519\,352.262 \text{ lb}$$

$$W_C = 178\,548.65 \text{ kg} = 392\,807.03 \text{ lb}$$

5.1.6.2. Cálculo De La Potencia Requerida En La Catalina Del Horno.

La potencia P absorbida por el accionamiento del Horno rotatorio es la suma de las potencias necesarias para vencer los diferentes elementos resistentes:

- La carga a poner en movimiento, P_1 .

- Las fuerzas de rozamiento entre los rodillos de apoyo (polines) y el eje de los rodillos, P_2 .

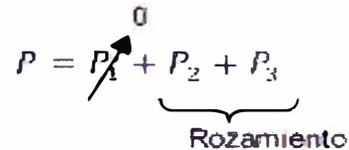
- Las fuerzas ligadas al contacto entre los rodillos de apoyo (polines) y los aros de rodadura (llantas), P_3 .

El cálculo se basa en dos componentes, las fuerzas para vencer el rozamiento y las fuerza para sostener el movimiento

de la carga, teniendo en cuenta que el horno no tendrá carga

$P_1=0$, por lo tanto se tiene:

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$



Una fórmula simplificada usada para el cálculo de la potencia de rozamiento en hornos rotatorios es:

$$Pot_{ejeA} = \frac{W \times bd \times td \times N \times F \times 0.0000092}{rd}$$

Dónde:

W: Carga total vertical en cada estación de polines (lb) = W_A ,

W_B, W_C

bd: Diámetro del eje del Polín (pulg.) = 23.504 pulg.

td: Diámetro de la llanta (pulg.) = 247.244 pulg.

rd: Diámetro del polín (pulg.) = 82.677 pulg.

N: Velocidad de giro del horno (RPM) = 0.022 RPM

F: Coeficiente de fricción

$F=0.02$ para chumaceras lubricadas por aceite (A aplicar en este caso).

$F=0.06$ para chumaceras lubricadas por grasa.

$F=0.06$ para chumaceras con rodamientos de bolas.

Nota: Esta ecuación fue tomada del Cement Data Book, del autor Walter H. Duda

Reemplazando los valores tenemos:

$$P_A = 0.1585 \text{ HP} = 0.1182 \text{ kW}$$

$$P_B = 0.1407 \text{ HP} = 0.1049 \text{ kW}$$

$$P_C = 0.1063 \text{ HP} = 0.0793 \text{ kW}$$

$$\mathbf{P_{TOT} = P_A + P_B + P_C = 0.302 \text{ kW}}$$

Es usual trabajar con coeficientes de seguridad de 2 a 2.5, con respecto a los resultados de los cálculos de la determinación de la potencia a instalar.

$$\text{Pot}_{\text{catalina}} = 0.302 \text{ kW} * 2.5 = 0.756 \text{ kW}$$

5.1.6.3. Cálculo De La Potencia En El Eje Del Motoreductor.

Para la transferencia de potencia en las transmisiones, se está considerando una eficiencia de los engranajes y rodamientos de 90%, por lo tanto:

Potencia en el eje del piñón:

$$Pot_{piñon} = \frac{Pot_{catalina}}{0.90 \cdot 0.90} = \frac{0.756}{0.90 \cdot 0.90} = 0.933 kW$$

Potencia referida al eje de reductores:

$$Pot_{eje A} = \frac{Pot_{piñon}}{0.90} = \frac{0.933}{0.90} = 1.037 kW$$

Potencia en el eje del moto reductor:

$$Pot_{motor} = \frac{Pot_{eje A}}{0.90} = \frac{1.037}{0.90} = 1.152 kW$$

Por lo tanto la potencia efectiva del moto reductor debe ser:

1.152kW

Como se observa, por ambos métodos la potencia requerida del motor es similar, eligiendo la mayor tendremos: 1.152kW.

Además: 384.456 RPM = 40.26 Rad/s

Entonces:
$$\tau = \frac{1.152}{40.26 \cdot 0.98} = 29.198 \text{ N.m}$$

Por lo tanto, para el accionamiento se requiere un motoreductor con los siguientes parámetros:

| | | |
|---------------------|---|-------------|
| Potencia | : | 1.152 kW |
| Vel. Angular | : | 384.456 RPM |
| Torque | : | 29.198 N.m |

5.1.7. Evaluación De Un Motorreductor Alimentado Con Un Variador De Velocidad

Tabla 5.7: Evaluación de Motorreductor.

| | | |
|-----------------|-----------------|-------------------------|
| Motor | Marca | Vogues-Delcrosa |
| | Potencia | 10 HP |
| | Carcasa | 1325 |
| | Tensión | 220 / 440 V 3F |
| | Velocidad | 3520 RPM |
| Reductor | Tipo | Engranajes Helicoidales |
| | Marca | SITI-Italia |
| | Reducción | 10:01 |
| | Diámetro de eje | 50 mm |
| | Torque Nominal | 21.22 kg.m |
| Variador | Marca | Yaskawa |
| | Potencia | 10 HP |
| | Corriente | 14.8 A |
| | Tensión | 380 / 440V 3F |

Como podemos notar tanto la potencia como la velocidad nominal del motoreductor son superiores a las requeridas para el accionamiento. Para poder obtener los parámetros deseados debemos controlar el motor, para esto se empleará un variador de velocidad.

Como sabemos el variador de frecuencia nos permite variar la alimentación del motor y obtener el comportamiento deseado. En la figura siguiente se muestra que variando el voltaje y la frecuencia manteniendo la relación V/f constante e igual a los datos de placa del motor podremos desplazar la curva de torques hacia la izquierda, lo que nos permitirá obtener el mismo torque a diferentes frecuencias de operación.

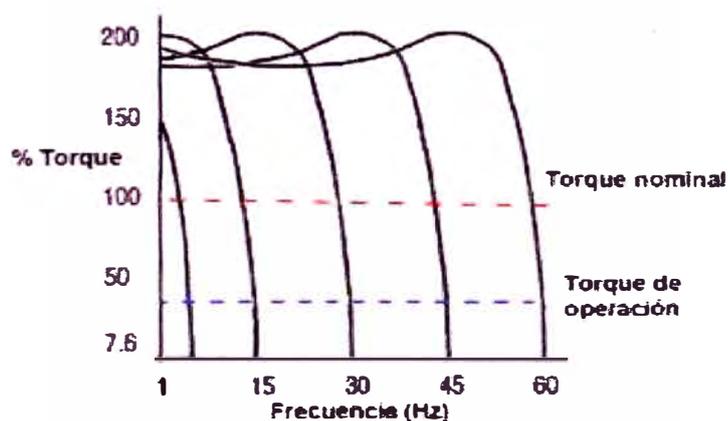


Figura 5.5.: Curva de Frecuencia vs. Torque.

A continuación se muestra el diagrama de bloques de la etapa de control de un variador de frecuencia. Como se observa, por lo general, está conformada por: un bloque de rampa, dos bloques controladores, dos comparadores y un bloque de disparo.

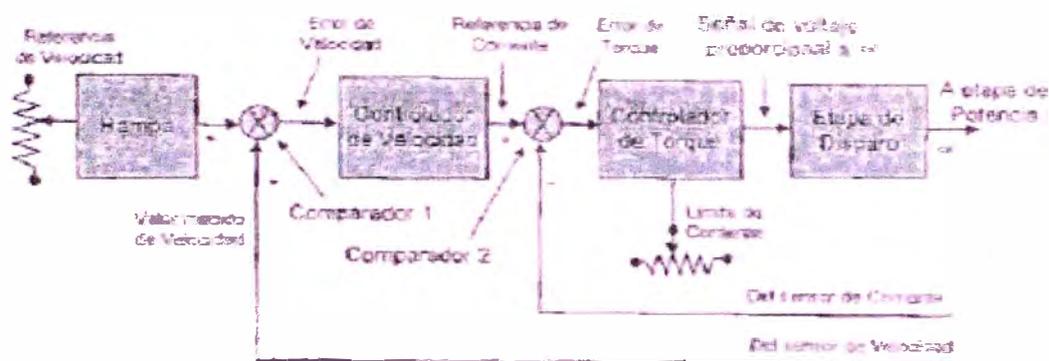


Figura 5.6: Diagrama de bloques de la etapa de control de un variador de frecuencia.

Por lo que se tiene que un variador de frecuencia puede controlar el motor y lograr que éste se comporte de la manera deseada.

Cabe señalar que el tipo de servicio del motor será de carga constante con una duración de tiempo de operación suficiente para que se pueda alcanzar el equilibrio térmico y no se afecte la vida útil del equipo. Se considerará el uso de ventilación forzada para la disipación de calor.

Para la selección del variador se menciona que:

- Debe tener una potencia de 10HP.
- Debe admitir una entrada de corriente de 14A.
- El perfil de carga será del tipo torque constante.
- Como observación se menciona que en la configuración del variador se colocarán los parámetros “alarma” para limitar la corriente de alimentación al motor y su velocidad.

Como actividades para la configuración del sistema variador-motor se menciona:

- Instalación eléctrica, los terminales de alimentación desde la red y hacia el motor.
- Compatibilización Variador-Motor, definiendo los datos de alimentación, limitaciones.
- Configuración de mando, se configurará para mando local, mando distancia, por velocidades prefijadas. No se pretende usar redes de comunicación a otros equipos.

5.1.8. Calculo De Disipación Térmica Del Motor

A pesar de que el motor estará girando a una velocidad cercana a su velocidad nominal, se plantea el cálculo de flujo de aire requerido para que la temperatura de los aislamientos no se eleve demasiado.

Teniendo como referencia la potencia nominal del motor: 7.46kW, y la potencia a utilizar para girar el horno (1.2kW), para la selección de un ventilador consideraremos que toda la potencia requerida se convierte en calor a disipar; es más, consideraremos una potencia a disipar de 7.5kW, consideraremos un incremento de temperatura de 20° respecto a la temperatura ambiental.

$$Q_A[m^3/s] = 0.77 \times 10^{-3} \times \frac{P_C[W]}{\Delta T_A[^\circ C]}$$

Reemplazando los valores en la ecuación tenemos:

$$Q_A[m^3/s] = 0.77 \times 10^{-3} \times \frac{7500}{20}$$

$$Q_A[m^3/s] = 0.289 \text{ m}^3/s$$

Por lo tanto, para disipar el calor generado, se requiere un flujo de aire de $0.289 \text{ m}^3/\text{s}$. Por lo que el uso de un ventilador externo sería opcional. En todo caso, para el flujo requerido, se podría utilizar un ventilador pequeño tipo doméstico.

5.1.9. Resultados Del Estudio

Luego del estudio se concluye que para el accionamiento del horno se requiere un motor trabajando con las siguientes características:

| | |
|---------------------|--------------------|
| Potencia | 1.152 kW |
| Vel. Angular | 384.456 RPM |
| Torque | 29.198 N.m |

Se comprueba la factibilidad de usar un motoreductor de 10HP siendo alimentado y controlado por un variador de velocidad.

5.2. INSTRUCTIVO DE CORTE Y BISELADO DE VIROLAS EXISTENTES DEL HORNO.

Definir las secuencias de trabajo primero para el corte por tramos del Casco del Horno existente, y segundo para el posterior biselado de los tramos recuperables. Todo ello haciendo uso de un equipo de corte automático WELD-HANDY MULTI Marca: KOIKE, el cual se adaptará a la redondez de la virola existente para realizar las operaciones de corte.

5.2.1. Recursos

5.2.1.1. Equipos y Herramientas

- Equipo de corte y biselado automático.
- Rieles flexibles con imanes.
- Baterías de Oxígeno.
- Equipo de Topografía / Estación Total, Nivel Óptico con micrómetro.
- Niveles de precisión.
- Cuerda de piano.
- Reflectores ó lámparas (luminarias).
- Maletines de herramientas.
- Esmeriles de 4 ½" y 7".

- Combas.
- Radios Portátiles.
- Andamios.

5.2.2. **Ejecución**

5.2.2.1. **Consideraciones Previas**

Previo a la intervención se ha considerado que el Horno existente enfriará en dos (02) días en promedio para recién iniciar el replanteo topográfico (horno actual), el cual será realizado en su posición EN FRIO.

Se retirará el anillo distanciador en la llanta 1. Así mismo el desplazamiento del horno axialmente una distancia de 100mm, aproximando el eje de la llanta 3 a su posición final en frío.

Se ha considerado que se dejará en su “posición final más próxima” la distancia (desfase) entre el eje de polines-llanta III para el Horno modificado, según plano: 2107.1-M1-322 Rev.3. Este trabajo deberá ser realizado durante los días que dura el enfriamiento del Horno existente.

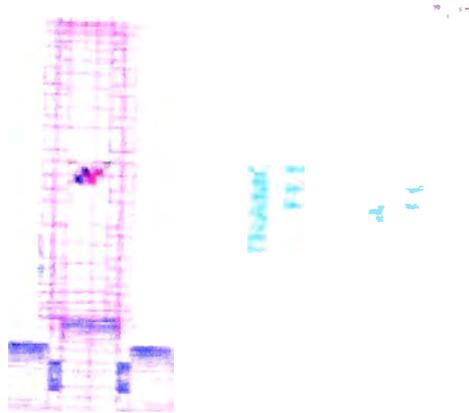


Figura 5.7.: Detalle de Posición Final EN FRIO entre el Eje de la Llanta III y el eje del Polín Fijo para el Horno Modificado (223mm)

Se ha considerado que los planos proporcionados:

2107.1-M1-321 Rev.4, 2107.1-M1-210 Rev.3, 2107.1-M1-322 Rev.3 consideran las distancias/desplazamientos correctos para la “Posición EN FRIO” y “Posición EN CALIENTE” en el desfase de ejes de los polines-llanta II y polines-llanta III, el cual definirá la medida final del HORNO MODIFICADO.

5.2.2.2. Replanteo Topográfico

- Previo a las operaciones de corte, se realizará el replanteo topográfico del Horno Existente en frío (horno actual) para revisión y aprobación.
- Trabajo previo a la parada; Se ha considerado el replanteo dimensional y verificación de biseles de los nuevos tramos de las virolas correspondientes a CORMEI (Tramo A, B, C) y FLS (Tramo I, IA, IB, II, III, IV).
- Concluido el replanteo topográfico del Horno existente y los replanteos dimensionales de las nuevas virolas de CORMEI y FLS, se emitirá un Plano de Corte actualizado para aprobar por la supervisión.

5.2.2.3. Equipos Utilizados Para El Proceso De Corte Y Biselado

La empresa CORMEI realizara el corte y biselado de las virolas del Horno existente con el Equipo de Corte WELD-HANDY MULTI Marca: KOIKE.

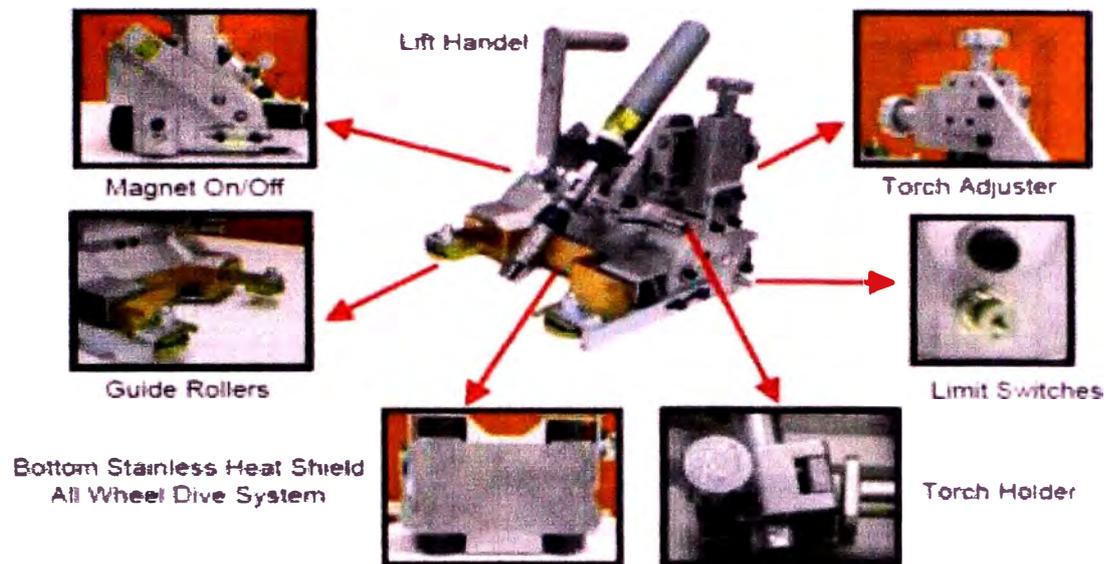


Figura 5.8.: Equipo de Corte WELD-HANDY MULTI
Marca: KOIKE.



Standard Model Panel

Figura 5.9.: Equipo de Corte WEL-HANDY MULTI, Marca:
KOIKE, Modelo: 068027

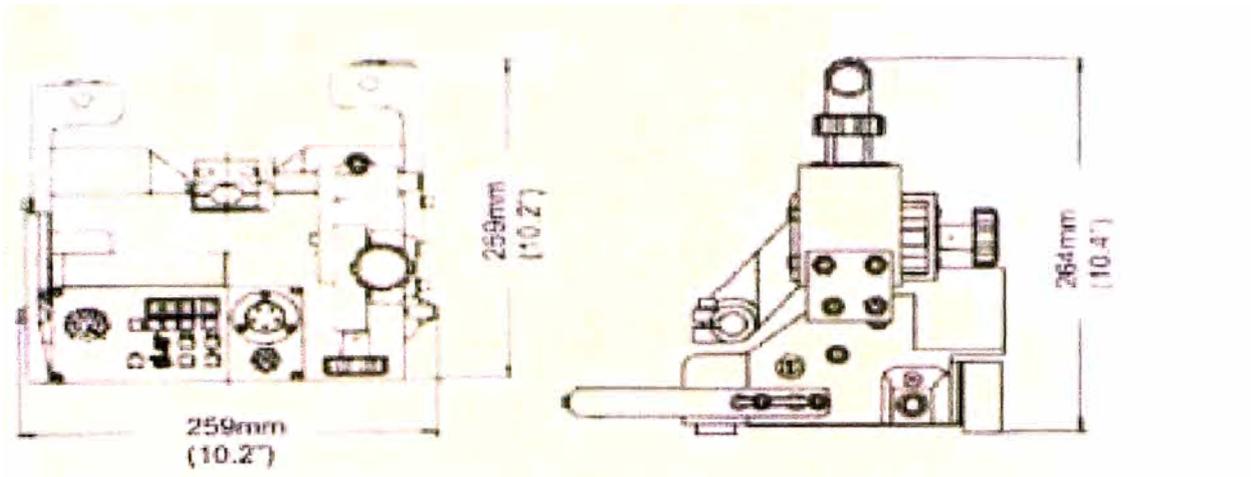


Figura 5.10.: Dimensiones de Equipo de Corte WEL-HANDY MULTI, Marca: KOIKE

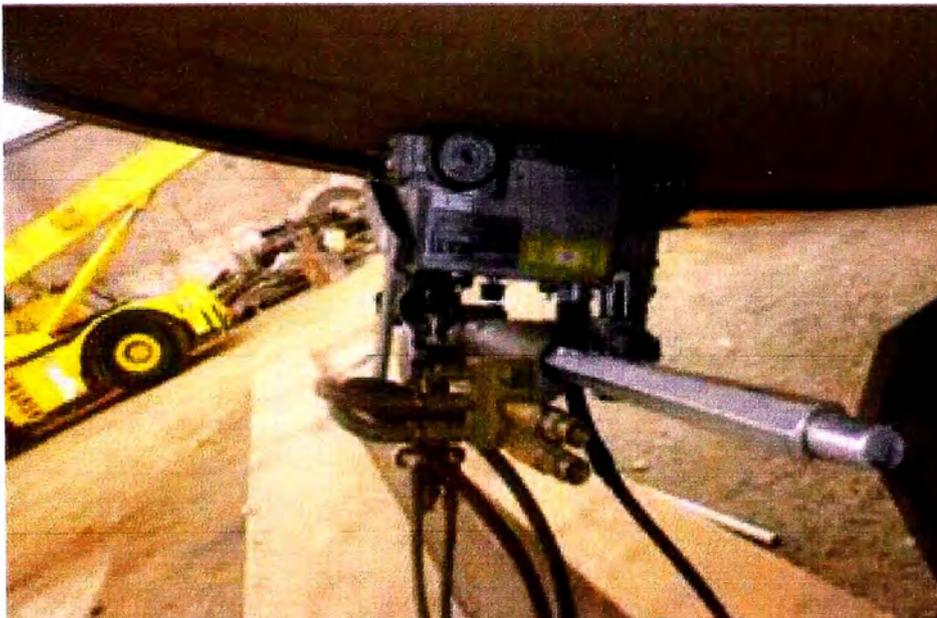


Figura 5.11.: Instalación de Equipo de Corte WEL-HANDY MULTI, Marca: KOIKE

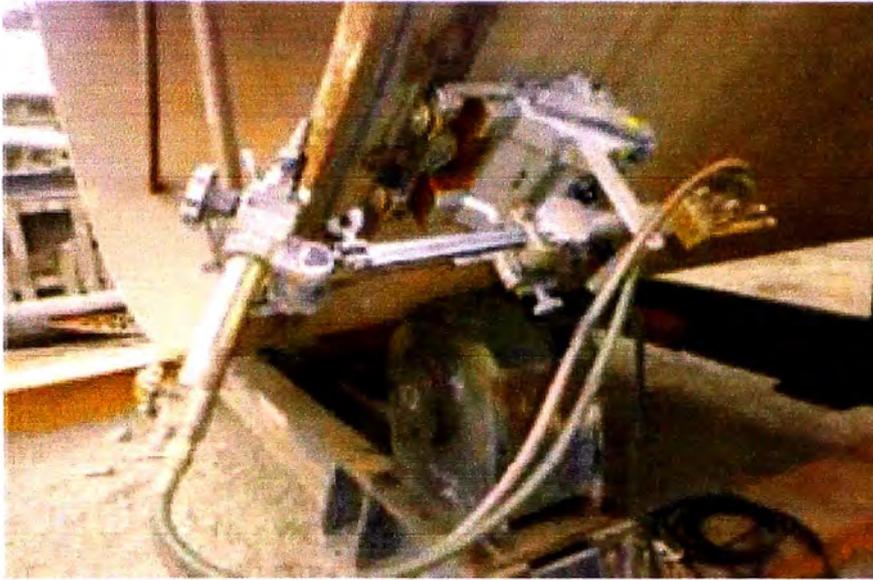


Figura 5.12.: Biselado Interior de Virola con equipo de Corte WEL-HANDY MULTI, Marca: KOIKE



Figura 5.13.: Corte Recto de Virola con equipo de Corte WEL-HANDY MULTI, Marca: KOIKE

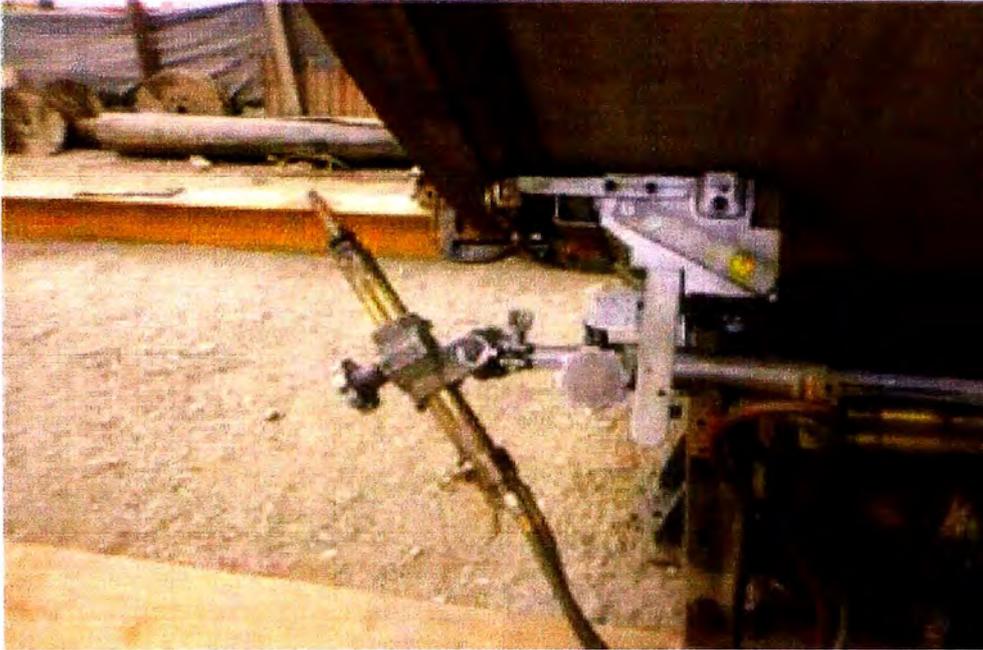


Figura 5.14.: Biselado Exterior de Virola con equipo de Corte WEL-HANDY MULTI, Marca: KOIKE

5.2.2.4. Secuencia De Corte En Virolas Existentes

Etapa 1 Actividades Previas

Esta etapa contempla todos los trabajos previos de limpieza y retiro de refractario, adheridos a la virola en la parte interna este trabajo estará a cargo de otro subcontratista, desmontaje de componentes mecánicos, instalación de soportes estructurales-calzaduras, instalación de arriostres al interior de las virolas en los puntos de corte, instalación de soportes de virolas tipo cuna (saddles), armado de andamios, entre otras

actividades descritas en el Procedimiento de Desmontaje Mecánico de Horno.

- Descostrado y limpieza interna en un tramo de 500mm centrado en la zona del biselado para optimizar el corte, que servirá también para realizar los cortes para desmontaje.
- La secuencia de corte de las virolas será seguida de acuerdo al Procedimiento de Desmontaje Mecánico del Horno tiene previsto 8 líneas de corte en las virolas existentes de acuerdo al plano 2107.1-M1-322.

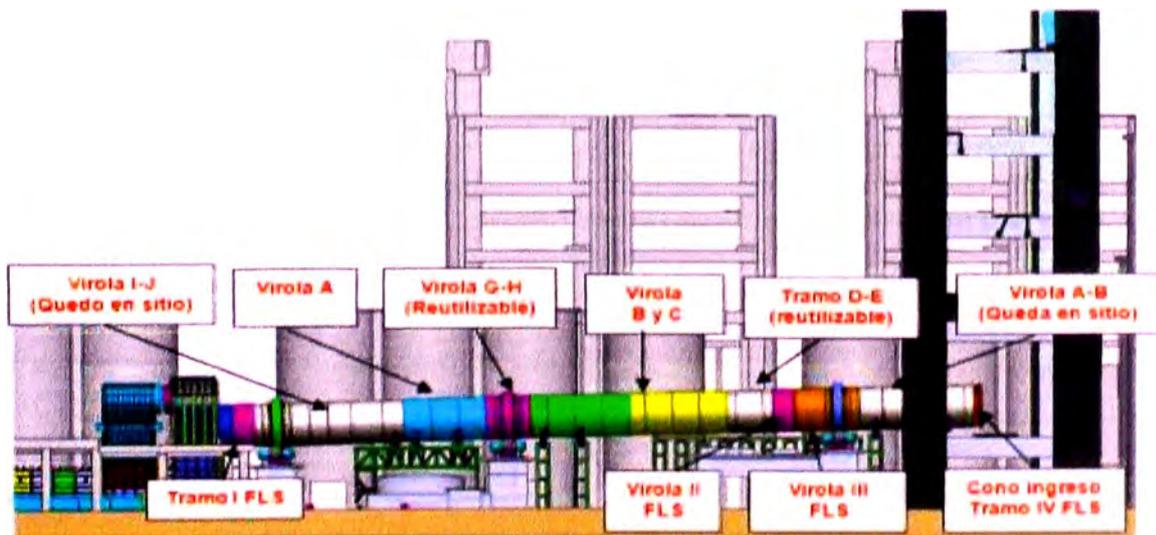


Figura 5.15.: Distribución de Virolas Nuevas y Reutilizables

Etapa 2 Replanteo Topográfico

- Esta etapa será realizada toda vez que se cumpla las consideraciones previas, seguidamente se realizará el replanteo topográfico del Horno existente en base a los planos proporcionados por la supervisión, los cuales serán compatibilizados con las medidas reales de las virolas existentes, costuras de soldadura existentes y virolas nuevas. Se emitirá un Plano de Corte actualizado con la disposición de las líneas de corte finales y biseles.
- Las líneas de corte aprobadas serán trazadas en forma circunferencial sobre las virolas existentes. Aquí, se considera el desplazamiento de la “línea de corte principal” a una “línea de corte secundaria” en un extremo de la virola debido a pérdidas de material por efectos del corte, el cual debe ser compensado para mantener la longitud útil de cada virola reutilizable.
- Se identificarán con 02 colores los trazos de la línea de corte principal y línea de corte secundaria.
- Control de Calidad debe verificar y generar un registro con los trazos previos al corte.

- Se marcará sobre las virolas una 3ra línea (guía) adicional, para la instalación y alineamiento de los rieles flexibles del carro de corte.

Etapa 3 Instalación de Elementos Temporales en Virolas

- Definido las líneas de corte, se procede a reforzar con arriostres temporales (crucetas con el diámetro interior virolas), las virolas en su zona interior (a cada extremo de la línea de corte) para evitar mayores deformaciones de redondez durante las operaciones de corte.
- Se realizará 01 agujero de 3/8" diámetro en la virola existente sobre la línea de corte, para el posicionamiento inicial de la boquilla de corte, este agujero debe estar cargado al lado de la virola que se descartará; el cual servirá para el ingreso de la flama oxiacetilénica y el precalentamiento previo para el inicio del corte.

Etapa 4 Instalación de Rieles Flexibles

- Se instalarán los rieles flexibles en todo el perímetro exterior de la virola, siguiendo el trazo de la línea guía.

- Se verificara que la línea de corte y la de los rieles estén perpendiculares al eje de la virola.

Etapa 5: Instalación de Carro de Corte y Ajuste de Parámetros

- Se instalará el carro de corte sobre los rieles flexibles y este realizará una prueba en vacío en toda la circunferencia, para evitar posibles interferencias de la boquilla con la superficie de la virola.
- Se considera en esta etapa, las condiciones de conexionado eléctrico y accesorios de corte como la caña, boquillas, manguera melliza, botellas de oxígeno y acetileno.
- Se considera la elaboración de una tabla de parámetros con los siguientes datos:
 - Espesor de Chapa de Virola.
 - Nro. de Boquilla.
 - Angulo de inclinación del cabezal-boquilla respecto a la generatriz de la virola.
 - Distancia de separación libre entre boquilla y superficie de virola.
 - Presión manométrica de oxígeno.
 - Presión manométrica de acetileno.
 - Velocidad de carro de corte

TABLA 5.8.: Tabla de parámetros.

| Espesor de chapa Virola | Nº de Boquilla | Presión manométrica de oxígeno | Presión manométrica de acetileno | Velocidad de carro de corte |
|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|---|------------------------------------|
| 1/4" | 0 | 30 | 3 | 16,0 a 18,0 |
| 3/8" | 1 | 30 | 3 | 14,5 a 16,5 |
| 1/2" | 1 | 40 | 3 | 12,0 a 14,5 |
| 3/4" | 2 | 40 | 3 | 12,0 a 14,5 |
| 1' | 2 | 50 | 3 | 8.5 a 11,5 |
| 1-1/2" | 3 | 45 | 3 | 6,0 a 7,5 |
| 2" | 4 | 50 | 3 | 5,5 a 7,0 |
| 3" | 5 | 45 | 3 | 5,0 a 6,5 |
| 4" | 5 | 60 | 3 | 4,0 a 5,0 |

Etapa 6: Inicio del Corte

- Se realizará los cortes rectos en toda la virola considerando la presencia permanente del operador – oxigenista, para ajuste de los parámetros durante todo el proceso de corte.
- Seguidamente, se ajustará el cabezal para realizar los biseles exteriores de acuerdo al Plano de Corte actualizado.
- Los cortes tipo bisel serán realizados por el exterior de la virola sin talón (punta de lápiz).

- El talón y el bisel interior será realizado en forma manual con abrasivos.
- Se repetirá la misma secuencia para cada línea de corte.

Etapa 7: Verificación Dimensional de Virolas Reutilizables

(después del corte)

- Se realizará la verificación dimensional de las virolas reutilizables para asegurar la longitud útil.
- Después de biselado se debe hacer Ensayos de PT (Tintes Penetrantes).
- Se realizará un control de redondez de las virolas reutilizables en los extremos para verificar la deformación actual.
- Se realizará un control de medición de espesores y biseles, realizados en las virolas reutilizables.
- Esta etapa se protocolizará y será aprobada por la supervisión.

5.3. PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE VIROLAS DEL HORNO

Este procedimiento establece la metodología para la ejecución de actividades de soldadura de las virolas de acero que conforman el cuerpo cilíndrico del Horno (modificado).

Asimismo, describe la secuencia a seguir durante el proceso de soldeo de las virolas a través de los procesos de soldadura por arco sumergido (SAW) y por arco manual (SMAW).

Se aplica a la ejecución de trabajos de soldadura entre la unión de las virolas nuevas y recuperadas del Horno (modificado), los cuales están previstos a realizar.

Este procedimiento de soldadura es aplicable una vez que se haya concluido y aprobado la excentricidad y el alineamiento final de todas las virolas que comprenden el tubo horizontal del Horno, los cuales deben verificarse antes y después de la soldadura.

5.3.1. Desarrollo

5.3.1.1. Trabajos Previos.

- Verificar las homologaciones de los soldadores de arco manual (SMAW) y operadores de soldadura de arco sumergido (SAW), según norma ASME BPV sección IX.

- Verificar el equipamiento con EPP respectivo de cada personal a intervenir en los trabajos de soldadura.

- Contar en almacén de obra con mantas ignífugas y carpas para los soldadores (de ser necesario), así como con hornos portátiles para los electrodos de soldadura en el proceso de Arco Manual (SMAW) y un horno especial para una fácil manipulación del Fundente (a fin de mantener el fundente caliente y seco), el cual se aplica para el proceso de Arco Sumergido (SAW).

- Verificar las condiciones de la zona de trabajo antes de iniciar las labores y, si fuera necesario, cubrir el área de trabajo con mantas para evitar el viento y polvo de la zona.

- Disponer de los respectivos instrumentos (galgas), para realizar el control dimensional de la soldadura.

- Disponer de los respectivos instrumentos para la medición de la temperatura de precalentamiento.
- Es responsabilidad de todo el personal mantener el sitio de trabajo en condiciones adecuadas de higiene, orden, ventilación y seguridad.
- Elaboración del PQR y emisión de WPS con el electrodo apropiado, según norma ASME BPV sección IX.

5.3.1.2.

Definiciones

- **Equipo de Soldadura por Arco Sumergido.** Equipo de Soldeo con aportación continúa de alambre y fundente de soldadura.
- **WPS.** Siglas en inglés para Especificación del Procedimiento de Soldadura, este documento debe contener en detalle las variables requeridas para asegurar la repetitividad en una ejecución específica.
- **PQR.** Siglas en inglés para Calificación del Procedimiento de Soldadura, este registro de evaluación y prueba de un determinado WPS debe estar de acuerdo al código aplicable.

- **Operario de Soldadura.** Persona calificada para operar equipos de soldadura automática, mecánica o robótica.
- **Soldador.** Persona calificada para realizar trabajos de soldadura manual de acuerdo a un procedimiento escrito.
- **Termos de Conservación.** Horno donde se conservan los electrodos de bajo hidrogeno, en una temperatura no inferior a los 120 °C.
- **Amoladora 7”.** Equipo para desbastar acero de 7”, 2500 Watts, 8500 rpm (disco desbaste 180mm).
- **Amoladora 4”.** Equipo para desbastar de 4-1/2”, 1400 Watts, 11,000 rpm (disco desbaste 125mm).

5.3.1.3. Procedimientos De Soldadura

Parte exterior:

- Procedimiento de Soldadura SAW
- Diseño de juntas A tope
- Material Base :

Virolas Existentes (Acero de Bajo Carbono)

Virolas Cornei (16Mo3)

Violas FLSmith (Q245R, P265GH, P235GH,
S235JR+N)

- Material de Aporte: Alambre: OE-S2Mo
- Fundente OP121TTW

Parte interior:

- Procedimiento de Soldadura SMAW
- Diseño de juntas A tope
- Material Base:

Violas Existentes (Acero de Bajo Carbono)

Violas Cornei (16Mo3)

Violas FLSmith (Q245R, P265GH, P235GH,
S235JR+N)

- Material de Aporte E7018A1

5.3.1.4. Materiales De Aporte

5.3.1.4.1. Electrodo de Bajo Hidrogeno

Los electrodos revestidos deberán mantenerse en almacenes dentro de sus envases originales a una altura significativa del piso, los electrodos cuyos envases se encuentren en mal estado no deberán ser recibidos por almacén.

El inspector de calidad deberá revisar cada lote de electrodos que se presente en mal estado para tomar la decisión si se acepta o rechaza el lote.

Todo envase de electrodos deberá aparecer claramente y en forma legible la especificación y clasificación AWS, o su equivalente si ha sido fabricado bajo otra norma.

Caso contrario, no se aceptarán dichos electrodos, asimismo, los electrodos deberán ir acompañados del certificado de cumplimiento con AWS/SFA, certificado de composición química y número de producción o lote.

Se ha solicitado al proveedor de soldadura SOLDEXA los certificados de hidrogeno difusible de los metales de aporte de bajo hidrogeno que se están usando en el presente proyecto.

5.3.1.4.2. Electrodo E7018-A1

Este tipo de electrodo es del tipo básico, de bajo hidrógeno con polvo de hierro, tiene una buena tasa de deposición y un arco suave, el depósito de soldadura contiene Molibdeno (0.5%Mo) lo que lo hace recomendable para trabajar a temperaturas intermedias (350°C – 550°C), en donde resultará tener la mejor resistencia a la tracción. La

clasificación según AWS para este tipo de electrodo es AWS A5.5/E7018A1.

Se mantendrán almacenado en sus envases cerrados alejados del piso, en lugares secos para así evitar la humedad, el almacenamiento en horno será a una temperatura de 120°C – 150°C, si los electrodos fueran resecados la temperatura sería de 340°C – 360°C por 2 horas, el apilamiento de estos electrodos deben ser los adecuados.

Todos los electrodos de bajo hidrogeno deberán ser despachados a los soldadores usando los termos portátiles.

Los electrodos revestidos no podrán ser resecados por más de dos veces. Para evitar el resecado se tendrá que distribuir a cada soldador solo la cantidad de electrodos que entre en su horno portátil, deberá llevarse un control de los electrodos que sean devueltos al finalizar la jornada de trabajo para al siguiente día darles prioridad.

5.3.1.4.3. Carretes de Alambre Desnudo

Los carretes de alambre deberán estar identificados y preferentemente en sus envases originales con su respectiva identificación. Los carretes de alambre desnudos se manipularán de

forma adecuada tal que no se dañen, ni se contaminen con otros materiales.

Los carretes que se encuentren dañados deberán ser examinados por un Inspector de Calidad y evalué su aceptación o rechazo del mismo.

La composición del alambre debe estar de acuerdo con el metal base, pero tiene que ser empleado también con el flujo apropiado para arco sumergido. Los carretes de Alambre Desnudo deben ser protegidos de la intemperie, después de realizar el trabajo se colocarán en un container con temperatura controlada.

5.3.1.4.4. Fundente

La soldadura se realiza bajo una cubierta de material granulado fundible, que se denomina fundente. Protege el metal de aporte fundido de la contaminación de oxígeno e hidrógeno de la atmósfera y actúa a la vez como agente para limpiar y purificar el depósito de soldadura. Adicionalmente puede ser usado para agregar elementos aleantes al metal depositado.

Una porción del fundente es fundida por el intenso calor del arco. El fundente fundido se enfría y solidifica formando escoria en la superficie del cordón. La parte superior no fundida del fundente puede ser recuperada y reciclada.

Están disponibles diferentes grados y tipos de fundente para arco sumergido. Es importante hacer la elección adecuada para el metal base a soldarse y que esté de acuerdo a la composición química del alambre.

El fundente solo tiene un contenido muy bajo de hidrogeno y debe almacenarse en su envase original intacto y en un lugar seco a una altura adecuada del piso.

Antes de su uso el fundente de soldadura que ha sido retirado de su envase original debe secarse a 260°C durante un mínimo de 2 horas y conservarlo una vez abierto a una temperatura de 150°C.

5.3.1.5. Giro Lento Durante La Soldadura

Todas las consideraciones del Giro del Horno se encuentran especificadas en el punto (5.1.) “Accionamiento Para Giro, Alineamiento Y Soldeo De Virolas”.

5.3.1.6. Andamiaje O Estructura Para Soldadura De Virolas En La

5.3.1.6.1. Exterior

Se construirá una estructura temporal soportado por andamios, la cual permitirá sostener el Tracto de Arco sumergido mientras el horno realiza el respectivo giro lento durante la soldadura, se deberá garantizar la estabilidad de la estructura. La estructura de soporte es como se observa en la figura 5.15 y 5.16.

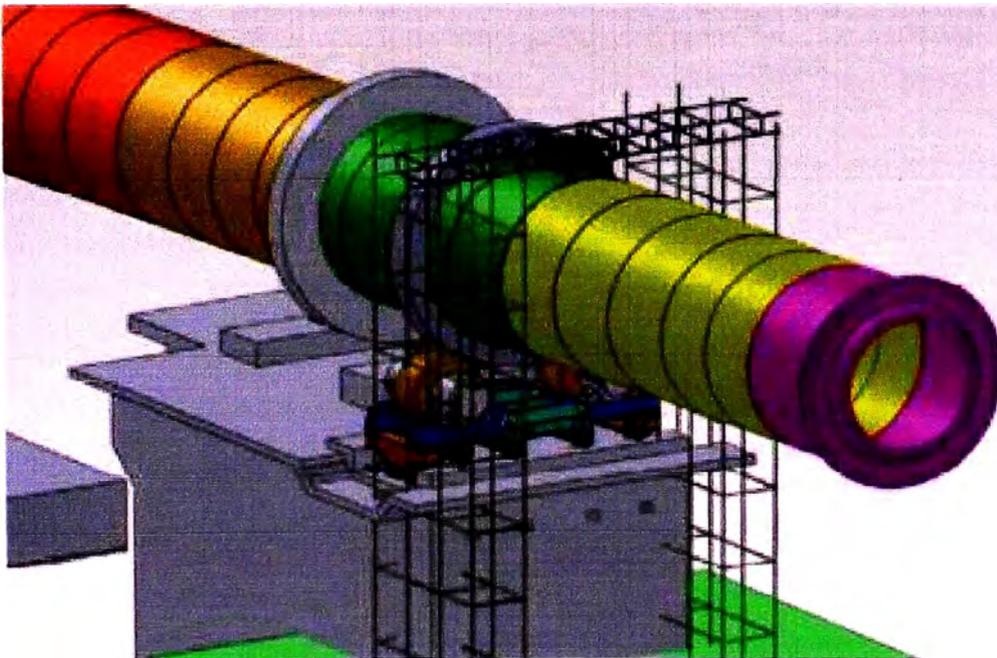


Figura 5.16.: Andamiaje y estructura para la soldadura de Virolas Lado Exterior

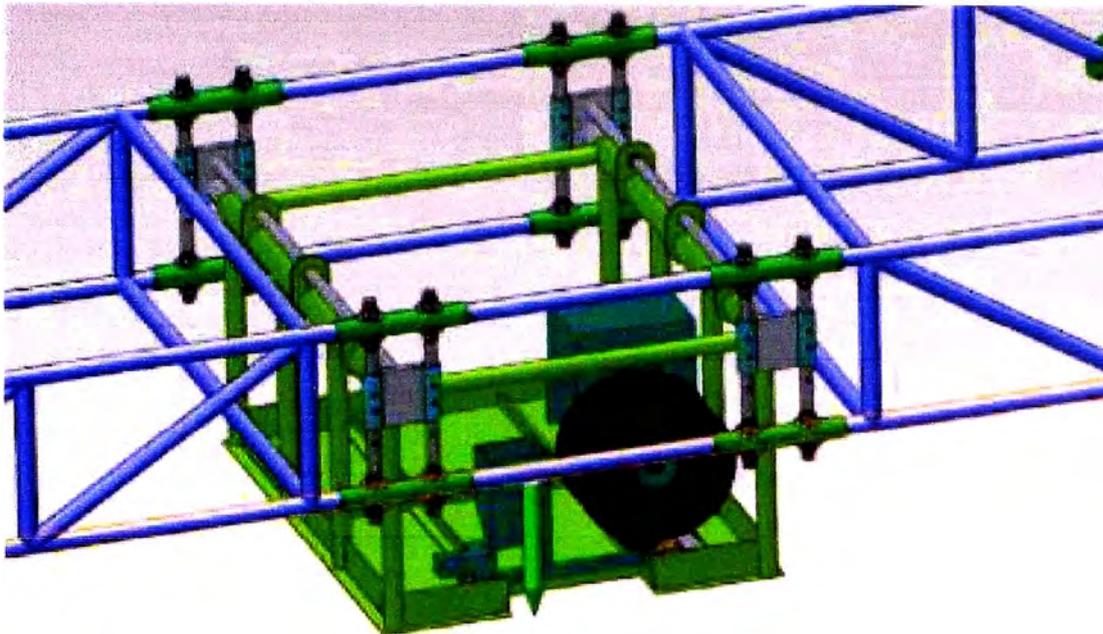


Figura 5.17.: Estructura donde se soportará el Tracto para Arco Sumergido

5.3.1.7. Soldadura Arco Sumergido

5.3.1.7.1. Descripción del Proceso:

En sus fundamentos físicos es similar a la soldadura de arco eléctrico manual. En su operación el electrodo es reemplazado por un alambre desnudo que, a medida que se consume, es alimentado mediante un mecanismo automático.

El arco es cubierto y protegido por un polvo granular, conocido como fundente o flujo, el mismo que es un componente de silicatos y minerales.

El fundente cumple el mismo papel que el revestimiento de los electrodos, desde el punto de vista físico y metalúrgico, haciendo que la escoria proteja al baño de soldadura de la acción de los gases atmosféricos, formando un cordón libre de poros e impidiendo una pérdida de calor demasiado rápida.

El arco eléctrico que se forma produce el calor necesario para fundir el metal base, el alambre y el flujo, que cae por gravedad cubriendo la zona de soldadura.

Aplicación: Las características ventajosas del proceso por arco sumergido son:

- Alta deposición de metal.
- Penetración profunda.
- Cordones de buen acabado.
- Soldadura de calidad.
- Escoria de fácil remoción.
- Aplicable a un amplio rango de espesores.

Equipo: Los principales componentes del equipo para soldadura por arco sumergido son:

- Fuente de Poder.
- El mecanismo de controles para alimentación de alambre.
- Cabezal para soldadura automática, pistola y conjunto de cables para soldadura semi-automática.
- Embudo para el flujo, mecanismo de alimentación; normalmente, un sistema para recuperación de material.
- Mecanismo de avance para soldadura automática.

5.3.1.8. Pre calentamiento

La temperatura de pre calentamiento depende de las condiciones ambientales del lugar, se pre verá pre calentamiento del material base a temperaturas definidas indicadas en el WPS a utilizar. Para controlar la temperatura de pre calentamiento, se utilizará pirómetro laser y tizas térmicas.

5.3.1.9. Preparación De La Junta

Se evaluará el ángulo del bisel, profundidad del bisel, dimensión de la cara de raíz, éstos deberán estar conformes con el WPS aplicable o con los planos aprobados.

Es importante revisar la limpieza de la junta a soldar, debe estar libre de humedad, aceite, grasa, pintura, oxido, etc.

Se deberá revisar la alineación angular, alineación planar (high-low), el ángulo del chaflán, etc.

Antes de proceder a soldar, se verificará que el cabezal del equipo SAW esté centrado a la junta, para lo cual se realizará el giro lento (en vacío) de la virola.

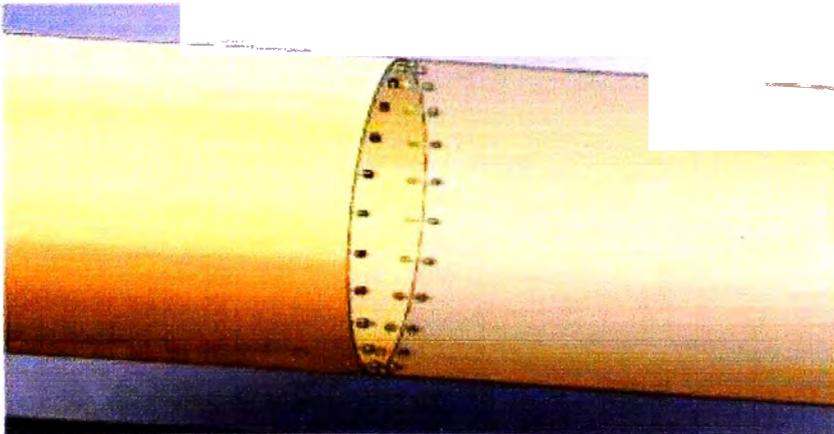


Figura 5.18.: Unión de virolas con sus respectivos erection irons

5.3.1.10. Soldeo Por Arco Sumergido (Saw) En La Parte Exterior

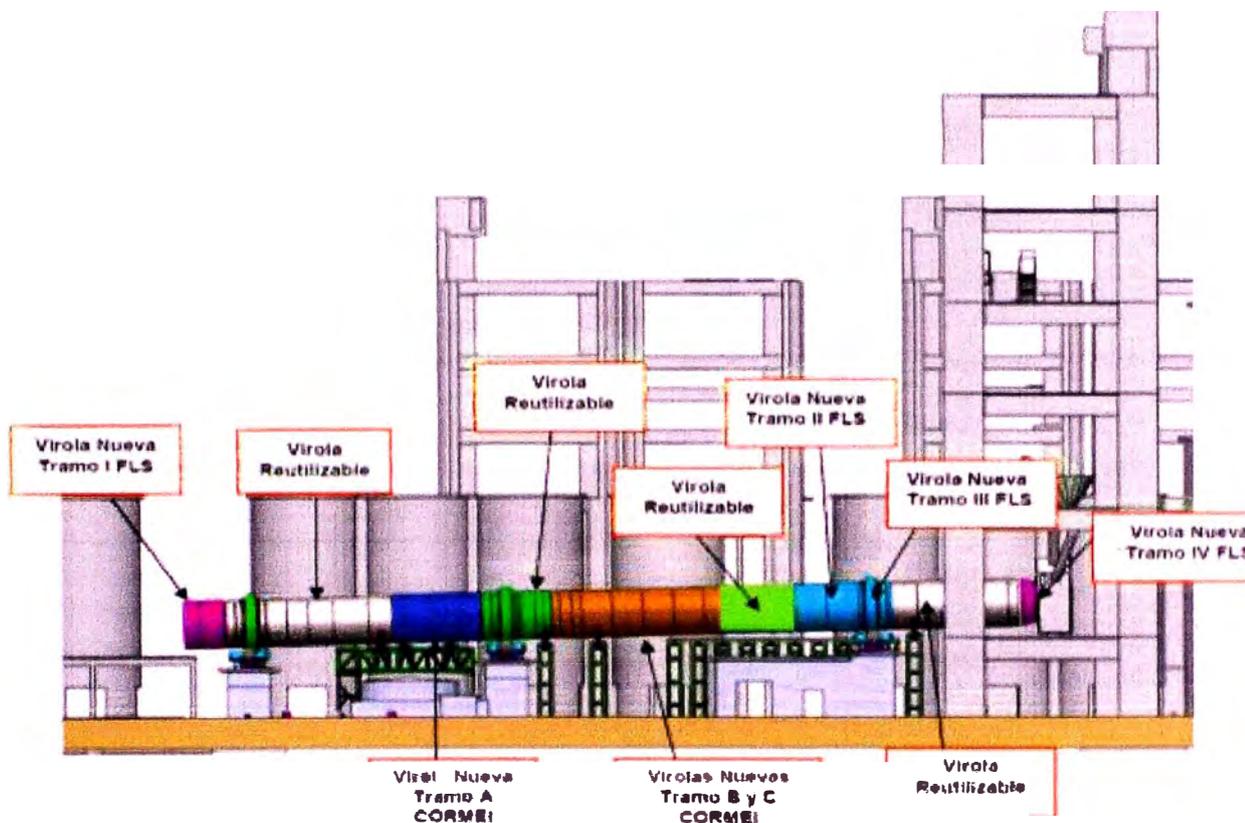


Figura 5.19: Vista General de Horno.

La distribución de las juntas y la secuencia de soldeo se indican con detalle en el Welding Map.

Se tienen un total de 10 juntas para soldar identificadas en el Welding Map del Horno con códigos A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, los cuales serán soldados en parada de planta, salvo el empalme “F” de la virola B y C que será soldada antes del montaje.

Previo al inicio de soldeo de las virolas que conforman el tubo horizontal del horno, se deberán tener aprobados y firmados los registros de alineamiento (diagrama polar) del cuerpo cilíndrico que comprende el control radial en los extremos del tubo, el control radial en los empalmes de la soldadura, el control radial en los pads de las llantas, el control axial en las llantas y el control axial en la brida del cono de ingreso.

Los formatos establecidos para dichos controles deberán ser proporcionados por la Supervisión, indicando en cada formato las tolerancias admisibles específicas para cada punto de control.

Adicionalmente, se realizarán, todos los controles topográficos necesarios para la nivelación, alineamiento (diagrama polar), inclinación, y demás controles que garanticen la instalación del tubo horizontal del Horno, previo al inicio de soldeo del empalme entre virolas.

Las consideraciones para el soldeo exterior por arco sumergido (SAW) son las siguientes:

1. Una vez aprobado el alineamiento del cuerpo cilíndrico, se procederá a limpiar toda la junta en la superficie de las zonas de contacto y también a 2" de la junta a soldar.
2. Se procederá a precalentar a una temperatura indicada en el WPS, se utilizará en total 12 calentadores con boquilla de 2" separados uno de otro a 1.5 metros e intercalados uno a la izquierda y otro a la derecha de la junta. Esta temperatura se revisará ligeramente lejos de la junta a soldar, para lo cual se verificará a una distancia igual al espesor de las juntas a soldar pero no menor a 3" (76 mm).
3. En la parte interior de las juntas de las virolas se realizarán cordones intermitentes de aseguramiento bajo el proceso de arco manual (SMAW) para asegurar la alineación del tubo horizontal (Horno), los cordones de soldadura deberán tener una longitud de 200 mm y serán soldados bajo una secuencia en forma de cruz, distribuidas en 8 posiciones en todo el perímetro interior de la virola. Cabe indicar que este punto será realizado sin hacer girar el Horno. Aquí aplica el método de precalentamiento indicado en el punto 2.

4. Una vez asegurada la junta de las virolas en su parte interior, se procederá a soldar un 1er pase temporal en la parte exterior de las virolas bajo el proceso de arco manual (SMAW). La secuencia de soldeo será en forma de cruz y estará dividida en 8 tramos. El soldeo será realizado en posición plana, para lo cual el Horno será girado en forma intermitente (alternada y opuesta) hasta completar el 100% de soldadura circunferencial. Aquí aplica el método de precalentamiento indicado en el punto 2.
5. El 1er pase temporal externo bajo proceso de arco manual (SMAW) servirá como cama de respaldo para el 1er pase externo bajo proceso de arco sumergido (SAW).
6. Concluido el 1er pase temporal externo en arco manual (SMAW), se debe instalar el equipo de arco sumergido (SAW) sobre la estructura y andamio de manera tal que el tracto (SAW) quede fijo en posición plana y perpendicular a la virola. En esta posición el Horno deberá ser girado lentamente (en vacío) para comprobar que el cabezal (SAW) esté alineado con la junta de soldadura de las virolas.
7. Se debe realizar una limpieza superficial del cordón temporal exterior (SMAW) y un precalentamiento (aplica el punto 2) de la junta antes de empezar el soldeo exterior bajo proceso de arco sumergido (SAW).
8. Una vez alcanzada la temperatura de precalentamiento, se dará inicio a la soldadura exterior (SAW), para lo cual se deberán tener ajustados

todos los parámetros de soldeo y velocidad/giro del Horno de acuerdo al WPS. Bajo esta metodología se seguirán con el resto de pases en arco sumergido (SAW) hasta completar el cordón exterior.

9. Se tomará en cuenta que durante el proceso de soldeo los cables a tierra no deberán pasar corriente a los cojinetes, así también, se deberá proteger los engranajes y piñones de salpicaduras, escorias, etc.; el engranaje y piñón deben ser continuamente limpiados y lubricados.
10. El refuerzo/sobremonta externa del cordón de soldadura deberá tener convexidad como máximo 3 mm.

5.3.1.11 Soldeo Por Arco Manual (SMAW) En La Parte Interior

Las consideraciones para el soldeo interior por arco manual (SMAW) son las siguientes:

1. Previo al inicio del soldeo parte interior de la junta de las virolas, se tendrá que repelar y limpiar, por la parte interior los cordones intermitentes de aseguramiento (SMAW) y el 1er pase temporal (SMAW) realizado por la parte exterior. Para ello, se tendrá que retirar todo el utillaje instalado durante el armado de la junta, teniendo cuidado de no dañar el metal base interior de las virolas.

2. La limpieza mecánica será realizada con esmeril y con arc-air , el objetivo es remover los cordones temporales (SMAW) hasta llegar al 1er pase de raíz realizado con arco sumergido (SAW).
3. El inspector QC verificará conjuntamente con la Supervisión la limpieza y el correcto repelado de la junta, posteriormente se realizará una verificación de END (inspección visual y partículas magnéticas).
4. Si no existen observaciones relevantes, se procederá con el soldeo interior bajo el proceso de arco manual (SMAW) de acuerdo al WPS correspondiente. Caso contrario, primero se deberán realizar las reparaciones correspondientes y nueva verificación por END (inspección visual y partículas magnéticas).
5. Se procederá a precalentar a una temperatura indicada en el WPS, se utilizará en total 12 calentadores con boquilla de 2" separados uno de otro a 1.5 metros e intercalados uno a la izquierda y otro a la derecha de la junta. Esta temperatura se revisará ligeramente lejos de la junta a soldar, para lo cual se verificará a una distancia igual al espesor de las juntas a soldar pero no menor a 3" (76 mm).
6. Una vez alcanzada la temperatura de precalentamiento, se procederá a soldar el 1er pase en la parte interior de las virolas bajo el proceso de arco manual (SMAW). La secuencia de soldeo será en forma de cruz y estará dividida en 8 tramos (ver figuras

5.20 y 5.21). El soldeo será realizado en posición plana, para lo cual el Horno será girado en forma intermitente (alternada y opuesta) hasta completar el 100% de soldadura circunferencial. Aquí aplica el método de precalentamiento indicado en el punto 5. Bajo esta metodología se seguirán con el resto de pases en arco manual (SMAW) hasta completar el cordón interior.

7. Se tomará en cuenta que durante el proceso de soldeo los cables a tierra no deberán pasar corriente a los cojinetes, así también, se deberá proteger los engranajes y piñones de salpicaduras, escorias, etc.; el engranaje y piñón deben ser continuamente limpiados y lubricados.
8. El refuerzo y sobremonta interna del cordón de soldadura deberá tener convexidad como máximo 1.5 mm y mínimo deberá estar al ras de la virola.

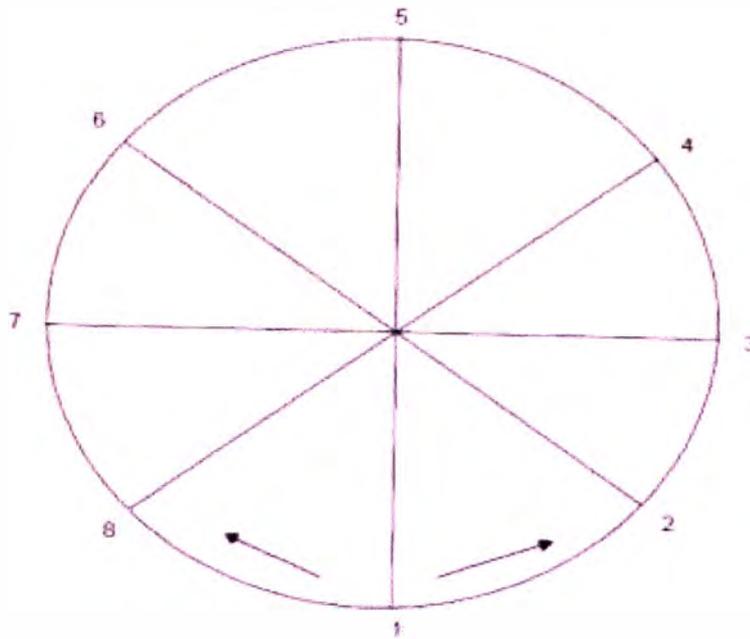


Figura 5.20.: Posiciones y tramos a soldar (Vista de soldeo entre tramos 1-8 y 1-2)

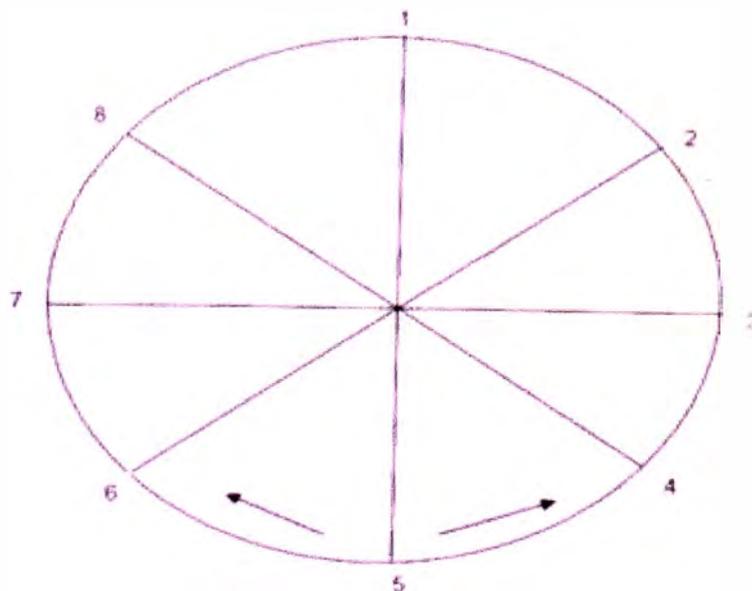


Figura 5.21.: Posiciones y tramos a soldar (Vista de soldeo entre tramos 5-6 y 5-4, alternada y opuesta a la figura 5.18)

5.3.1.12 Control Después De Soldadura

El inspector de Calidad examinará visualmente, sin excepción, todas las soldaduras terminadas antes de dar curso a otras fases u operaciones del proceso.

Se deberá verificar la apariencia final, altura de refuerzo, limpieza final, imperfecciones visibles (socavaciones, etc.).

Una vez terminada la inspección visual se realizará los respectivos Ensayos No Destructivos a las juntas soldadas, teniendo en cuenta el Nivel de Calidad.

Se deberá verificar el alineamiento (diagrama polar) del cuerpo cilíndrico post-soldadura. La verificación de estos controles será realizado, de preferencia, durante la noche para minimizar la distorsión térmica.

5.3.2. Recursos

5.3.2.1. Equipos Y Herramientas

- Máquinas de soldar.
- Horno portátil de soldadura.
- Esmeril 7”.
- Esmeril 4 ½”.
- Turbineta.
- Galgas de Inspección.
- Equipo de oxicorte.
- Equipo de gas propano.

5.4. ALINEAMIENTO DE VIROLAS B-C.

5.4.1. Actividades Desarrolladas

5.4.1.1. Trabajos Preliminares

Fecha: 20/01/2012 - 20/02/2012

- Instalación y soldeo de 24 erection Irons (Virola B)
- Instalación y soldeo de 24 erection Irons (Virola C)
- Amarre de virolas, mediante erection bolts
- Instalación y soldeo de 27 elementos de ajuste radial.



ERECTIO IR 5



24 ERECTION IRON E 1
C/EMPALME POR VIROLA

Figura 5.22.: Se muestra los Erection Iron.

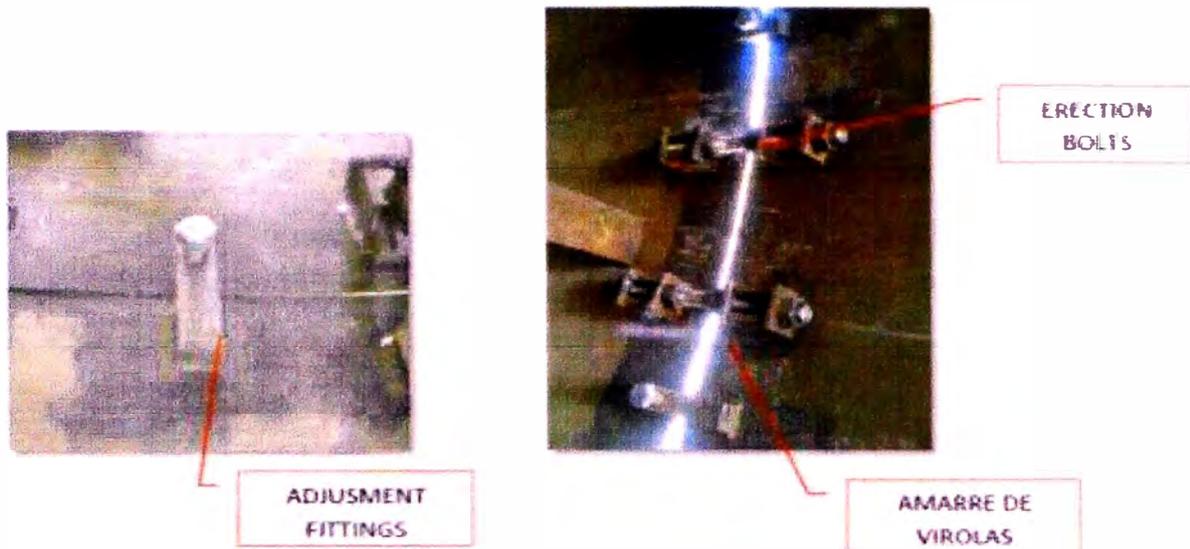


Figura 5.23.: Se muestra los Erection Bolts, Adjustment Fitting y Amarre de violas.

5.4.1.2. Recursos Utilizados

Tiempo

- 10 días (01 turno)...Soldadura de erection irons
- 4 días (01 turno).....Alineamiento y amarre de violas
- 6 días (01 turno)....Soldadura de adjustment fittings

Consumibles

- 10 kg Soldadura E7018-A1
- 03 balones de gas propano de 10kg

5.4.2. Alineamiento Y Soldeo De Virolas B-C

Fecha: 09/05/2012 - 22/05/2012

Instalación de gramiles



Figura 5.24.: Designación de puntos de gramilado.

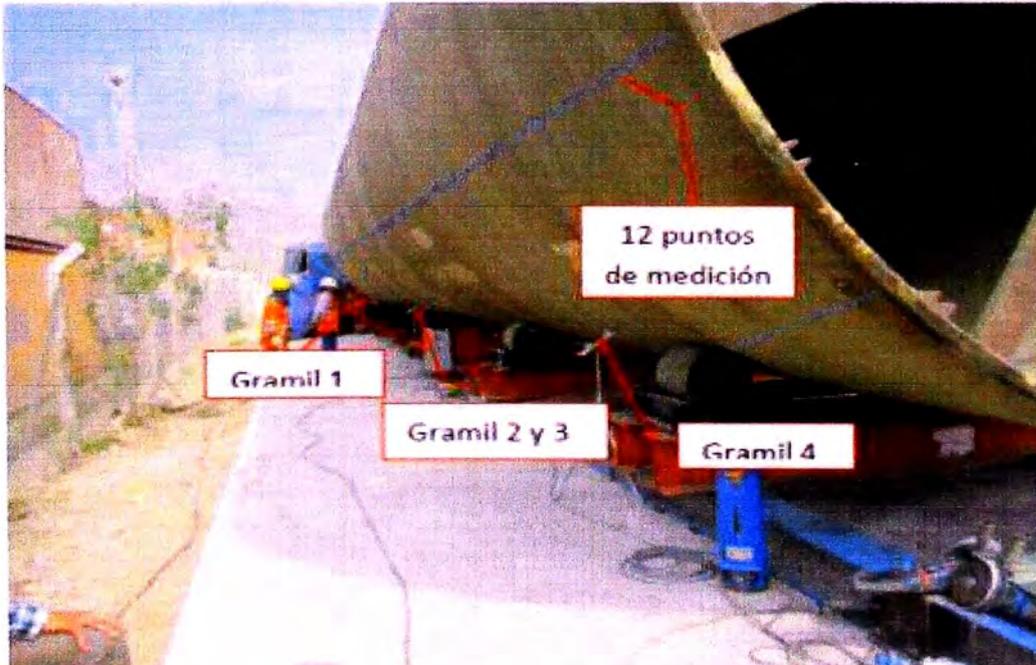


Figura 5.25.: Ubicación de los gramiles.

DÍA 1 – NOCHE (09/05/12)

Actividad: Gramilado de virolas

Velocidad de giro para el gramilado: 1000 mm/min

1er control de gramilado (12 puntos de medición con 4 gramiles a lo largo de las virolas B-C)

- Hora: 8: 40 p.m.

Tabla 5.9.: Gramilado.

| | VIROLA C | | VIROLA B | |
|------|--------------------|---|----------|----|
| | PUNTO DE GRAMILADO | | | |
| EJES | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | -6 | 3 | 2 | 2 |
| 3 | -5 | 1 | 1 | 4 |
| 4 | -5 | 2 | -2 | 4 |
| 5 | -7 | 8 | 8 | 5 |
| 6 | 0 | 6 | 5 | 2 |
| 7 | -5 | 1 | -2 | 0 |
| 8 | -5 | 5 | 3 | 2 |
| 9 | 1 | 5 | 4 | 4 |
| 10 | -3 | 0 | -2 | -5 |
| 11 | -4 | 1 | -1 | 4 |
| 12 | 0 | 5 | 2 | 7 |

Runout: 1.5 mm

- Hora: 10: 45 p.m.

Se realizó el soldeo de un adjustment fitting adicional, debido a que en punto 8 se tenía mucha variación.

Tabla 5.10.: Gramilado.

| | VIROLA C | | VIROLA B | |
|------|--------------------|----|----------|----|
| | PUNTO DE GRAMILADO | | | |
| EJES | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | -6 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | -5 | 1 | -1 | 4 |
| 4 | -5 | 2 | -2 | 4 |
| 5 | -7 | 8 | 8 | 5 |
| 6 | 0 | 6 | 5 | 2 |
| 7 | -5 | 1 | -2 | 0 |
| 8 | -5 | 5 | 3 | 2 |
| 9 | 1 | 5 | 4 | 4 |
| 10 | -3 | -2 | -2 | -5 |
| 11 | -4 | 1 | 1 | 4 |
| 12 | 0 | 5 | 2 | 7 |

Runout: 2.1 mm

□ Hora: 1: 45 a.m.

Se soltó un accesorio de ajuste radial (adjustment fitting).

Tabla 5.11.: Gramilado.

| | VIROLA C | | VIROLA B | |
|------|--------------------|----|----------|----|
| | PUNTO DE GRAMILADO | | | |
| EJES | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | -6 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | -5 | 1 | -1 | 4 |
| 4 | -5 | 1 | -2 | 4 |
| 5 | -7 | 8 | 8 | 5 |
| 6 | 0 | 5 | 5 | 2 |
| 7 | -5 | 1 | -2 | 0 |
| 8 | -5 | 5 | 3 | 1 |
| 9 | 1 | 5 | 4 | 4 |
| 10 | -3 | -1 | -2 | -5 |
| 11 | -4 | 0 | 1 | 4 |
| 12 | 0 | 5 | 2 | 7 |

Runout: 1.6 mm

DÍA 2 – DÍA Y NOCHE (10/05/12)

Actividad: Soldeo de strong bar y acordonamiento interior de virolas B-C

Notas:

Vendor FLS libero las virolas para el soldeo de strong bar y acordonamiento a las 2:10 p.m.

Soldadura E7018-A1

Procedimiento:

Previo a cualquier trabajo de soldeo, se procederá a precalentar a una temperatura indicada en el WPS. (110°C en c/strong bar y cordón de aseguramiento)

Se procedió a soldar los 08 strong bar por la parte interna (SMAW) en forma de cruz y en 08 posiciones en forma plana.

Seguidamente se procederá asegurar las juntas de empalme (SMAW) por la parte interna con cordones intermitentes (200mm de longitud) en forma de cruz y en 08 posiciones en forma plana.

Tiempos:

Estos tiempos incluyen el precalentamiento hasta 110°C, por cada strong bar y cordón de aseguramiento.

Soldadura del 1er strong bar (Hi: 2:40 p.m. – Hf: 4:10 p.m.)

Soldadura del 2do strong bar (Hi: 4:40 p.m. – Hf: 6:00 p.m.)

Soldadura del 3er strong bar (Hi: 6:50 p.m. – Hf: 7:42 p.m.)

Soldadura del 4to strong bar (Hi: 8:00 p.m. – Hf: 8:47 p.m.)

Soldadura del 5to strong bar (Hi: 9:25 p.m. – Hf: 10:03 p.m.)

Soldadura del 6to strong bar (Hi: 10:17 p.m. – Hf: 10:55 p.m.)

Soldadura del 7mo strong bar (Hi: 11:05 p.m. – Hf: 11:50 p.m.)

Soldadura del 8vo strong bar (Hi: 12:07 a.m. – Hf: 12:52 a.m.)

1er cordón 1 pase de 200 mm long. (Hi: 01:08 a.m. – Hf: 01:14 a.m.)

2do cordon 1 pase 200 mm long. (Hi: 01:30 a.m. – Hf: 01:38 a.m.)

3er cordon 1 pase 200 mm long. (Hi: 01:47 a.m. – Hf: 01:54 a.m.)

4to cordon 1 pase 200 mm long. (Hi: 02:07 a.m. – Hf: 02:14 a.m.)

5to cordon 1 pase 200 mm long. (Hi: 02:22 a.m. – Hf: 02:32 a.m.)

6to cordon 1 pase 200 mm long. (Hi: 02:40 a.m. – Hf: 02:47 a.m.)

7mo cordon 1 pase 200 mm long. (Hi: 02:57 a.m. – Hf: 03:03 a.m.)

8vo cordon 1 pase 200 mm long. (Hi: 03:14 a.m. – Hf: 03:20 a.m.)



Figura 5.26.: Soldado de los accesorios de utillaje.

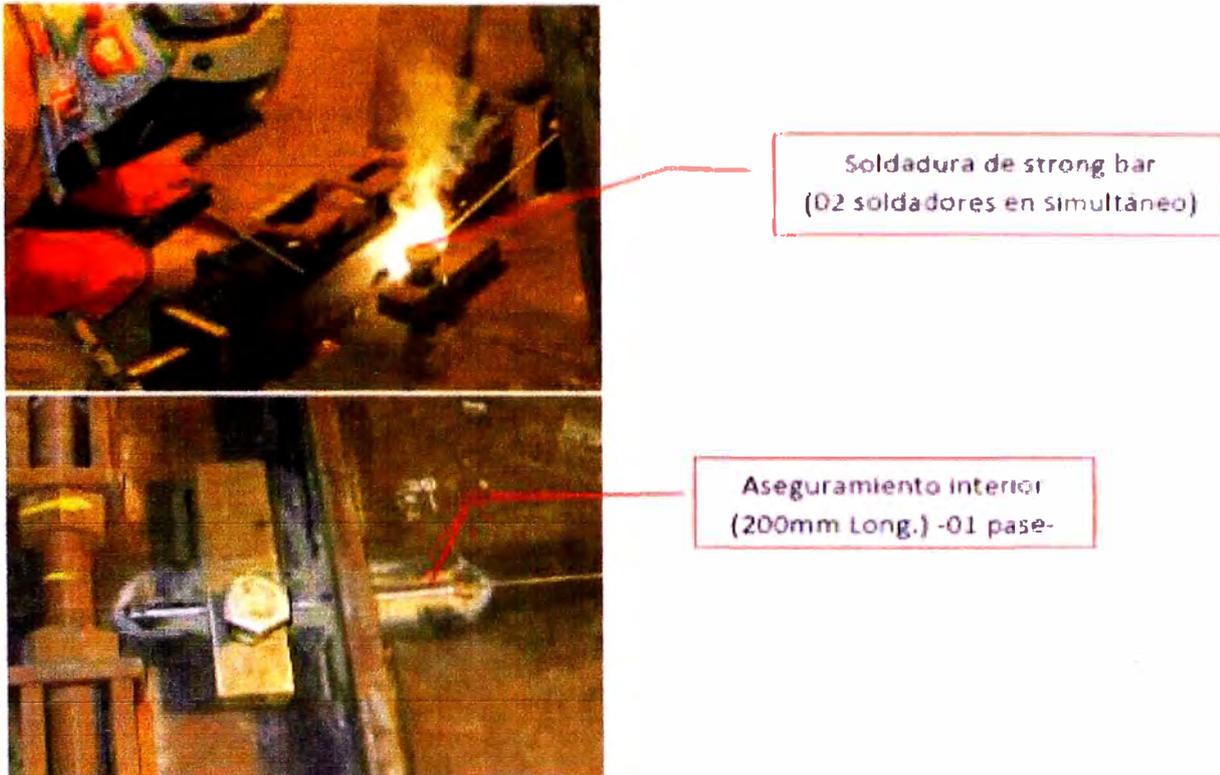


Figura 5.27.: Accesorios de utilaje.

2do control de gramilado (12 puntos de medición con 4 gramiles a lo largo de las virolas B-C)

Hora: 5:30 a.m. Temperatura: 19°C

Tabla 5.12.: Gramilado.

| | VIROLA C | | VIROLA B | |
|---------------|--------------------|------------|------------|------------|
| | PUNTO DE GRAMILADO | | | |
| EJES | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0 | -1 | -1 | 0 |
| 2 | -6 | 0 | 1 | 2 |
| 3 | -5 | 0 | -1 | 4 |
| 4 | -5 | 1 | -2 | 4 |
| 5 | -7 | 7 | 7 | 5 |
| 6 | 0 | 5 | 4 | 2 |
| 7 | -5 | 1 | -2 | 0 |
| 8 | -5 | 4 | 3 | 2 |
| 9 | 1 | 5 | 5 | 4 |
| 10 | -3 | -2 | -2 | -5 |
| 11 | -4 | -1 | -2 | 4 |
| 12 | 1 | 4 | 2 | 7 |
| RUNOUT | 1.8 | 2.1 | 1.6 | 1.3 |

DÍA 3 – DÍA Y NOCHE (11/05/12)

Actividad: 1er pase temporal externo SMAW

Notas:

- o Vendor FLS libero las virolas para el soldeo de strong bar y acordonamiento a las 3:00 p.m.
- o Soldadura E7018-A1

Procedimiento:

Previo al soldeo se procedió a precalentar la junta exterior colocando 16 calentadores con boquilla de 2” separados uno de otro 2m e intercalados uno a la izquierda y otro a la derecha de la junta. Esta temperatura se revisó ligeramente lejos de la junta a soldar, para lo cual se verifico a una distancia igual al espesor de las juntas a soldar pero no menor de 3”.

Posteriormente se continuara con el soldeo del 1er pase (SMAW) temporal por la parte exterior en forma de cruz y en 8 tramos. En esta etapa el horno giro y el soldeo se realizó en posición vertical en dos extremos opuestos, manteniendo siempre una secuencia alternada y opuesta del centro hacia los extremos. Este cordón de soldadura fue temporal (SMAW) y sirvió como cama de

respaldo para el 1er pase exterior, bajo proceso de arco sumergido (SAW).

El soldeo se realizó en posición vertical con dos soldadores en posiciones opuestas, tomando en cuenta que los soldadores tuvieron que empezar y terminar el soldeo simultáneamente. Además de que la junta siempre estuvo en constante pre calentamiento tanto interno y externo de la virola.

Tiempos:

Soldadura 1er y 2do cordón - Opuestos entre sí (Hi: 5:00 p.m.- Hf: 7:00 p.m.)

Soldadura 3er y 4to cordón - Opuestos entre sí (Hi: 8:00 p.m.- Hf: 10:00 p.m.)

Soldadura 5to y 6to cordón - Opuestos entre sí (Hi: 11:00 p.m.- Hf: 01:00 a.m.)

Soldadura 7mo y 8vo- - Opuestos entre sí (Hi: 2:00 a.m.- Hf: 4:00 a.m.)

Nota: Los traslapes entre tiempo de cordón y cordón fueron de aproximadamente 1 hora debido al precalentamiento (110°C)

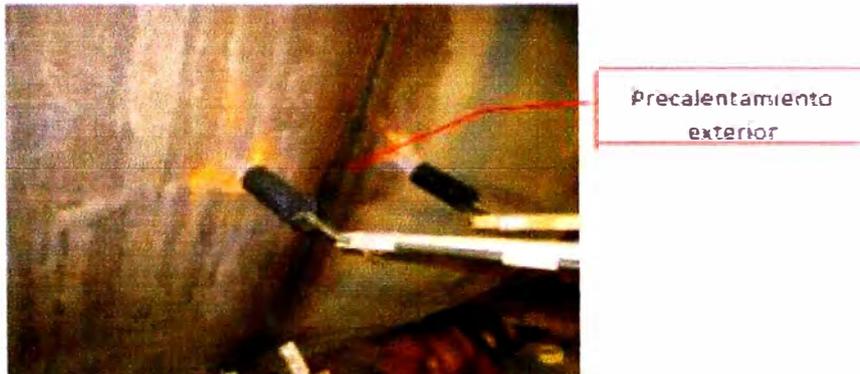


Figura 5.28.: Precalentamiento exterior.

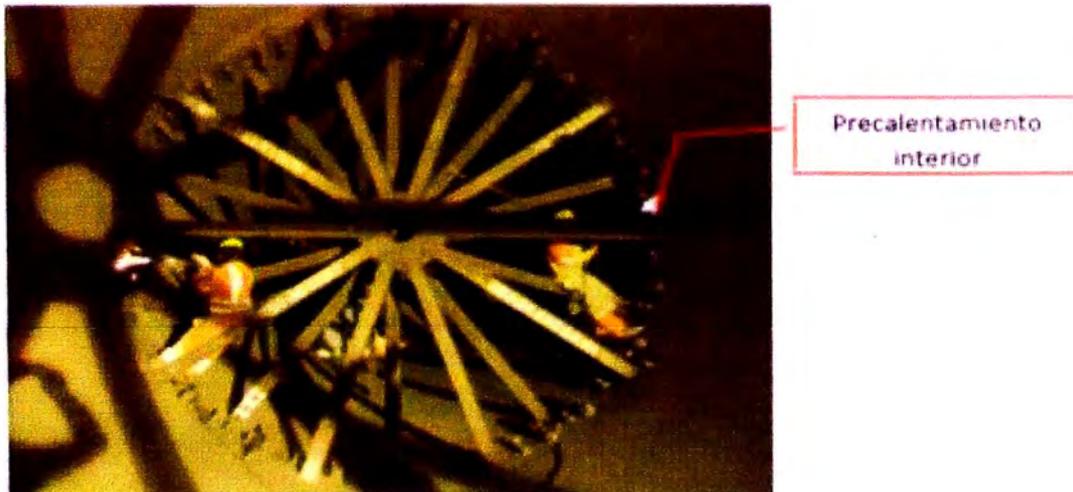


Figura 5.29.: Precalentamiento interior.



Figura 5.30.: Soldeo primer pase temporal exterior SMAW.

DÍA 4 –NOCHE (12/05/12)Actividad: Gramilado

3er control de gramilado (12 puntos de medición con 4 gramiles a lo largo de las virolas B-C)

Hora: 8:30 a.m. Temperatura: 20°C.**Tabla 5.13.:** Gramilado.

| | VIROLA C | | VIROLA B | |
|---------------|--------------------|------------|------------|------------|
| | PUNTO DE GRAMILADO | | | |
| EJES | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | -7 | 3 | 4 | 2 |
| 3 | 7 | 0 | 0 | 4 |
| 4 | -7 | 4 | 0 | 4 |
| 5 | -8 | 8 | 8 | 5 |
| 6 | -2 | 5 | 5 | 2 |
| 7 | -6 | 2 | 0 | 0 |
| 8 | -6 | 5 | 5 | 2 |
| 9 | 0 | 7 | 7 | 4 |
| 10 | -5 | 0 | 0 | -5 |
| 11 | -5 | 0 | 0 | -5 |
| 12 | 0 | 7 | 5 | 7 |
| RUNOUT | 1.1 | 0.8 | 0.7 | 0.7 |

DÍA 5 –DÍA Y NOCHE (15/05/12)

Actividad: Soldadura de arco sumergido SAW

Notas:

Material de aporte (Alambre:OS-E2 – Fundente: OP 121TTW)

Procedimiento:

Previamente al inicio del soldeo exterior bajo proceso de arco sumergido (SAW), se tuvo que fijar el equipo SAW sobre la estructura de apoyo de manera tal que el tracto quede en posición plana y perpendicular a la virola. Se realizará una prueba en vacío girando el horno para comprobar que no existe interferencias y el cabezal del equipo SAW se encuentre alineado con la junta de empalme de la virola. Bajo estas consideraciones, y manteniendo un giro constante del Horno, se inició con el soldeo exterior por arco sumergido SAW hasta completar el 100% de la costura exterior.

Tiempos:

Se inició el precalentamiento exterior a la junta perimetral ($T=110^{\circ}\text{C}$), mediante las 16 antorchas en 8 puntos perimetrales. ($H_i=9:00$ a.m.), este precalentamiento se mantuvo constante durante todo el trabajo de soldadura por arco sumergido.

- Se realizó el soldeo a la velocidad de rotación de la virola a 15 in/min.
- 1er pase SAW ($H_i=11:00$ a.m. - $H_f: 11:43$ a.m.)
- 2do pase SAW ($H_i=03:30$ p.m. - $H_f: 4:45$ p.m.) – Se paró durante 30 min por falla del sistema de rotación de las virolas.
- Se reparó mediante SMAW el 2do pase ($H_i=05:00$ p.m. - $H_f: 6:30$ p.m.)
- Pase SAW – Relleno y rectificado a 20 in/min ($H_i=06:45$ p.m. - $H_f: 7:00$ p.m.)
- 3er pase SAW ($H_i=07:10$ p.m. - $H_f: 08:00$ p.m.)
- 4to pase SAW ($H_i=08:20$ p.m. - $H_f: 09:20$ p.m.) – Pase de acabado –

4to control de gramilado (12 puntos de medición con 4 gramiles a lo largo de las virolas B-C)

Hora: 5:30 a.m. Temperatura: 22°C

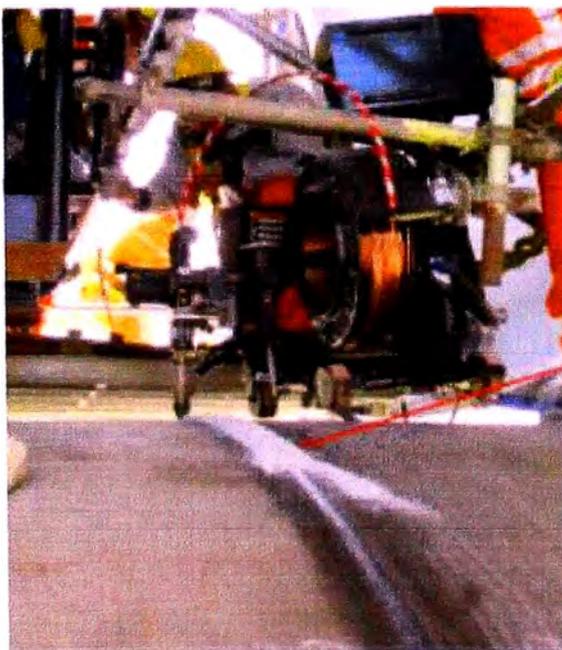
Tabla 5.14.: Gramilado.

| | VIROLA C | | VIROLA B | |
|---------------|--------------------|------------|------------|------------|
| | PUNTO DE GRAMILADO | | | |
| EJES | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | -6 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | -5 | 0 | -1 | 4 |
| 4 | -6 | 2 | -1 | 4 |
| 5 | -7 | 7 | 7 | 5 |
| 6 | 0 | 5 | 5 | 2 |
| 7 | -5 | 0 | -1 | 0 |
| 8 | -5 | 5 | 3 | 2 |
| 9 | 1 | 7 | 7 | 4 |
| 10 | -4 | 0 | 1 | -5 |
| 11 | -5 | -1 | -1 | 4 |
| 12 | 0 | 5 | 4 | 7 |
| RUNOUT | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |



Pre calentamiento
continuo durante
todo el proceso SAW

Figura 5.31.: Pre calentamiento continuo durante todo el proceso SAW.



Soldadura SAW

Figura 5.32.: Soldadura SAW.

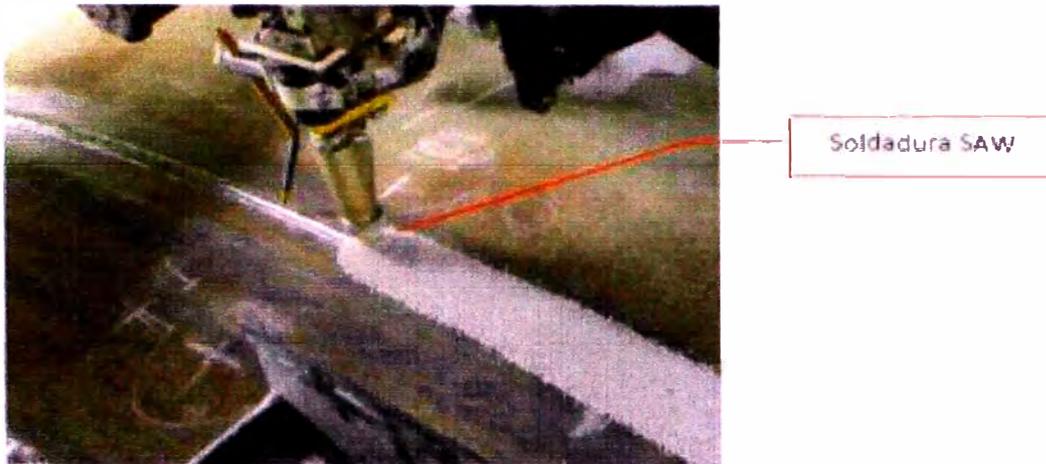


Figura 5.33.: Soldadura SAW

DÍA 6 –DÍA Y NOCHE (16/05/12)

Actividad: Retiro de erection irons y adjusment fittings

Procedimiento y tiempos:

Se procedió a retirar el utillaje (Erection Irons y adjusment fittings) con el **arc air** a partir de las **Hi: 10:00 a.m.**

Retiro de utillaje con arc air hasta las 4:00 p.m.

Se procedió a retirar el utillaje (Erection Irons y adjusment fittings) con **oxicorte** a partir de las 04:30p.m hasta las **Hf: 3:00 a.m.**

Nota: En cada proceso de arc air se considera un precalentamiento hasta 110°C.



Retiro de utillaje con
proceso de corte Arc
Air

Figura 5.34.: Retiro de utillaje con proceso de corte Arc Air.

Retiro de utillaje con
proceso de corte Arc
Air



Figura 5.35.: Retiro de utillaje con proceso de corte Arc Air.

Retiro de utillaje con
proceso de oxicorte



Figura 5.36.: Retiro de utillaje con proceso de corte Arc Air.

DÍA 7 –DÍA Y NOCHE (17/05/12)

Actividad: Repelado de la junta interior

Procedimiento y tiempos:

Se procedió a realizar el repelado cada 8 tramos de 1.5 m aproximadamente c/u, al interior de la junta de las virolas (Limpieza con arc air del cordón interno hasta llegar al pase SAW (Hi=09:00 a.m. – Hf: 04:00 a.m.).

01 tramo se realizó con blanqueado y END (tintes penetrantes) (3 horas de 09:00 a.m. – 12:00 p.m.)

Nota:

En cada proceso de arc air se considera un precalentamiento hasta 110°C (Aprox. 40 min por tramo)



Precalentamiento durante el repelado

Figura 5.37.: Precalentamiento durante el repelado.



Figura 5.38.: Pre calentamiento durante el repelado.

DÍA 8 –DÍA Y NOCHE (18/05/12)

Actividad: Blanqueado, END y soldadura con SMAW en el interior de la junta

Procedimiento y tiempos:

- Se procedió a realizar el blanqueado, END (tintes penetrantes) y la soldadura interna de virolas mediante el proceso SMAW; este proceso se realizó en 8 tramos en cruz.
- El blanqueado consiste en limpiar la junta mediante el esmeril hasta dejarlo listo para el END.
- Seguidamente se realizó el ensayo de tintes penetrantes.
- Finalmente se pre calentó y realizó la soldadura interior de las virolas SMAW.

- Hi: 08:00 a.m. – Hf: 06: 00 a.m.

Nota:

Se realizó el blanqueado, END y soldadura en cada tramo para luego girar la virola y continuar con el proceso.

Blanqueado



Figura 5.39.: Blanqueado.

Junta blanqueada

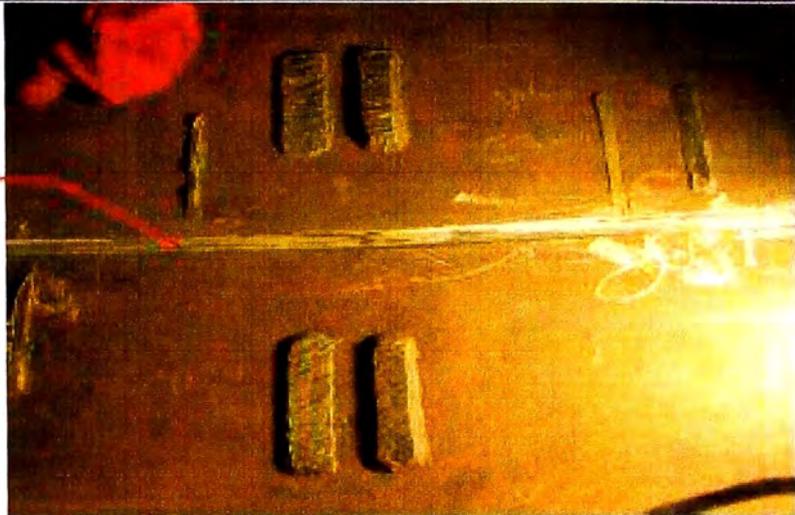


Figura 5.40.: Junta blanqueada.

Ensayo de tintes penetrantes



Figura 5.41.: Ensayo de tintes penetrantes.

Soldadura interna de virola
{08 pegas}



Figura 5.42.: Soldadura interna de virola.

DÍA 9 –DÍA Y NOCHE (19/05/12)

Actividad: Retiro de Strong bar y repelado, blanqueado, END y soldeo de zonas tapadas por los strong bar

Procedimiento y tiempos:

Se procedió a retirar por arc air y oxicorte los strong bar, seguidamente se procedió a repelar, blanquear, END y soldar los tramos restantes (Hi=09:00 a.m. – Hf: 12:00 a.m.)

5to control de gramilado (12 puntos de medición con 4 gramiles a lo largo de las virolas B-C)

Hora: 5:20 a.m. Temperatura: 18°C

Tabla 5.15.: Gramilado

| | VIROLA C | | VIROLA B | |
|---------------|--------------------|------------|------------|------------|
| | PUNTO DE GRAMILADO | | | |
| EJES | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | -7 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | -6 | 0 | -2 | 4 |
| 4 | -6 | 3 | -1 | 4 |
| 5 | -7 | 7 | 7 | 4 |
| 6 | 0 | 5 | 5 | 2 |
| 7 | -5 | 1 | 0 | 0 |
| 8 | -6 | 5 | 3 | 2 |
| 9 | 1 | 7 | 6 | 3 |
| 10 | -4 | 0 | -2 | -5 |
| 11 | -5 | 0 | -2 | 3 |
| 12 | 0 | 5 | 3 | 5 |
| RUNOUT | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.8 |

DÍA 10 –DÍA (21/05/12)

Actividad: Limpieza mecánica con Arc Air

Procedimiento y tiempos:

Se procedió a retirar por arc air los tramos de erection irons, adjusment fittings, strong bars que quedaron por limpiar.
(Hi=09:00 a.m. – Hf: 05:00 p.m.)

DÍA 11 –DÍA (22/05/12)

Actividad: Limpieza mecánica con Esmeril

Procedimiento y tiempos:

Se procedió a limpiar con esmeril los tramos de erection irons, adjusment fittings, strong bars que quedaron por limpiar. (Hi=09:00 a.m. – Hf: 05:00 p.m.)

DÍA 12 –DÍA (23/05/12)

Actividad: Limpieza mecánica con Esmeril - Ensayo UT.

Procedimiento y tiempos:

Se procedió a limpiar con esmeril los tramos de erection irons, adjusment fittings, strong bars que quedaron por limpiar. (Hi=09:00 a.m. – Hf: 05:00 p.m.)

DÍA 13 –DÍA (24/05/12)

Actividad: Limpieza mecánica con Esmeril, Ensayo UT y reparación de juntas

Procedimiento y tiempos:

Se procedió a limpiar con esmeril los tramos de erection irons, adjusment fittings, strong bars que quedaron por limpiar. – Ensayo UT – Reparación de juntas (Hi=09:00 a.m. – Hf: 05:00 p.m.)

DÍA 14 –DÍA (25/05/12)

Actividad: Limpieza mecánica con Esmeril y Reparaciones de juntas

Procedimiento y tiempos:

Se procedió a limpiar con esmeril los tramos de erection irons, adjusment fittings, strong bars que quedaron por limpiar. – Reparación de juntas (Hi=09:00 a.m. – Hf: 05:00 p.m.)

DÍA 15 –DÍA (26/05/12)

Actividad: Limpieza mecánica con Esmeril

Procedimiento y tiempos:

Se procedió a limpiar con esmeril los tramos de erection irons, adjusment fittings, strong bars que quedaron por limpiar. (Hi=09:00 a.m. – Hf: 05:00 p.m.)

5.4.2.1. Recursos Consumible Utilizados.

- 80 kg de soldadura E7018-A1
- 35 kg de alambre OS-E2
- 02 bolsas de fundente OP 121TTW (50 kg)
- 200 carbones de arc air.
- 06 balones de gas propano de 45 kg.
- 12 balones de gas propano de 10 kg.

5.4.2.2. Consideraciones.

- Previo a cualquier proceso de soldeo considerar un precalentamiento hasta 110°C.
- Previo a cualquier proceso con arc air considerar un precalentamiento hasta 110°C.
- El proceso real de soldeo se optimizaran estos tiempos ya que el horno no estará apoyado y no tendría por qué haber atoramiento con las costuras, lo cual no retraso en tiempos.

CAPÍTULO VI

ESTRUCTURA DE COSTOS

6.1. COSTOS DE MATERIALES

Los costos de materiales de midieron direccionando por frente y partida a la cual iban a ser destinadas para su utilización, a continuación se muestra el consumo de las mismas:

Tabla 6.1.: Costo de materiales.

| COSTOS MATERIALES | | | |
|--------------------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| Horno | UNID. | Consumible | S/. |
| ACETILENO | m3 | 228 | S/. 13.334,17 |
| DISCO | und | 387 | S/. 32.696,30 |
| HERRAMIENTAS | S/. | 34252 | S/. 89.541,87 |
| MATERIAL PARA MANIOBRA | S/. | 14809 | S/. 199.112,89 |
| OXIGENO | m3 | 616 | S/. 13.124,55 |
| SOLDADURA | kg | 3417 | S/. 47.437,09 |
| CONSUMIBLES | S/. | 34252 | S/. 93.717,91 |
| INSTALACIONES ELECTRICAS | S/. | 0 | S/. 12.289,50 |
| | | TOTAL | S/. 501.254,28 |

6.2. COSTO TRABAJOS POR SUBCONTRATAS

Estos trabajos fueron 2 principalmente, como la fabricación de soportes temporales del horno y los biselados de las virolas del horno.

Tabla 6.2.: Costo de subcontratas.

| COSTO DE SUBCONTRATAS | | |
|------------------------------|--------------|-----------------|
| DESCRIPCION | UND | ACUM.TOT |
| Elementos de Izaje | Glb. | |
| | S/. | S/. |
| | | 155.621,85 |
| Corte y biselado del Horno | Glb. | |
| | S/. | S/. |
| | | 125.570,00 |
| | TOTAL | S/. |
| | | 281.191,85 |

6.3. COSTO DE MANO DE OBRA

Para la medición de la mano de obra se realizó con tareas diarios, los cuales se tenían que colocar la fase 40 y frente M420.

Tabla 6.3.: Costo de mano de obra y supervision.

| MANO DE OBRA | | | | |
|---------------------|-----------------------------------|------------|--------------|-------------------------|
| RECURSO | DESCRIPCION | UND | | ACUM.TOT |
| | | | | |
| FASE 40 | MONTAJE DE EQUIPOS | | | |
| | | | | |
| M420 | Horno | HH | 15000 | 81.317 |
| | (Salario + Prestaciones Sociales) | S/. | 250500 | S/. 1.357.985,55 |
| SUPERVISION | | | | |
| RECURSO | DESCRIPCION | UND | | ACUM.TOT |
| | | | | |
| FASE 40 | MONTAJE DE EQUIPOS | | | |
| | | | | |
| 401 | Personal de Supervisión | Mes | 6 | |
| | | 0 S/. | 90344 | S/. 542.063,46 |
| | | | TOTAL | S/. 1.900.049,01 |

6.4. COSTO DE EQUIPOS DE MONTAJE

Estos trabajos también fueron medidos por fase y partida para tener un mejor control y así ver hacia donde son destinados los recursos.

Tabla 6.4.: Costo de materiales

| RECURSO | DESCRIPCION | UND | ACUM.TOT |
|----------------|--------------------------------------|------------|-------------------------|
| FASE 40 | MONTAJE DE EQUIPOS | | |
| E010 | Andamio | Mes | 22,2 |
| | Andamio | SI. | 682605 |
| E011 | Equipo de corte X-31 | Día | 3 |
| | Equipo de corte X-31 | SI. | 0 |
| E012 | Esmeril eléctrico angular | Día | 4 |
| | Esmeril eléctrico angular | SI. | 312 |
| E013 | Gata hidráulica de 20 tn | Día | 1624 |
| | Gata hidráulica de 20 tn | SI. | 21743 |
| E014 | Gata hidráulica de 50 tn | Día | 4 |
| | Gata hidráulica de 50 tn | SI. | 992 |
| E015 | Gata hidráulica de 100 tn | Día | 248 |
| | Gata hidráulica de 100 tn | SI. | 11636 |
| E016 | Horno portatil para soldadura | Día | 4 |
| | Horno portatil para soldadura | SI. | 0 |
| E017 | Tablero de distribución eléctrica | Día | 495 |
| | Tablero de distribución eléctrica | SI. | 7822 |
| E018 | Tablero toma fuerza | Día | 250 |
| | Tablero toma fuerza | SI. | 3758 |
| E019 | Taladro electrico portatil 1/2" | Día | 4 |
| | Taladro electrico portatil 1/2" | SI. | 915 |
| E020 | Taladro electrico portatil 1-1/4" | Día | 4 |
| | Taladro electrico portatil 1-1/4" | SI. | 563 |
| E021 | Teclé de 3 tn | Día | 405 |
| | Teclé de 3 tn | SI. | 20048 |
| E022 | Teclé de 5 tn | Día | 252 |
| | Teclé de 5 tn | SI. | 11756 |
| E023 | Teclé ratchet 1.5 tn | Día | 4 |
| | Teclé ratchet 1.5 tn | SI. | 0 |
| E024 | Teclé ratchet 3 tn | Día | 370 |
| | Teclé ratchet 3 tn | SI. | 2174 |
| E025 | Tirfor de 1.5 tn | Día | 5 |
| | Tirfor de 1.5 tn | SI. | 0 |
| E026 | Tirfor de 3 tn | Día | 1896 |
| | Tirfor de 3 tn | SI. | 10094 |
| E027 | Teclé de 10 tn | Día | 1439 |
| | Teclé de 10 tn | SI. | 33936 |
| E028 | Maquina de Soldar Tig 400A | Día | 409 |
| | Maquina de Soldar Tig 400A | SI. | 9325 |
| E029 | Maquina de Soldar Electrica 400 A | Día | 5288 |
| | Maquina de Soldar Electrica 400 A | SI. | 141387 |
| E030 | Grupo electrógeno de 100 Kw | Día | 4 |
| | Grupo electrógeno de 100 Kw | SI. | 4176 |
| E031 | Grupo electrógeno de 50 Kw | Día | 122 |
| | Grupo electrógeno de 50 Kw | SI. | 10627 |
| E032 | Camion Camabaja de 50/100 tn | HM | 19 |
| | Camion Camabaja de 50/100 tn | SI. | 138624 |
| E033 | Camion trailer plataforma de 30 tn | HM | 258 |
| | Camion trailer plataforma de 30 tn | SI. | 130115 |
| E034 | Camion Hiab 12 tn | HM | 1849 |
| | Camion Hiab 12 tn | SI. | 214189 |
| E035 | Grúa de 300 tn | HM | 276 |
| | Grúa de 300 tn | SI. | 228113 |
| E036 | Grúa 160 Tn | HM | 1250 |
| | Grúa 160 Tn | SI. | 670983 |
| E037 | Grúa 90 Tn | HM | 354 |
| | Grúa 90 Tn | SI. | 68238 |
| E038 | Man Lift 120 pies | HM | 4 |
| | Man Lift 120 pies | SI. | 0 |
| E039 | Torquimetro Hidraulico | Día | 4 |
| | Torquimetro Hidraulico | SI. | 0 |
| E040 | Grúa Derrick | Mes | 0 |
| | Grúa Derrick | SI. | 0 |
| E041 | Grua Torre | Mes | 0 |
| | Grua Torre | SI. | 0 |
| E042 | Grúa 500 tn | HM | 993 |
| | Grúa 500 tn | SI. | 1192063 |
| E043 | Winche de izaje | 0 | 0 |
| | Winche de izaje | SI. | 0 |
| E044 | Torre de iluminación | 0 | 0 |
| | Torre de iluminación | SI. | 0 |
| E045 | Grúa 60 Tn | Mes | 4 |
| | Grúa 60 Tn | SI. | 0 |
| E046 | Equipo de topografía /Estación Total | Mes | 8 |
| | Equipo de topografía /Estación Total | SI. | 0 |
| E047 | Telehandler / Montacarga | Día | 703 |
| | Telehandler / Montacarga | SI. | 20042 |
| E048 | Equipo de demolición - Brook | 0 | 0 |
| | Equipo de demolición - Brook | SI. | 5755 |
| E049 | Elevador de personal / Compresora | Glb | 5 |
| | Elevador de personal / Compresora | SI. | 43178 |
| E050 | Equipos y herramientas menores | Glb | 23326 |
| | Equipos y herramientas menores | SI. | 121002 |
| | TOTAL FASE 40 | SI. | SI. 3.806.170,95 |

En resumen estos fueron los gastos por totales:

| RESUMEN TOTAL | |
|----------------------|-------------------------|
| MATERIALES | S/. 501.254,28 |
| SUBCONTRATOS | S/. 281.191,85 |
| MANO DE OBRA | S/. 1.900.049,01 |
| EQUIPOS | S/. 3.806.170,95 |
| TOTAL: | S/. 6.488.666,09 |

CONCLUSIONES

1. Se logró el objetivo principal de montaje del Horno en el tiempo programado, con la calidad requerida por la supervisión y con cero accidentes.
2. Para la selección del tipo de grúa de gran capacidad previamente se tuvo que realizar un rigging plan según el tonelaje de la sección de virolas y para las maniobras de tándem una grúa de 500Tn. y otra grúa de 300 Tn.
3. Se tuvo que realizar un seguimiento diario a las actividades ya que podían la mayoría de las actividades eran en seria y podían complicar a la ruta crítica.
4. La realización de trabajos en el dia como en la noche han ayudado a tener éxito en este proyecto, para poder cumplir los trabajos en el plazo requerido por el supervisión.

RECOMENDACIONES

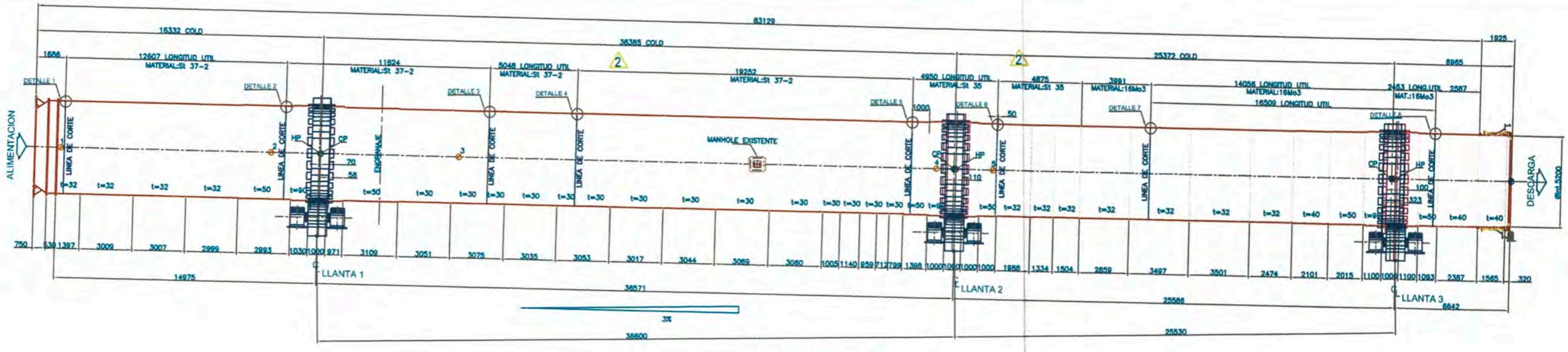
1. Se hubiera preferido que los las virolas sean nuevas, ya que así se hubiera ahorrado tiempo para su montaje, porque en las virolas nuevas los trabajos para el soldeo y alineamiento demoraron menos tiempo.
2. Los costos con virolas nuevas hubieran sido mucho menores, ya que se han realizado muchos reprocesos por trabajar con virolas antiguas.
3. Se recomienda generar procedimiento que tengan gráficos en lo posible nos lo muestren en 3D, ya que estos sirven de gran ayuda para entender mejor los trabajos a realizar y poder explicar las actividades a realizar.
4. El alquiler de la grúa debe realizarse con muchos meses de anticipación, las guras de 500 Tn. y 300 Tn. son muy difíciles de encontrar en el mercado por la demanda de proyectos de construcción.

5. Tener claro los trabajos contractuales ya que en todo proyecto siempre se presentan trabajos adicionales que no están previstos y pueden afectar en tiempo y costo al proyecto.

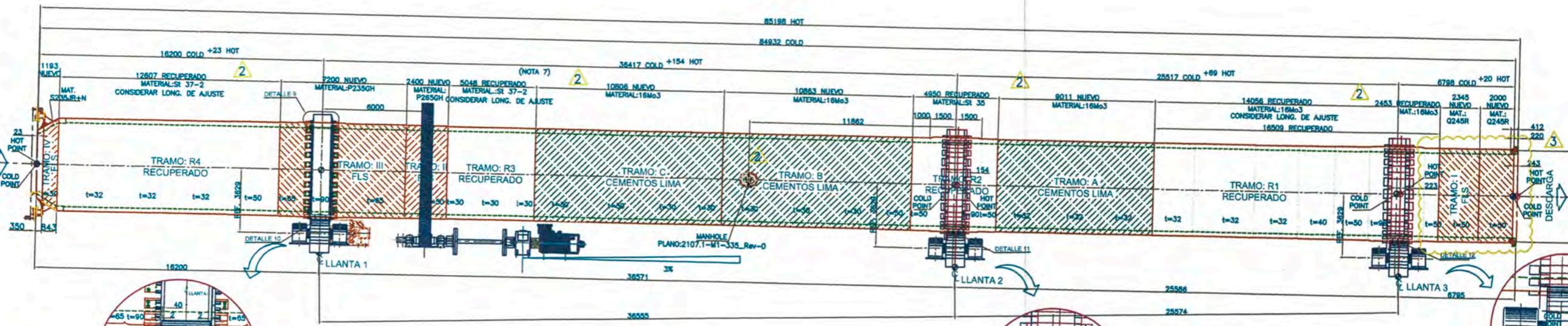
BIBLIOGRAFÍA

- Ing. Walter H. Duda Manual Tecnológico del Cemento Año: 1977
- FLSmith Manuales Año: 2009

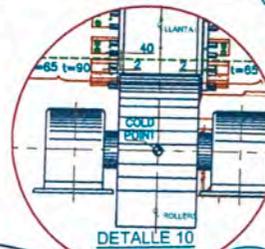
PLANOS



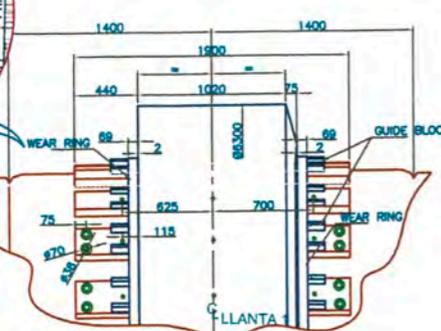
ELEVACION HORNO ACTUAL
ESC. 1:125



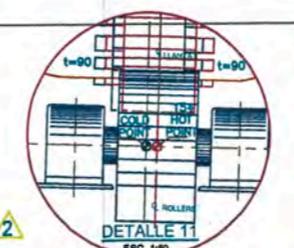
ELEVACION HORNO MODIFICADO
ESC. 1:125



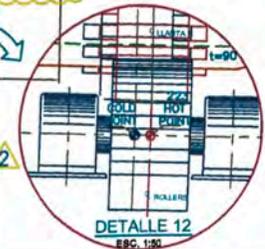
DETALLE 10
ESC. 1:50



DETALLE 9
ESC. 1:20



DETALLE 11
ESC. 1:30



DETALLE 12
ESC. 1:30



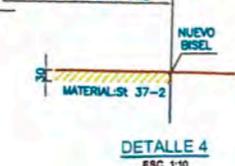
DETALLE 1
ESC. 1:10



DETALLE 2
ESC. 1:10



DETALLE 3
ESC. 1:10



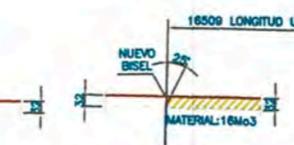
DETALLE 4
ESC. 1:10



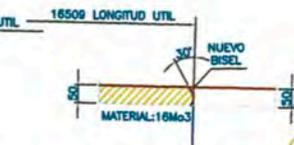
DETALLE 5
ESC. 1:10



DETALLE 6
ESC. 1:10



DETALLE 7
ESC. 1:10



DETALLE 8
ESC. 1:10

| PUNTO | ENSAYOS REALIZADO POR LA PUCP | VALOR |
|-------|-------------------------------|-------|
| 1 | ESPESSOR PROMEDIO | 29.7 |
| 1 | DUREZA PROMEDIO HV | 141 |
| 1 | DUREZA PROMEDIO HRB | 77 |
| 2 | ESPESSOR PROMEDIO | 48.4 |
| 2 | DUREZA PROMEDIO HV | 114 |
| 2 | DUREZA PROMEDIO HRB | 64 |
| 3 | ESPESSOR PROMEDIO | 28.9 |
| 3 | DUREZA PROMEDIO HV | 120 |
| 3 | DUREZA PROMEDIO HRB | 68 |
| 4 | ESPESSOR PROMEDIO | 85.2 |
| 4 | DUREZA PROMEDIO HV | 152 |
| 4 | DUREZA PROMEDIO HRB | 81 |
| 5 | ESPESSOR PROMEDIO | 45.4 |
| 5 | DUREZA PROMEDIO HV | 156 |
| 5 | DUREZA PROMEDIO HRB | 82 |

| LEYENDA | |
|--------------------------------|---|
| 1.- LINEA DE CORTE | — |
| 2.- SUMINISTRADO POR CORMEI | ▨ |
| 3.- SUMINISTRADO POR FLSMIDT | ▧ |
| 4.- POSICION EN FRIJO (C.P.) | ⊙ |
| 5.- POSICION EN CALENTE (H.P.) | ⊙ |
| 6.- PUNTOS ENSAYADOS POR PUCP | ⊙ |

| LINEA | DESCRIPCION / NORMA | PLANO | CANT. | PESO Kg. | MATERIALES |
|-------|-------------------------------------|------------------|-------|----------|--------------|
| 13 | TRAMO R4 RECUPERADO 85200 x 12607 | | 1 | 59,167 | MAT. SI 37-2 |
| 12 | TRAMO R3 RECUPERADO 85200 x 5048 | | 1 | 19,538 | MAT. SI 37-2 |
| 11 | TRAMO R2 RECUPERADO 85200 x 4950 | | 1 | 47,248 | MAT. SI 35 |
| 10 | TRAMO R1 RECUPERADO 85200 x 14056 | | 1 | 101,700 | MAT. 16Mo3 |
| 9 | LLANTA 1 NUEVA | 1.251941_6.0 | 1 | 59,500 | |
| 8 | TRAMO C CEMENTOS LIMA 85200 x 10806 | CORCLSA-OT-4-007 | 1 | 43,076 | MAT. 16Mo3 |
| 7 | TRAMO B CEMENTOS LIMA 85200 x 10863 | CORCLSA-OT-4-005 | 1 | 48,103 | MAT. 16Mo3 |
| 6 | TRAMO A CEMENTOS LIMA 85200 x 9011 | CORCLSA-OT-4-003 | 1 | 38,459 | MAT. 16Mo3 |
| 5 | TRAMO IV FLS 85200 x 843 | 10219371_1.0 | 1 | 6,800 | MAT. 235R+N |
| 4 | TRAMO III FLS 85200 x 7200 | 10217581_2.0 | 1 | 80,354 | MAT. P235GH |
| 3 | TRAMO II FLS 85200 x 2400 | 10217581_2.0 | 1 | 16,390 | MAT. P265GH |
| 2 | TRAMO IA FLS 85200 x 4345 | | 1 | 28,752 | MAT. Q245R |

- NOTAS:**
- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EN MILIMETROS Y DEBERAN SER VERIFICADAS POR EL CONTRATISTA.
 - LAS COSTURAS LONGITUDINALES DEBEN ESTAR DESFASADAS ENTRE SI QUEDANDO CENTRADO RESPECTO DE LAS DOS COSTURAS ADYACENTES.
 - LAS DIMENSIONES UTILES DE LAS VIROLAS NO CONSIDERAN VARIACIONES DE MEDIDAS POR CONTRACCION DE SOLDADURA.
 - NIVEL DE CALIDAD QB SEGUN FLSMIDT 520530_8.0.
 - TOLERANCIA DIMENSIONAL +/- 5 mm.
 - TOLERANCIA PARA EXCENTRICIDAD SEGUN INSTRUCTIVO DE FLS N°18091-11-2.0
 - LA UBICACION DEFINITIVA DEL TRAMO R3 A RECUPERAR SE DEFINIRA LUEGO DE RETRABOS LOS REFRACTARIOS.

ARPL TECNOLOGIA INDUSTRIAL S.A.
LIMA - PERU

CLIENTE: HORNOS I

PROYECTO: DIMENSIONES Y DETALLES PARA MODIFICACION DEL TUBO DEL HORNO - ELEVACIONES

FECHA: DIC. 11

ESCALA: IND.

PLANO No. 2107.1-M1-322

REV. 3

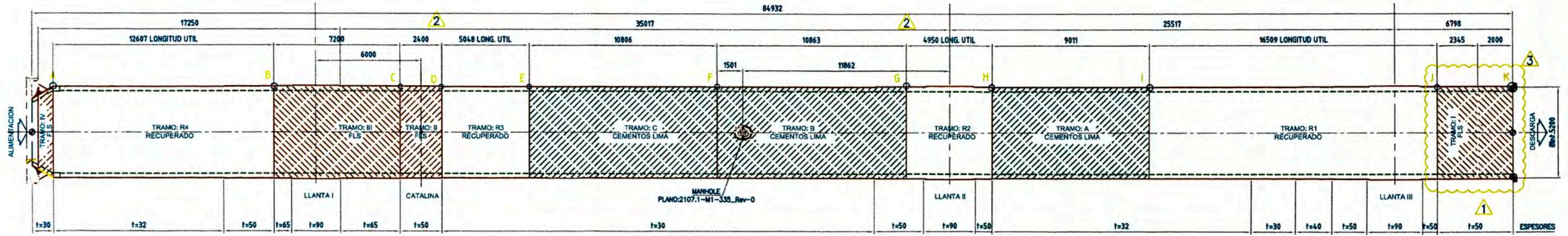
HOJA No. DE 1/1

DRS. S.H.B.

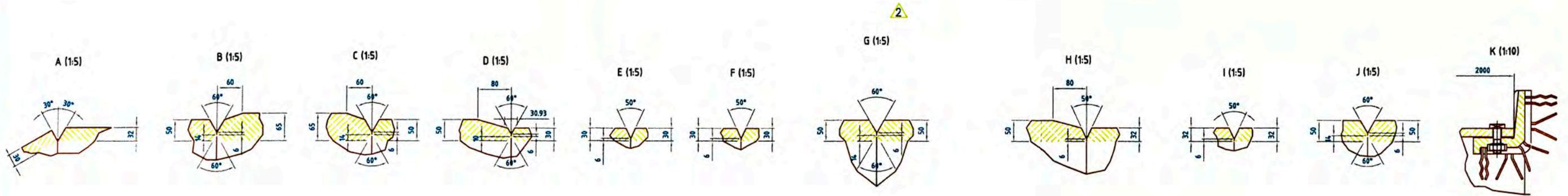
DB. S.H.B.

CHK. C.A.

APR. H.H./L.P.



TUBO MODIFICADO
DIB. 198



NOTAS:

1. TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EN MILIMETROS Y DEBERAN SER VERIFICADAS POR EL CONTRATISTA.
2. LAS COSTURAS LONGITUDINALES DEBEN ESTAR DESFASADAS ENTRE SI QUEDANDO CENTRADO RESPECTO DE LAS DOS COSTURAS ADYACENTES.
3. LAS DIMENSIONES UTILES DE LAS VIROLAS NO CONSIDERAN VARIACIONES DE MEDIDAS POR CONTRACCION DE SOLDADURA.
4. NIVEL DE CALIDAD Q8 SEGUN FLSMIDT 520530_6.0.
5. TOLERANCIA DIMENSIONAL +/- 5 mm.
6. TOLERANCIA PARA EXCENTRICIDAD SEGUN INSTRUCTIVO DE FLS N°18091-11-2.0
7. LA UBICACION DEFINITIVA DEL TRAMO R3 A RECUPERAR SE DEFINIRA LUEGO DE RETRADOS LOS REFRACTARIOS.

LEYENDA
1.- POSICION EN FRIO (C.P.)

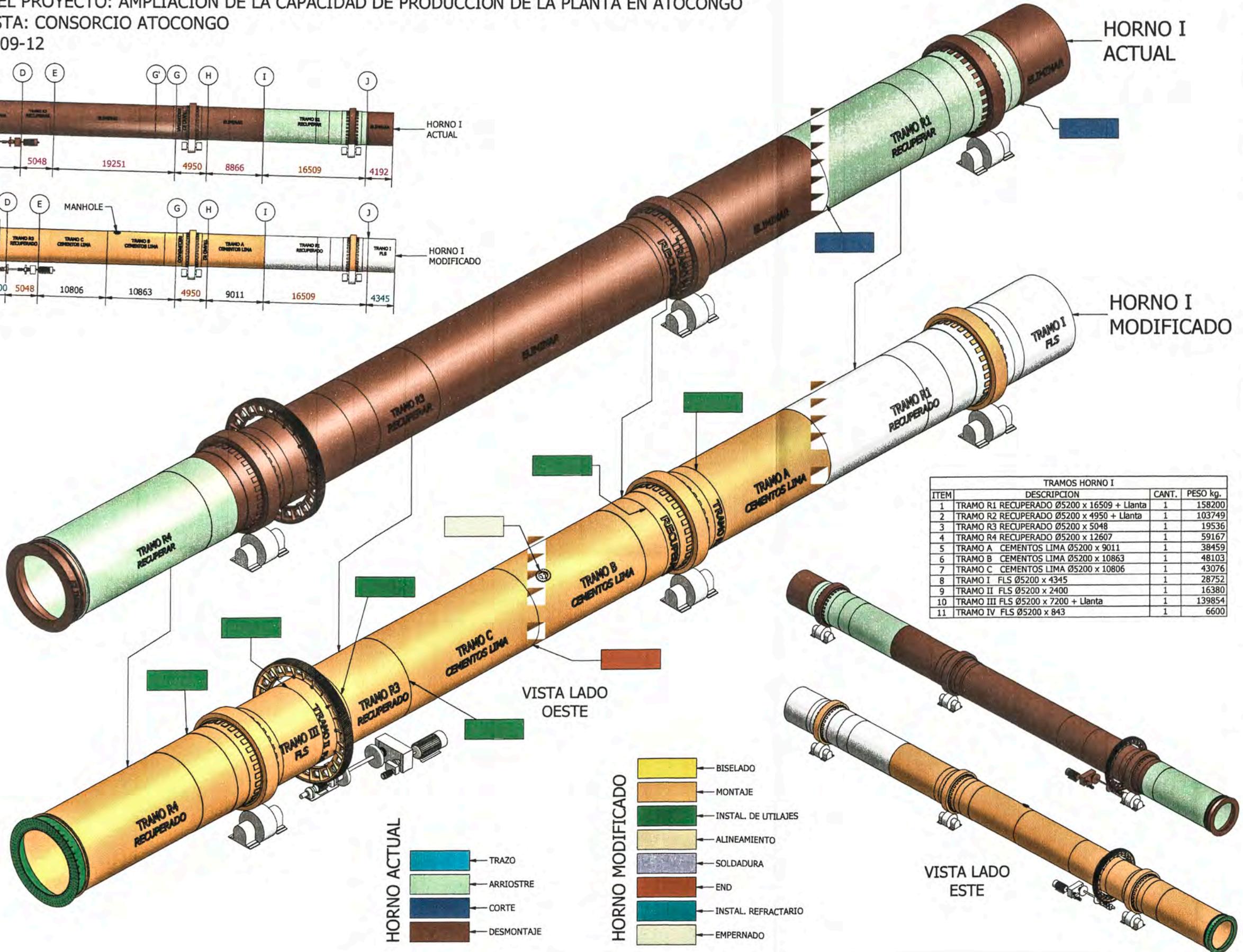
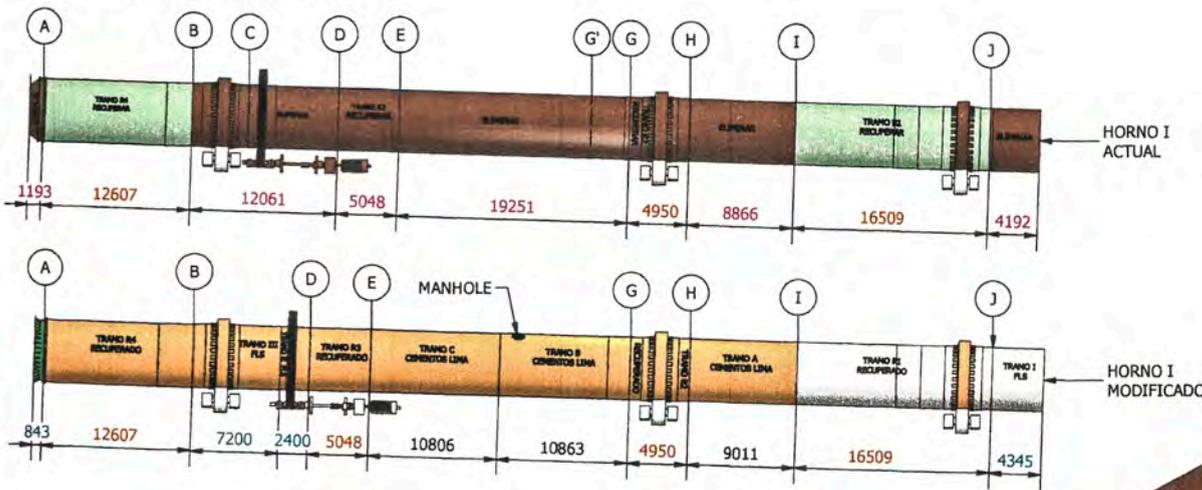
| | | | | | | |
|--------|--------|--------|------|---------|--|--|
| 3 | SHB. | SHB. | C.A. | C.A. | LA VIROLA IA Y IB SE FABRICA EN UNA SOLA PIEZA I | |
| 2 | SHB. | SHB. | C.A. | C.A. | SE CAMBIA MANHOLE , SE MODIFICA DETALLE "G", SE MODIFICA LONGITUD DE VIROLAS RECUPERADAS, SE CODIFICAN TRAMOS RECUPERADOS. | |
| 1 | SHB. | SHB. | C.A. | C.A. | SE AGREGA LA VIROLA DE FLSMIDT LB DE 2345 mm, DETALLE (J), SE INDICA LONGITUDES UTILES DE VIROLAS A REUTILIZAR. | |
| 0 | C.A. | C.A. | C.A. | C.A. | SE ACTUALIZA TUBO DEL HORNO MODIFICADO | |
| C | C.V.G. | M.D. | L.P. | INDY/10 | SE ELIMINAN BRIDAS DE ENTRADA | |
| B | C.V.G. | M.D. | L.P. | INDY/10 | SE ADICIONA CORAZAS DE ENTRADA | |
| REV. 1 | DRAMA | C.V.G. | M.D. | L.P. | INDY/10 | |
| REV. 2 | DRAMA | C.V.G. | M.D. | L.P. | INDY/10 | |
| REV. 3 | DRAMA | C.V.G. | M.D. | L.P. | INDY/10 | |

ARPL TECNOLOGIA INDUSTRIAL S.A.
LIMA - PERU

CLIENTE: HORNO I
DISEÑADO: M.D.V.
DIBUJADO: M.D.V.
NORMA: ISO 9001
FECHA: DIC. 10
ESCALA: IND.

DIMENSIONES Y DETALLES PARA MODIFICACION DEL TUBO DEL HORNO - BISELES
PLANO No. 2107.1-M1-210
REV. 3
HOJA N°/DE 1/1

NOMBRE DEL PROYECTO: AMPLIACION DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION DE LA PLANTA EN ATOCONGO
 CONTRATISTA: CONSORCIO ATOCONGO
 FECHA: 24-09-12



| TRAMOS HORNO I | | | |
|----------------|--|-------|----------|
| ITEM | DESCRIPCION | CANT. | PESO kg. |
| 1 | TRAMO R1 RECUPERADO Ø5200 x 16509 + Llanta | 1 | 158200 |
| 2 | TRAMO R2 RECUPERADO Ø5200 x 4950 + Llanta | 1 | 103749 |
| 3 | TRAMO R3 RECUPERADO Ø5200 x 5048 | 1 | 19536 |
| 4 | TRAMO R4 RECUPERADO Ø5200 x 12607 | 1 | 59167 |
| 5 | TRAMO A CEMENTOS LIMA Ø5200 x 9011 | 1 | 38459 |
| 6 | TRAMO B CEMENTOS LIMA Ø5200 x 10863 | 1 | 48103 |
| 7 | TRAMO C CEMENTOS LIMA Ø5200 x 10806 | 1 | 43076 |
| 8 | TRAMO I FLS Ø5200 x 4345 | 1 | 28752 |
| 9 | TRAMO II FLS Ø5200 x 2400 | 1 | 16380 |
| 10 | TRAMO III FLS Ø5200 x 7200 + Llanta | 1 | 139854 |
| 11 | TRAMO IV FLS Ø5200 x 843 | 1 | 6600 |

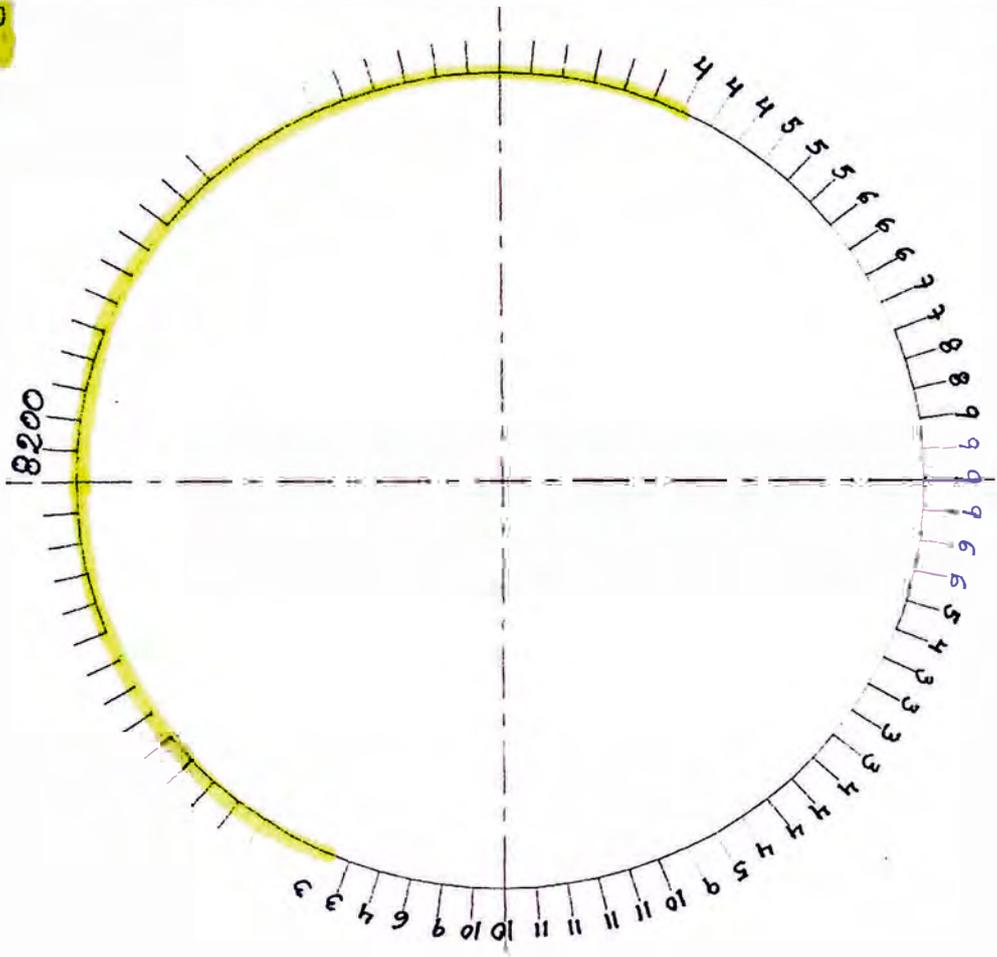
- HORNO ACTUAL**
- TRAZO
 - ARRIOSTRE
 - CORTE
 - DESMONTAJE

- HORNO MODIFICADO**
- BISELADO
 - MONTAJE
 - INSTAL. DE UTILAJES
 - ALINEAMIENTO
 - SOLDADURA
 - END
 - INSTAL. REFRACTARIO
 - EMPERNADO

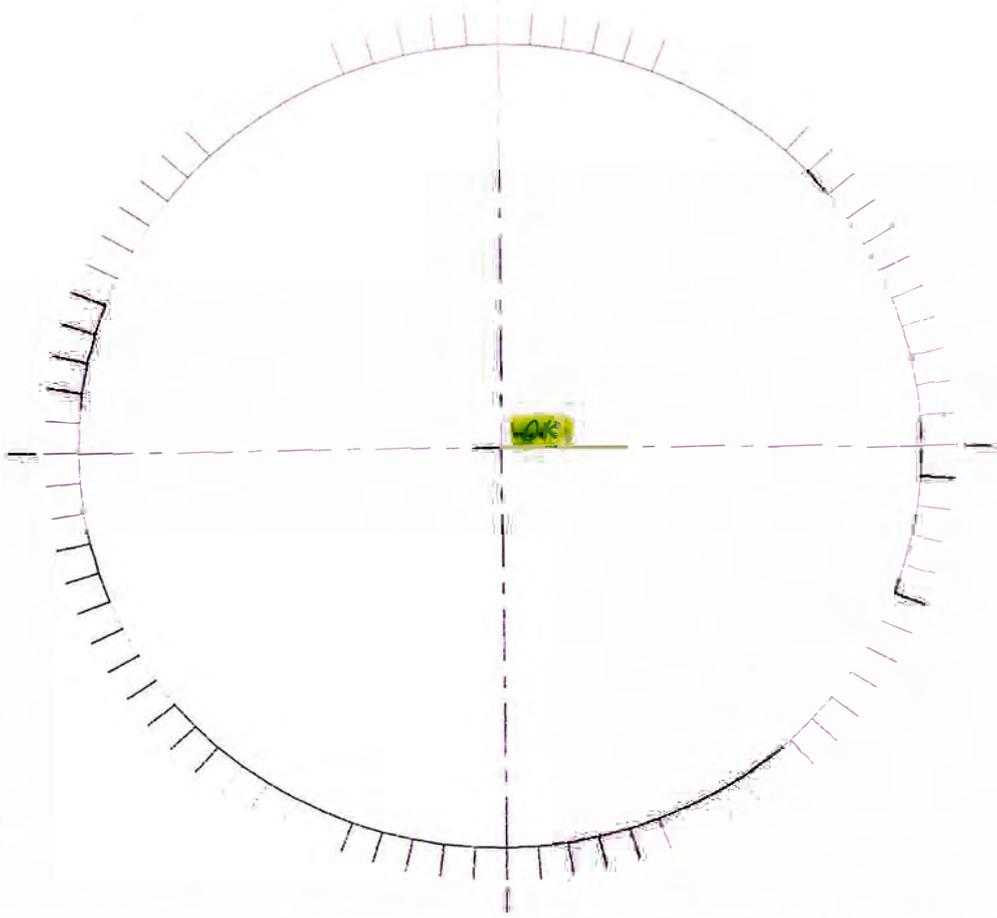
ANEXOS

ITA DE MÓDULO
ESTADÍSTICA

Junta-D



Junta-c

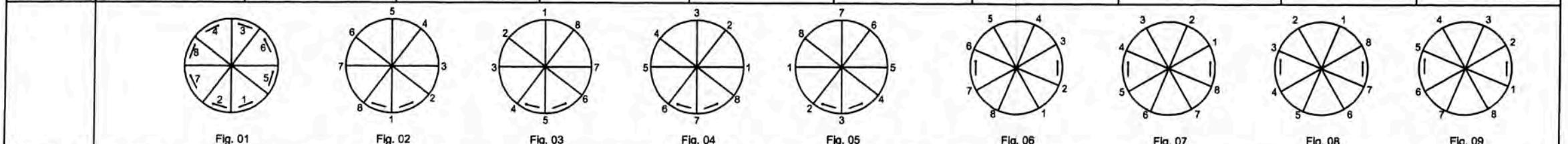


PROGRAMA DE CALIDAD

WELDING MAP PARA SOLDEO DE VIOLAS DEL HORNO ROTATORIO DE CLINKER NRO 1 - REVISIÓN 1



| Junta | A (1:5) | B (1:5) | C (1:5) | D (1:5) | E (1:5) | F (1:5) | G (1:5) | H (1:5) | I (1:5) | J (1:5) |
|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | Material Base | S235JR+N / St 37-2 | St37-2 / P235GH | P235GH / P265GH | P265GH / St 37-2 | St 37-2 / 16Mo3 | 16Mo3 / 16Mo3 | 16Mo3 / St 35 | St 35 / 16Mo3 | 16Mo3 / 16Mo3 |
| Proceso de Soldadura | • SMAW (Interno) • SAW (Externo) |
| Material de Aporte | E7018-A1 • Alambre: OS-E2 • Fundente: OP 121TT W |
| Temp. Preca. (Min.) | 110°C |
| Temp. Interpase | Min. | 110°C |
| | Max. | 250°C |
| WPS | CA-053 | CA-054 | CA-054 | CA-054 | CA-053 | CA-053 | CA-054 | CA-053 | CA-053 | CA-054 |



- Secuencia de Soldeo**
- El soldeo de los empalmes de las violas (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J) se realizará en forma consecutiva empezando por la junta A (cono de ingreso) hasta la junta J (virola flotante - descarga).
 - Una vez terminado el alineamiento (diagrama polar) del cuerpo cilíndrico del Horno 1, se procederá a asegurar las juntas de empalme (SMAW) por la parte Interna con cordones Intermitentes (200 mm de longitud) en forma de cruz y en 8 posiciones, según Fig. 01. En esta etapa el Horno 1 no gira y el soldeo será realizado en posición plana, vertical y sobrecabeza.
 - Posteriormente, se continuará con el soldeo del 1er pase (SMAW) temporal por la parte exterior en forma de cruz y en 8 tramos, según Fig. 06, 07, 08 y 09. En esta etapa el Horno 1 gira y el soldeo será realizado en posición vertical con 2 soldadores a ambos lados, manteniendo siempre una secuencia alternada y opuesta, tal como se indica en las Fig. 06, 07, 08 y 09. Este cordón de soldadura temporal (SMAW) servirá como cama de respaldo para el 1er pase exterior bajo proceso de arco sumergido (SAW).
 - Previo al inicio del soldeo exterior bajo proceso de arco sumergido (SAW), se tendrá en cuenta la fijación del equipo SAW sobre la estructura de apoyo de manera tal que el trazo esté en posición plana y perpendicular a la virola. Se realizará una prueba en vacío girando el Horno 1 para comprobar que no existe interferencias y el cabezal del equipo SAW se encuentre alineado con la junta de empalme de la virola. Bajo estas consideraciones, y manteniendo un giro constante del Horno 1, se iniciará con el soldeo exterior por arco sumergido (SAW) hasta completar el 100% de la costura exterior.
 - Concluido el soldeo exterior por arco sumergido (SAW), se retirará todo el utillaje instalado por la parte interna de la junta, teniendo cuidado de no dañar el metal base. Seguidamente, se procederá a la limpieza y repelado interior de los cordones temporales (SMAW), para lo cual se utilizará el proceso de esmerlado y ARC-AIR (ambos) hasta descubrir el 1er pase de raíz exterior realizado por arco sumergido (SAW). Se verificará la profundidad del repelado con un gage.
 - Luego, se procederá a una inspección por END al 100% (inspección visual, partículas magnéticas y/o tintes penetrantes) de la zona repelada. De no existir observaciones relevantes, se procederá con el soldeo Interior (SMAW). Caso contrario, se deberá hacer las reparaciones correspondientes y nuevo spot por END de la zona reparada.
 - Seguidamente, se iniciará el soldeo interior (SMAW) en forma de cruz y en 8 tramos, según Fig. 02, 03, 04 y 05, hasta completar el 100% de la costura Interior. En esta etapa el Horno 1 gira y el soldeo será realizado en posición plana, manteniendo siempre una secuencia alternada y opuesta del centro hacia los extremos, tal como se indica en las Fig. 02, 03, 04 y 05.

Pre-Calentamiento

Previo a cualquier trabajo de soldeo de las violas, se procederá a precalentar a una temperatura indicada en el WPS, se utilizará en total 12 calentadores con boquilla de 2" separados uno de otro a 1.5 metros e intercalados uno a la izquierda y otro a la derecha de la junta. Esta temperatura se revisará ligeramente lejos de la junta a soldar, para lo cual se verificará a una distancia igual al espesor de las juntas a soldar pero no menor a 3" (76 mm). Cabe indicar que las operaciones de limpieza con ARC-AIR contempla el precalentamiento del metal base indicado en el WPS.

Inspección y Ensayos No Destructivos

El Nivel de Calidad especificado para la soldadura del Horno 1 es "QB", según FLS 520530-6.0 Tabla 18. Este control de END será realizado una vez que se haya concluido al 100% la costura de cada virola.

Se realizarán END parciales al 100% (Inspección visual, partículas magnéticas y/o tintes penetrantes) posterior a la limpieza y repelado de la junta Interior y antes del inicio del proceso de soldeo por arco manual (SMAW) en la parte Interior de la virola.

Los END finales a la junta circunferencial de la virola serán: 100% Inspección Visual, 20% Inspección Dimensional, 100% Ultrasonido.

La sobremona/refuerzo máximo del cordón interior será 1.5 mm y mínimo al ras de la virola.

La sobremona/refuerzo máximo del cordón exterior será 3 mm.

| Activity ID | Activity Name | Original Duration | Start | Finish | Budgeted Labor Units | Budgeted Nonlabor Units | 2012 | | | | | | | | | | | | 2013 | | |
|---|---|-------------------|------------|-----------|----------------------|-------------------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|--|--|
| | | | | | | | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | Jan | Feb | Mar | Apr | | | |
| Detallado 26.11.12 Detallado 26.11.12 | | | | | | | 07-F... | | | | | | | | | | | | | | |
| A6010 | Giro del horno (02 vueltas) y verificación de alineamiento de catalina y piñon | 2 | 07-Nov-12 | 08-Nov-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Detallado 26.11.12.5 Grúas | | | | | | | 23-S... | | | | | | | | | | | | | | |
| A5610 | G500P1 (norte) | 58 | 01-Jul-12 | 25-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A5620 | G500P2 (desmontaje GH) | 2 | 27-Jul-12 | 28-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A5630 | G500P1-2 (norte) | 43 | 29-Jul-12 | 16-Aug-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A5640 | G500P2-2 (desmontaje y montaje de virólas) | 0 | 18-Aug-12 | 18-Aug-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A5660 | G500P3 (montaje de calcinador) | 0 | 23-Sep-12 | 23-Sep-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| HG1050 | Desmontaje GD3 | 29 | 25-May-12 | 06-Jun-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| HG1060 | G300P1 (parte superior enfriador) | 15 | 03-Jul-12 | 16-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| HG1070 | G300P2 (parte inferior enfriador) | 26 | 25-Jul-12 | 05-Aug-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Detallado 26.11.12.1 Hitos | | | | | | | 03-J... | | | | | | | | | | | | | | |
| H1000 | Parada de planta (horno frío) | 0 | 03-Jul-12 | | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| H1240 | Parada general de horno 1 | 7 | 30-Jun-12* | 03-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Detallado 26.11.12.2 Eléctrica | | | | | | | 27-A... | | | | | | | | | | | | | | |
| H1010 | Retiro de cables de media tensión Calcinador y Horno (C. Lima) | 14 | 03-Jul-12 | 09-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| H1020 | Entrega de tableros eléctricos en condición de préstamo a COA (C. Lima) | 1 | 03-Jul-12 | 03-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| H1030 | Retiro de cables de media tensión de Enfriador (C. Lima) | 2 | 03-Jul-12 | 04-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| H1040 | Retiro de cables y tableros de sala eléctrica de enfriador (C. Lima) | 29 | 03-Jul-12 | 15-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| H1050 | Desconexión de cables de media tensión del calcinador (C. Lima) | 5 | 01-Jul-12 | 03-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| H1060 | Retiro de tableros de sala eléctrica de calcinador | 24 | 09-Jul-12 | 19-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| H1070 | Retiro de tableros de sala eléctrica de silos | 24 | 17-Aug-12 | 27-Aug-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Detallado 26.11.12.10 Horno | | | | | | | 07-F... | | | | | | | | | | | | | | |
| Detallado 26.11.12.10.1 Hitos | | | | | | | 12-A... | | | | | | | | | | | | | | |
| Detallado 26.11.12.10.1.3 Generales | | | | | | | 12-A... | | | | | | | | | | | | | | |
| HH1000 | Traslado de horno para alineamiento de polín y llanta 3 (CL) | 4 | 01-Jul-12 | 03-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| HH1010 | Pedestales de sistema de accionamiento (ARPL) | 0 | | 12-Aug-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Detallado 26.11.12.10.1.0 Preliminares | | | | | | | 18-J... | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1045 | Instalación de pistón y acoples en sistema de accionamiento | 22 | 17-May-12 | 26-May-12 | 90 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1055 | Verificación calderería (Biselas / Longitudes / Maniob) | 36 | 03-Jul-12 | 18-Jul-12 | 150 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1065 | Verificación mecánica (Transmisión nueva / Transmisión existente) | 36 | 03-Jul-12 | 18-Jul-12 | 150 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1075 | Inspección de otros trabajos (Eled / Instr / Quemador / Refrig / Lubric) | 36 | 03-Jul-12 | 18-Jul-12 | 150 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1085 | Inspección interna de Horno 1, condición de refractario | 36 | 03-Jul-12 | 18-Jul-12 | 150 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Detallado 26.11.12.10.2 Fabricación | | | | | | | 27-J... | | | | | | | | | | | | | | |
| FH1000 | Guardas y Soportes | 72 | 21-May-12 | 20-Jun-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| FH1010 | Viga monorriel horno | 60 | 02-Jul-12* | 27-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| FH1020 | Estructura de techo | 60 | 25-Jun-12* | 20-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| FH1030 | Manhole horno en virola B | 96 | 01-Jun-12* | 11-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Detallado 26.11.12.10.3 Obras civiles (terceros) | | | | | | | 22-S... | | | | | | | | | | | | | | |
| CH1010 | Pedestales de sistema de accionamiento | 36 | 28-Jul-12 | 12-Aug-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| CH1020 | Trabajos nivel 100 | 0 | | 17-May-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| CH1030 | Trabajos civiles de sistema hidráulico | 0 | | 22-Sep-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Detallado 26.11.12.10.4 Desmontaje | | | | | | | 07-S... | | | | | | | | | | | | | | |
| Detallado 26.11.12.10.4.1 Accionamiento | | | | | | | 07-S... | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1000 | Desconexión de líneas, agua, aire, combustible, bandejas eléctricas, cableado* | 12 | 03-Jul-12 | 08-Jul-12 | 286 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1010 | Corte de anillo de sujeción de llanta 1* | 1 | 01-Jul-12 | 01-Jul-12 | 40 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1030 | Montaje de saddles/desmontaje carcasa de catalina/estructura techo accionamiento | 0 | 09-Jul-12* | 09-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1050 | Desmontaje de sistema de accionamiento* | 7 | 25-Jul-12 | 28-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1060 | Desmontaje del sistema de empuje axial de Llanta N°1* | 5 | 26-Jul-12 | 28-Jul-12 | 573 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1070 | Desmontaje de la catalina* | 7 | 25-Jul-12 | 28-Jul-12 | 1576 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1080 | Desmontaje del sistema de sello de ingreso* | 7 | 03-Jul-12 | 06-Jul-12 | 40 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1090 | Desmontaje del sistema de sello de salida (lamella seal)* | 7 | 03-Jul-12 | 06-Jul-12 | 40 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1320 | Desmontaje de plataforma de manto, ducto de aire primario y sopladores (lado ...) | 10 | 03-Jul-12 | 07-Jul-12 | 50 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Detallado 26.11.12.10.4.2 Virolas | | | | | | | 07-S... | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1020 | Instalación de sello de chimenea en nivel 3** | 5 | 03-Jul-12 | 05-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1040 | Montaje de soportes estructurales lado norte* | 12 | 13-Aug-12 | 18-Aug-12 | 2200 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1100 | Instalación de arriostamientos en virolas FLS* | 22 | 16-Jul-12 | 25-Jul-12 | 500 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1110 | Corte en brida y desmontaje del cono de ingreso Tramo IV* | 12 | 06-Jul-12 | 11-Jul-12 | 310 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1120 | Desmontaje de la virola flotante Tramo I | 4 | 02-Aug-12 | 04-Aug-12 | 310 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1130 | Corte en punto I COA (demasia) | 2 | 25-Jul-12 | 26-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1140 | Desmontaje de Tramo G-H + Llanta N°2 (ADICIONAL)* | 1 | 27-Jul-12 | 27-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1150 | Desmontaje de Tramos B y C* | 1 | 27-Jul-12 | 27-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1160 | Corte de punto F en sitio y traslado de virola B y C* | 2 | 27-Jul-12 | 28-Jul-12 | 310 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1170 | Corte COA demasia en punto B y maniobra de traslado de tramo B-E (llanta 1)* | 14 | 18-Aug-12 | 24-Aug-12 | 2000 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1180 | Montaje de soportes estructurales lado sur* (soporte 1, 2 y celosilla) | 10 | 07-Jul-12 | 11-Jul-12 | 5000 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1190 | Montaje de soporte estructural #7 (virola flotante)* | 7 | 30-Jul-12 | 02-Aug-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1200 | Preparación de maniobra de desmontaje de cono de ingreso* | 10 | 03-Jul-12 | 07-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1210 | Instalación de rieles para punto H y A CORMEI | 5 | 23-Jul-12* | 25-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1220 | Limpieza interna de zonas de corte COA | 5 | 23-Jul-12* | 25-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1230 | Topografía general | 55 | 03-Jul-12 | 26-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1240 | Limpieza exterior en H y A CORMEI | 2 | 23-Jul-12* | 24-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1250 | Desmontaje de tramo reutilizable D-E* | 1 | 25-Aug-12 | 25-Aug-12 | 310 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1260 | Desmontaje de B-C + Llanta N°1 (tramo III)* | 1 | 28-Aug-12 | 28-Aug-12 | 90 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1270 | Corte en punto H CORMEI | 1 | 25-Jul-12 | 25-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1280 | Desmontaje de Tramo A* | 1 | 26-Jul-12* | 26-Jul-12 | 24 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1290 | Corte en punto G COA | 5 | 25-Aug-12 | 27-Aug-12 | 310 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1300 | Corte en punto C COA y desmontaje de C-D (tramo II)* | 5 | 05-Jul-12 | 07-Jul-12 | 30 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1310 | Retiro de refractario línea de corte de tramo IV*** | 1 | 27-Jul-12 | 27-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1330 | Corte en punto E CORMEI | 1 | 02-Aug-12 | 02-Aug-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1340 | Corte en punto J CORMEI | 1 | 02-Aug-12 | 02-Aug-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1350 | Desmontaje de soporte y preparación de maniobra de volteo de tramo III + Llant | 5 | 28-Aug-12 | 30-Aug-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1360 | Corte en punto D COA | 2 | 24-Aug-12 | 25-Aug-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DH1390 | Corte en punto D CORMEI | 1 | 06-Sep-12 | 06-Sep-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1100 | Montaje de Cono de ingreso Tramo IV FLS (incluye soldadura) | 5 | 29-Jul-12 | 31-Jul-12 | 370 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1190 | Corte y biselado en punto G CORMEI | 1 | 31-Jul-12 | 01-Aug-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1270 | Corte y biselado en punto B CORMEI | 1 | 24-Aug-12 | 24-Aug-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1290 | Biselado en punto D CORMEI | 1 | 07-Sep-12 | 07-Sep-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1290 | Biselado en punto A CORMEI | 1 | 26-Jul-12 | 26-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1310 | Biselado en punto E CORMEI | 1 | 11-Aug-12 | 11-Aug-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1320 | Biselado en H CORMEI | 4 | 06-Aug-12 | 09-Aug-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1410 | Desmontaje de tramo de cono de ingreso | 1 | 25-Jul-12 | 25-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1430 | Corte en punto A CORMEI | 1 | 25-Jul-12 | 25-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1500 | Volteo de tramo III + Llanta N1 | 1 | 31-Aug-12 | 31-Aug-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1540 | Traslado de G500TN para montaje de tramo III + Llanta 1 | 5 | 31-Aug-12 | 02-Sep-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Detallado 26.11.12.10.4.4 Desmontaje refractario | | | | | | | 16-J... | | | | | | | | | | | | | | |
| DRH1030 | Retiro de ladrillo | 26 | 05-Jul-12 | 16-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DRH1040 | Instalación de plataforma e izaje de brook y bobcat | 0 | 03-Jul-12 | 03-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DRH1050 | Picado de costras | 3 | 03-Jul-12 | 05-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DRH1060 | Retiro de costras | 3 | 03-Jul-12 | 05-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| DRH1070 | Picado de ladrillo | 21 | 03-Jul-12 | 12-Jul-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Detallado 26.11.12.10.5 Montaje | | | | | | | 30-J... | | | | | | | | | | | | | | |
| Detallado 26.11.12.10.5.2 Virolas | | | | | | | 20-J... | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1000 | Montaje de virola Tramo A* | 5 | 14-Sep-12 | 16-Sep-12 | 2187 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1010 | Montaje de virola reutilizable G-H + Llanta N°2 (ADICIONAL)* | 5 | 12-Sep-12 | 14-Sep-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1030 | Montaje de Tramo II FLS* | 2 | 04-Sep-12 | 05-Sep-12 | 5494 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1040 | Montaje de virolas Tramo III + Llanta N°1* | 1 | 04-Sep-12 | 04-Sep-12 | 234 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1060 | Montaje de virola reutilizable D-E* | 2 | 07-Sep-12 | 08-Sep-12 | 760 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1071 | Posicionamiento de G500 en P2-3 | 2 | 08-Sep-12 | 09-Sep-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1080 | Montaje de virolas Tramos B y C* | 2 | 11-Sep-12 | 12-Sep-12 | 5185 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MH1090 | Maniobra de traslado de tramo II y III | 2 | 05-Sep-12 | 06-Sep-12 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |

█ Actual Level of Effort █ Remaining Work
█ Actual Work █ Critical Remaining W...

